

Praxisorientierter Einstieg für Service-Anbieter in digitale Wertschöpfungsnetzwerke

Gaia-X am Beispiel des Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion«



»Cloud Mall Baden-Württemberg«

PRAXISORIENTIERTER EINSTIEG FÜR SERVICE-ANBIETER IN DIGITALE WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE

Gaia-X am Beispiel des Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion«



Impressum und Kontakt

Autorinnen und Autoren

Sandra Frings, Dr. Holger Kett, Julia Härle (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO)

Olga Meyer, Daniel Schel (Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA)

Timo Himmelsbach, André Halckenhäuser (Universität Mannheim Institut für Enterprise Systems (InES))

Anna Maria Schleimer, Markus Spiekermann (Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST)

Robert Tordy, Jörg Junge (Virtual Fort Knox AG)

Olga Mordvinova, Cyrille Waguët (incontext.technology GmbH)

Rudolf Mietzner (bwcon research gGmbH)

Förderer und Hinweise zu dem Forschungsprojekt »Cloud Mall BW«

Das diesem Dokument zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus des Landes Baden-Württemberg unter dem Förderkennzeichen 3-4332.62-FhG/31 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Bildquellen (Titelbild)

Larissa Knall (Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO) auf Basis von iStock 944026488 © industryview

Kontaktadresse

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 0711 970-5120

Fax 0711 970-5111

presse@iao.fraunhofer.de

<https://www.digital.iao.fraunhofer.de>

URN-Nummer

urn:nbn:de:0011-n-6457913

Online verfügbar unter

<https://cloud-mall-bw.de/>

<http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-645791.html>

Lizenz



Das Werk »Innovation durch Kooperation« steht unter folgender Creative-Commons-Lizenz: Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen International 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Details zur Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Alle Rechte vorbehalten

© Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, bwcon research gGmbH, Universität Mannheim Institut für Enterprise Systems (InES)

Februar 2022



Management Summary

Im Zeitalter der Digitalisierung und Plattformökonomie haben sich in den letzten Jahren neue digitale, **datenbasierte Wertschöpfungsnetzwerke** gebildet. Daten und ihre ökonomischen Auswirkungen durchdringen alle Bereiche der Wirtschaft. Bis 2025 rechnet die Europäische Kommission mit einer weltweiten Zunahme des Datenvolumens um mehr als das Fünffache. Der Wert der europäischen Datenökonomie soll von 301 Mrd. Euro im Jahr 2018 auf 829 Mrd. Euro im Jahr 2025 ansteigen¹.

Die zunehmende Bedeutung digitaler Daten- und Serviceplattformökosysteme stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen. Die zentrale Frage für Unternehmen nach der eigenen strategischen Positionierung in diesem Trend steht dabei im Mittelpunkt und wirft weitere Herausforderungen bzgl. Datensouveränität, Interoperabilität, Vertrauen und Sicherheit auf. Führende Initiativen und **Leuchtturmprojekte** wie beispielsweise **Gaia-X** oder die International Data Space Association haben sich in den vergangenen Jahren gebildet mit dem Ziel, Lösungskonzepte, Normen und Standards zu erarbeiten, um u. a. einen sicheren, vertrauensvollen, aber auch interoperablen **Austausch von Daten** und eine Bereitstellung von Services in digitalen Ökosystemen zu gewährleisten. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit fehlendem Know-how im Bereich digitaler Technologien und Geschäftsmodelle sowie geringen Ressourcen sehen sich mit den Herausforderungen konfrontiert. Zukunftsfähige Produkte basierend auf Konzepten, Normen und Standards von größeren Initiativen wie beispielsweise Gaia-X können wesentliche **Treiber für KMU** sein, um wettbewerbsfähig an der Datenökonomie teilzuhaben.

Mit dem Ziel, KMU einen **praxisorientierten Einstieg** in digitale Ökosysteme zu bieten, wird im Rahmen dieser Publikation ein methodischer Einstieg für Serviceanbieter am Beispiel eines konkreten Anwendungsfalls, des Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion«² (KIEP) gegeben. Auf Basis einer strukturierten Vorgehensweise zum Ökosystemaufbau wurden im Rahmen von Workshops ein Geschäftsmodell, ein Ökosystem und eine IT-Architektur unter Berücksichtigung der Gaia-X-Spezifikationen konzipiert. Die Ergebnisse und Erkenntnisse der Workshops, insbesondere des Gaia-X-basierten Interoperabilitätsszenarios, bilden ein Grundgerüst für die weitere Vorgehensweise im Aufbau eines digitalen Ökosystems zur KI-gestützten Energieoptimierung in der Produktion. Die gewonnenen Erkenntnisse und daraus abgeleitete Handlungsoptionen sowie eine Übersicht über wesentliche Initiativen sollen **KMU** als **Orientierungshilfe** im Aufbau von digitalen Ökosystemen unterstützend zur Seite stehen.

Wesentliche **Erkenntnisse** für KMU dieser Publikation sind:

- Die **gemeinsame Entwicklung** eines **Nutzungsszenarios** mit einem schlagkräftigen Kern an Partnerunternehmen dient als Erfolgsfaktor und wesentliche Grundlage für die Konzeptentwicklung.
- Die klare **Herausarbeitung von Zielgruppen** vereinfacht die Identifizierung konkreter und entscheidender Nutzenvorteile für alle Stakeholder im Ökosystem. Ökosysteme auf föderativer Basis stellen in diesem Zusammenhang eine große Herausforderung dar, aber ermöglichen

¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_en.

² KI: Künstliche Intelligenz.



eine aktive und gleichberechtigte **Partizipation** insbesondere von KMU an digitalen **Wertschöpfungsnetzen**.

- Gaia-X »Neulinge« sollten **Zeit zur Einarbeitung in die Thematik** mitbringen. Denn eine gründliche Einarbeitung in die Dokumentationen und Terminologien wird dringend empfohlen, auf deren Basis eine gemeinsame Vision und Verständnis für technische Grundlagen entwickelt werden kann. Die nationalen und domänenspezifischen Gaia-X Hubs bieten eine **Anlaufstelle**, um die Einarbeitung und den Austausch mit anderen Interessierten zu erleichtern.
- Im Rahmen der Arbeiten am Praxispilot stellten die Beteiligten fest, dass die **Rollenverteilung** und rollenspezifische Mechanismen in der Gaia-X-Spezifikation **weiter ausgebaut** werden sollen. Insbesondere soll mehr Transparenz für KMU bei der Umsetzung von Gaia-X-Netzwerken geschaffen werden.
- Ebenso ist es wichtig, dass die Inhalte der **Gaia-X-Dokumente** vor allem **noch KMU-gerechter** gestaltet werden. Begleitend ist es mit diesem Hintergrund hilfreich, vielleicht sogar notwendig, dass Transferinitiativen des Mittelstands die Inhalte niederschwellig für KMU aufbereiten und vermitteln. Auf diese Weise kann die Möglichkeit geschaffen werden, Gaia-X auch bei KMU als strategische Option der Weiterentwicklung zu positionieren.



Inhalt

IMPRESSUM UND KONTAKT	III
MANAGEMENT SUMMARY	IV
1 EINLEITUNG UND MOTIVATION	1
2 DIGITALE ÖKOSysteme ALS BASIS FÜR WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE	3
2.1 Digitale Ökosysteme	3
2.2 Ebenenmodell im Kontext digitaler Ökosysteme	5
2.2.1 Ebene 1: Regelbasierte föderative Ökosysteme	6
2.2.2 Ebene 2: Daten-/ Serviceplattformen	7
2.2.3 Ebene 3: Datenbasierte Wertschöpfung.....	7
2.2.4 Ebene 4: Intelligente Produkte und Services	7
2.3 Initiativen als Wegbereiter zu digitalen Daten- und Serviceökosystemen	8
2.3.1 Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL.....	8
2.3.2 International Data Spaces Association (IDSA).....	9
2.3.3 Plattform Industrie 4.0.....	9
2.3.4 Open Industry 4.0 Alliance	10
2.3.5 FIWARE Foundation	11
3 PRAXISNAHE BETRACHTUNG MIT DER DURCHFÜHRUNG DES PRAXISPILOTEN »KIEP«	12
3.1 Motivation und Lösungsansatz im Praxispiloten	12
3.2 Vorgehensweise im Praxispilot.....	15
3.2.1 Methodik für die Geschäftsmodellentwicklung im Praxispilot	15
3.2.2 Methodik für den Netzwerkaufbau	17
3.2.3 Methodik bei der Entwicklung des technischen Konzepts	18
3.3 Geschäftsmodellkonzept	20
3.4 Ergebnisse der Aktivitäten zum Netzwerkaufbau	24
3.5 Technisches Konzept	31
3.5.1 Anwendungsszenario anhand der Unternehmenssicht.....	31
3.5.2 Anwendungssicht.....	35
3.5.3 Funktionale Sicht.....	36
3.5.4 Integrationsszenario am Beispiel von Gaia-X.....	38
3.5.5 Digitaler Zwilling und Interoperabilität durch standardisierte Informationsmodelle der Asset Administration Shell	42
3.5.6 Integration und Einordnung in das konzeptionelle Modell Gaia-X.....	43
3.5.7 Empfohlene Umsetzungsschritte für das Interoperabilitätsszenario	44
4 LESSONS LEARNED UND FAZIT	46
4.1 Lessons learned	46
4.2 Fazit	49
5 LITERATUR	50
6 ANHANG	55
6.1 Projektdarstellung	55
6.2 Kontakt	56



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lösungsansatz im Praxispilot »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion KIEP«.....	13
Abbildung 2:	Vorgehensweise im Praxispiloten – im Fokus die drei Workshops (WS).....	15
Abbildung 3:	Im Workshop »Geschäftsmodellentwicklung« skizziertes Anwendungsszenario.....	20
Abbildung 4:	Grobes Anwendungsszenario AS-IS (Ist-Zustand) und TO-BE (Soll-Zutand).....	23
Abbildung 5:	Ergebnis zum Workshop »Netzwerkaufbau«.....	27
Abbildung 6:	»KIEP«-Anwendungsszenario (heute mit Ist-Zustand »AS-IS« und zukünftigem Soll-Zustand »TO-BE«).....	32
Abbildung 7:	»KIEP«-Anwendungsfall.....	35
Abbildung 8:	Virtual Fort Knox Technologie (orange) eingesetzt als Basis der Cloud-Plattform (Bildquelle: VFK).....	37
Abbildung 9:	Beispielarchitektur für die Anbindung von INCTEC Smart Monitoring Cloud für die Produktion (Quelle: incontext.technology GmbH 2021).....	38
Abbildung 10:	Asset Administration Shell mit API auf die Informationsmodelle für eine Anwendung eines Wertschöpfungspartners in Anlehnung an (Bedenbender und et al., 2017).....	42
Abbildung 11:	Gaia-X-basiertes Interoperabilitätsszenario für den Praxispilot »KIEP« (Quelle: In Anlehnung an (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020a)).....	43



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Steckbrief der Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL.....	9
Tabelle 2:	Steckbrief der International Data Spaces Association (IDSA).....	9
Tabelle 3:	Steckbrief der Plattform Industrie 4.0.....	10
Tabelle 4:	Steckbrief der Open Industry 4.0 Alliance.....	10
Tabelle 5:	Steckbrief der FIWARE Foundation.....	11
Tabelle 6:	Angepasste Fragen für den Workshop Geschäftsmodellentwicklung im Praxispiloten.....	16
Tabelle 7:	Fragen zur Diskussion rund um ein mögliches Anwendungsszenario.....	16
Tabelle 8:	Wesentliche Fragestellungen für den Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen.....	18
Tabelle 9:	Ziele und wissenschaftliche Grundlagen.....	19
Tabelle 10:	Antworten zu den Wertversprechen-Fragen.....	21
Tabelle 11:	Antworten zu den Zielgruppen/Kundinnen und Kunden/Kundenbeziehungen-Fragen.....	22
Tabelle 12:	Antworten zu den Schlüsselaktivitäten- und Schlüsselpartner/Schlüsselressourcen-Fragen.....	23
Tabelle 13:	Zentrale Herausforderungen beim Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen aus Sicht der beteiligten Unternehmen.....	24
Tabelle 14:	Beantwortete Fragen zum Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen am Beispiel der KI-gestützten Energieoptimierung in der Produktion (KIEP).....	26
Tabelle 15:	Elemente der Concept Boards für die Geschäftsmodellentwicklung und den Netzwerkaufbau eines Plattformökosystems.....	28
Tabelle 16:	Einflussfaktoren digitaler Ökosysteme (Übernommen aus Plattform Industrie 4.0 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021)). Mit grünem <input checked="" type="checkbox"/> hervorgehoben sind Einflussfaktoren, die im Rahmen des Praxispiloten adressiert wurden... ..	30
Tabelle 17:	»KIEP«-Anforderungen an das Gaia-X-Ökosystem.....	41
Tabelle 18:	»KIEP«-Anforderungen an energetische Erfassungen.....	41



1 Einleitung und Motivation

Mit der Digitalisierungsstrategie »digital@bw«³ soll das Land Baden-Württemberg und somit Unternehmen wie Cloud-Service-Anbieter und -Anwender nachhaltig gefördert werden und zu einer digitalen Leitregion Europas werden. Mit zahlreichen Marktführern in Schlüsselbranchen hat Baden-Württemberg die besten Ausgangsbedingungen, um die Leitregion eines digitalen Wandels in Europa zu werden. Um dieses Ziel zu erreichen ist es entscheidend, dass sich Baden-Württemberg an aktuellen europäischen Digitalisierungsaktivitäten beteiligt und insbesondere die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) erfolgreich, aber auch nachhaltig in diese Aktivitäten einbindet.

Eine zentrale europäische Aktivität ausgehend von der europäischen Datenstrategie ist der Auf- und Ausbau von digitalen Daten- und Serviceökosystemen und der Aufbau von Datenräumen. Die Initiative Gaia-X entwickelt eine föderierte Dateninfrastruktur, um diese Strategie umzusetzen und Interoperabilität sowie Vertrauensmechanismen nicht nur innerhalb, sondern auch über Ökosysteme hinweg zu ermöglichen und den Aufbau von neuen Datenräumen zu unterstützen. »Gaia-X steht für die nächste Generation der Dateninfrastruktur: Ein offenes, transparentes und sicheres digitales Ökosystem, in dem Daten und Dienste in einer vertrauensvollen Umgebung verfügbar gemacht, gesammelt und geteilt werden können.«⁴

»Mit Gaia-X entwickeln Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik auf internationaler Ebene einen nachhaltigen Beitrag zur Gestaltung der nächsten Generation einer europäischen Dateninfrastruktur. Ziel ist eine sichere und vernetzte Dateninfrastruktur, die den höchsten Ansprüchen an digitale Souveränität genügt und Innovationen fördert. In einem offenen und transparenten digitalen Ökosystem sollen Daten und Dienste verfügbar gemacht, zusammengeführt, vertrauensvoll geteilt und genutzt werden können.«⁵

Inspiziert von europäischen Werten (Tardieu und Otto, 2021) u. a. bezogen auf die digitale Wirtschaft (Bonfiglio, 2021) befähigt Gaia-X die Selbstbestimmtheit und Souveränität der Nutzenden, indem durch Vertrauensmaßnahmen, Transparenz über Teilnehmende und Angebote sowie Interoperabilitätsmaßnahmen Lock-In Effekten entgegengewirkt wird, die häufig eine Hürde für die Nutzung von Cloud Services darstellen. Der organisatorische und technische Rahmen von Gaia-X wird konstant weiterentwickelt und erste Projekte sind umgesetzt. Der deutsche Gaia-X Hub ist die Stimme der Nutzerinnen und Nutzer des Gaia-X-Ökosystems und die zentrale Anlaufstelle für Interessierte in Deutschland. Konkrete Dokumente, wie die im Dezember 2021 veröffentlichte Publikation zu den Gaia-X-Federation Services (GXFS) (Gaia-X AISBL, 2021c), die interessierte Unternehmen für ihre Aktivitäten zu diesem Thema heranziehen können, existieren bereits.

³ <https://www.digital-bw.de/>.

⁴ Übersetzt von: <https://www.gaia-x.eu/>.

⁵ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>.



Aber wie können Cloud-Service-Anbieter den Einstieg in ein digitales Ökosystem finden? Diese Frage ist nicht einfach zu beantworten, insbesondere da es noch zahlreiche weitere Initiativen, (offene) Standards und andere technische Rahmenwerke gibt, die für den Einstieg in oder den Aufbau von digitalen Ökosystemen herangezogen werden können, wie z. B. die organisatorischen Zusammenschlüsse der FIWARE Foundation⁶, die Big Data Value Association (BDVA)⁷, das Referenzarchitekturmodell der International Data Space Association (IDSA)⁸, das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)⁹, die Industrial Internet of Things Reference Architecture (IIRA) des Industrial Internet Consortium (IIC)¹⁰ oder das Open Industry 4.0 Alliance Reference Architecture Framework¹¹ sowie aktuelle normative Arbeiten rund um Industrie 4.0, insbesondere zum Digitalen Zwilling und zur Verwaltungsschale (VWS). Somit stehen Cloud-Service-Anbieter vor der Herausforderung, welche dieser Initiativen oder welche Kombinationen und jeweilige Architekturen und Technologiekomponenten für sie die wirtschaftlichsten Aussichten bei der Entwicklung und Weiterentwicklung ihrer Services bieten. Leider ist der Nutzen mancher Lösungsansätze und dessen Anwendbarkeit heute noch nicht vollständig für Cloud-Service-Anbieter erkennbar und nachvollziehbar.

Um dieser aktuellen Situation entgegenzuwirken, wurde dieses Thema auch im Rahmen des vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg geförderten Projekts »Cloud Mall BW« (siehe auch Abschnitt 6.1) aufgegriffen. Es wurde eine solide Plattform dafür aufgesetzt, den Dreiklang an strategischen (Geschäftsmodellperspektive), organisatorischen (Perspektive Unternehmenskooperationen allgemein) sowie technischen (IT-Perspektive) Erfolgsfaktoren für erfolgversprechende Kooperationsaktivitäten zwischen Cloud-Service-Anbietern im Rahmen eines Reallaboransatzes zu untersuchen. Mit den 34 durchgeführten Praxispiloten wurden fast 70 Unternehmen bei ihren Kooperationsbestrebungen unterstützt. Die Studie »Innovation durch Kooperation« berichtet über 33 der durchgeführten Praxispilote (Frings et al., 2021).

In 2021 gelang es dem Projekt auf die sehr aktuellen Entwicklungen der großen Initiativen einzugehen und KMU in Baden-Württemberg eine Möglichkeit zu geben, in diese Thematik einzusteigen. Hierfür wurde das ursprüngliche Konsortium aus vier Partnerorganisationen um das Fraunhofer ISST ergänzt. Das Fraunhofer ISST ist maßgeblich am Aufbau und der Entwicklung von Gaia-X beteiligt. Hierüber erhalten KMU die Chance diese Aktivitäten aus erster Hand kennenzulernen, zu verstehen und auch Feedback zu geben. Diese sinnvolle und notwendige Erweiterung des ursprünglichen Projektkonsortiums rundete das Ziel ab, wettbewerbsfähige Wertschöpfungsketten durch Kollaborationen von kleinen und mittelständischen Cloud-Service-Anbietern in Baden-Württemberg durch gemeinsame Datennutzung und kollaborative Geschäftsmodelle zu schaffen. Die dabei gewonnenen Erfahrungen des 34. Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion« (KIEP) sollten nicht nur den beteiligten Unternehmen zugutekommen, sondern durch diese Veröffentlichung auch allen interessierten KMU zur Verfügung gestellt werden.

⁶ <https://www.fiware.org/>.

⁷ <https://www.bdva.eu/>.

⁸ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/gaia-x.html>.

⁹ <https://www.plattform-i40.de/>.

¹⁰ <https://www.iiconsortium.org/>.

¹¹ <https://openindustry4.com/>.



2 Digitale Ökosysteme als Basis für Wertschöpfungsnetzwerke

Die Welt wird stetig digitaler. Der Markt zwingt Unternehmen dazu, ihre Produkte und Dienstleistungen ständig an die aktuellen Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzenden anzupassen und die eigenen Leistungsangebote wettbewerbsfähiger aufzustellen. Eine Möglichkeit ist das indirekte oder virtuelle Erweitern der personellen, technischen und organisatorischen Ressourcen durch Unternehmenskooperationen und das damit einhergehende Schaffen neuartiger Produkte und Dienstleistungsangebote, Bündeln von Ressourcen, Einsparen von Kosten, Steigern von Qualität oder Erschließen neuer Kundengruppen. Denken die Unternehmen einen Schritt weiter, finden sie ggfs. in bestehenden bzw. neuen Wertschöpfungsnetzwerken eine geeignete Funktion, die Kooperationen mit anderen Unternehmen erlaubt und ihnen die Entscheidung sich in diese digitalen Ökosysteme zu integrieren vereinfacht. Alternativ könnte ein Unternehmen ein Ökosystem selbst aufbauen. Informationen zu diesen Themen rund um die organisatorischen Aspekte digitaler Ökosysteme (Abschnitt 2.1) und den Initiativen als technische Wegbereiter für digitale Ökosysteme (Abschnitt 2.3) werden in diesem Kapitel zusammengefasst, was eine Überleitung zu der in Kapitel 3 dargestellten praxisnahen Betrachtung mit der Durchführung des Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion« (KIEP) bietet.

2.1 Digitale Ökosysteme

Kooperationen in einem digitalen Ökosystem haben besondere Merkmale. Wir verstehen in dieser Publikation ((Frings et al., 2021) in Anlehnung an (Naab, Trapp und Reis, 2020)) unter einem Ökosystem eine Organisations- und Koordinationsform zwischen Organisationen und Individuen, die ein gemeinschaftliches Ziel verfolgen (oftmals umfassende Leistungsangebote für Kundengruppen) und dabei komplementäre Fähigkeiten und Kompetenzen insgesamt verstärken. Ein digitales Ökosystem sehen wir als soziotechnisches System, das die oben aufgeführte Organisations- und Koordinationsform digital unterstützt.

Digitale Ökosysteme können nach Unternehmens-, Plattform-, Service-, Innovations- und Software-Ökosystem differenziert werden (Guggenberger et al., 2020). Ihre Akteure wie anbietende Unternehmen und Nutzende arbeiten gemeinsam an einem innovativen Dienst für den Kunden und somit an einem gemeinsamen Kundenwert-Versprechen. Sie folgen einem ökonomischen Prinzip und erarbeiten sich so gemeinsam ein wertschöpfendes Netzwerk.

Der Ökosystembetreibende (meist Initiierender und auch Orchestrator) schafft die Rahmenbedingungen, um die Interaktion der einzelnen Ökosystemteilnehmenden sicherzustellen und auch die Interaktion mit dem Kunden oder der Kundin zu ermöglichen. Der Orchestrator (auch Infrastrukturbereitsteller) baut das digitale Ökosystem auf, bestimmt die Regeln und koordiniert die Kooperation zwischen den Beteiligten mittels digitaler, technischer Systeme (Software, Hardware, Plattform etc.), damit die Ökosystemservices angeboten werden können. Die technischen sowie organisatorischen und rechtlichen Rahmenbedingungen eines Ökosystems sollten so aufgestellt sein, dass alle Beteiligten fair behandelt und die Ressourcen fair bereitgestellt werden.



Da ein Ökosystemservice im digitalen Ökosystem rein digital erbracht wird, bedarf es einer zugrunde liegenden digitalen Plattform, die den technischen Kernaspekt des Ökosystems bildet und die Bereitstellung digitaler Services und Transaktionen ermöglicht. Hierbei sind Aspekte wie Standardisierung und Interoperabilität absolut notwendige Erfolgskriterien. Daten spielen in digitalen Ökosystemen immer eine wichtige Rolle. In Datenökosystemen werden Daten – bereitgestellt von den unterschiedlichen Teilnehmenden – weniger als unterstützende, sondern vielmehr als strategische Ressource gesehen, ohne die ein gemeinsames Kundenmehrwert-Versprechen gar nicht anzubieten und ein erfolgreiches Ökosystem nicht machbar wäre.

Digitale Ökosysteme können über klassische Branchengrenzen hinweggehen. Somit werden Branchen und Domänen verbunden und bilden z. B. Smart-Factory-Ökosysteme (u. a. Künstliche Intelligenz, Produktion, Nachhaltigkeit und Energie) oder Mobilitäts-Ökosysteme (u. a. Automobil-, Transport- und Energiebranche). Aber natürlich gibt es auch branchenspezifische Ökosysteme z. B. Chemie, Pharma, Lebensmittel, Handel oder Gesundheit.

Die erreichte Harmonisierung durch die Steuerung und die festgelegten Regeln des Orchestrators bietet den Teilnehmenden im digitalen Ökosystem Sicherheit zu geschäftlichen Aspekten (Geschäftsmodelle), technischen Aspekten wie einem einheitlichen Zugriff über Application Programming Interfaces (APIs) sowie rechtlichen Aspekten wie einheitlichen Vertragsbeziehungen, aber auch funktionalen Aspekten wie gemeinsamen Bezahl- und Suchfunktionen sowie Datentransformation. Aus Kundensicht unterstützen digitale Plattformen und Interaktionen in einem digitalen Ökosystem die Kundenbindung sowie die Neugewinnung von Kunden.

Beim Aufbau eines digitalen Ökosystems ist es erforderlich, die Domäne und ihre Stakeholder gut zu kennen und ein Big-Picture-Verständnis zu haben, insbesondere bei Fragen zu aktuellen Geschäftsmodellen, Interessen der Beteiligten, Strategien der Wettbewerber oder dazu, wie sich die Domäne in der Zukunft weiterentwickelt. Weiterhin sind natürlich Expertise und Erfahrung rund um digitale Ökosysteme notwendig. Hierzu gehört u. a. die Modellierung der Interaktionen und Teilnehmender-spezifischen Motivationen, wofür Know-how in Business Modeling, Data Engineering und Data Science notwendig ist.

Aus der Literatur (u. a. (Trapp et al., 2020a, Trapp et al., 2020b, Trapp et al., 2020c, Ahle et al., 2020, Lis et al., 2019, Hebenstreit, 2016, Naab, Trapp und Reis, 2020)) und basierend auf eigenen Erfahrungen sind u. a. folgende Erfolgsfaktoren hier erwähnenswert: In der Aufbauphase eines Ökosystems hängt der Erfolg von der Expertise der Person der oder des Initiierenden ab. Wichtig ist, dass sie kein Neuling auf dem Gebiet der digitalen Ökosysteme ist; sie versteht die Domäne und ihre Stakeholder und findet die idealen Wertschöpfungsnetzwerke. In der Betriebsphase sind Erfolgsfaktoren wie die Investitionsfähigkeit der Teilnehmenden, die Aktivität und Motivation der oder des Initiierenden wichtig. Zudem spielt die Anzahl der Teilnehmenden in einem Ökosystem sowie deren gemeinsame oder auch komplementäre Interessen eine wichtige Rolle, das digitale Ökosystem attraktiv zu halten bzw. werden zu lassen und weiter wachsen zu lassen. Weiterhin sind kundenbezogene Erfolgsfaktoren bedeutend, wie die Anzahl und Relevanz der Angebote und Geschäfte im digitalen Ökosystem sowie die Ökosystem-Angebote und -Funktionalität der zugrunde liegenden digitalen Plattformen (u. a. hohe Skalierbarkeit, Interoperabilität etc.) passend zu den Kundenerwartungen und -wünschen. Kundinnen



und Kunden sollten ferner eine attraktive User Experience erhalten und ihre Meinungen mit anderen Kundinnen und Kunden und auch der oder dem Initiierenden teilen können.

2.2 Ebenenmodell im Kontext digitaler Ökosysteme

Im Zeitalter der Digitalisierung und Plattformökonomie sind Herausforderungen bzgl. Geschäftsmodellentwicklung, Interoperabilität, Datensouveränität, Dezentralisierung sowie Vertrauen und Sicherheit in digitalen Daten- und Serviceplattformökosystemen in den Vordergrund getreten. Heute entwickeln beispielsweise viele kleine und mittlere Unternehmen individuelle Schnittstellen für den Datenaustausch und Interoperabilitätslösungen in Zusammenarbeit mit ihren Kunden (Gaia-X AISBL, 2021b). Auch seitens führender kommerzieller digitaler Plattformen ist Interoperabilität aktuell noch wenig vorhanden (Gaia-X AISBL, 2021b). In den vergangenen Jahren haben sich zahlreiche Initiativen gebildet, die das gemeinsame Ziel verfolgen, Lösungsansätze u. a. für die oben genannten Herausforderungen zu erarbeiten. So können sie beispielsweise Daten-Silos aufbrechen, oder aber die Entwicklung von intelligenten Produkten und Services, wie auch die datenbasierte Wertschöpfung und Entwicklung von digitalen Daten- und Serviceplattformen vorantreiben. Dabei steht insbesondere die Entwicklung von Konzepten, Normen, und Industriestandards im Vordergrund. Führende Initiativen, die zuvor angesprochene Herausforderungen adressieren, sind u. a. Gaia-X¹², International Data Spaces Association¹³, FIWARE¹⁴, Open Industry 4.0 Alliance¹⁵, und die Plattform Industrie 4.0¹⁶. Die inhaltlichen Arbeiten der Initiativen sind sowohl konzeptionell als auch technisch ausgerichtet.

Für den Aufbau eines digitalen Ökosystems eignet sich eine strukturierte Herangehensweise in Form eines Ebenenmodells, welches folgende Ebenen beinhaltet:

- Ebene 1: Regelbasierte föderative Ökosysteme
- Ebene 2: Daten-/ Serviceplattformen
- Ebene 3: Datenbasierte Wertschöpfung
- Ebene 4: Intelligente Produkte und Services

Jede Ebene weist unterschiedliche Eigenschaften auf wie beispielsweise Interoperabilität, Datensouveränität, Dezentralisierung, Vertrauen und Sicherheit oder Portabilität und kann zudem Elemente wie Geschäftsmodelle, Marktplatzservices, Applikationsmarktplatz und Open Source Plattformkomponenten abdecken. Die Eigenschaften und Elemente einer Ebene werden von unterschiedlichen Initiativen adressiert, um die Bildung von digitalen Ökosystemen voranzutreiben. In folgenden Abschnitten werden die genannten vier Ebenen für den Ökosystemaufbau und ihre wesentlichen Eigenschaften und Elemente beschrieben. Zudem werden diese den inhaltlichen Arbeiten führender Initiativen gegenübergestellt. Einige Eigenschaften und Elemente sind für mehrere Ebenen von Relevanz und überschneiden sich innerhalb des Ebenenmodells. Diese Multi-Level-Kriterien und -Elemente werden im Nachfolgenden beschrieben.

¹² <https://www.gaia-x.eu/>.

¹³ <https://internationaldataspaces.org/>.

¹⁴ <https://www.fiware.org/>.

¹⁵ <https://openindustry4.com/>.

¹⁶ <https://www.plattform-i40.de/>.



2.2.1 Ebene 1: Regelbasierte föderative Ökosysteme

Regelbasierte föderative Ökosysteme beschreiben digitale Ökosysteme, in denen die Steuerung auf föderativer Basis anhand vorgegebener Richtlinien funktioniert. Wesentliche, in der Ebene abgedeckte Eigenschaften sind Datensouveränität, Vertrauen und Sicherheit, Interoperabilität, Portabilität, Dezentralisierung sowie Architektur-Offenheit.

Datensouveränität bezieht sich auf die Kontrolle über die eigenen Daten, ihre Erhebung, Speicherung und Verarbeitung¹⁷. Dies bedeutet, dass die Datenbesitzer jederzeit die Hoheit über die eigenen Daten behalten und selbst bestimmen können, wann, wie und zu welchem Preis Daten ausgetauscht werden. Datensouveränität wird beispielsweise in Gaia-X in Form von Datensouveränitätsdiensten und Transparenz über ihre Speicherung in Cloud-Diensten (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020) oder in FIWARE (FIWARE Foundation e.V., 2021) in Form von Bausteinen für die Authentifizierung von Nutzern adressiert. Auch die International Data Spaces Association (Otto et al., 2019) deckt im Rahmen der Arbeiten an Nutzungsrichtlinien, Zertifizierung aber auch Autorisierung sowie der Authentifizierung diese wesentliche Eigenschaft der ersten Ebene ab.

Vertrauen und Sicherheit basiert in digitalen Ökosystemen auf einzigartigen und eindeutigen Identitäten sowie einem Identitäts- und Zugangsmanagement auf kryptografischer Basis. Initiativen, die Vertrauen und Sicherheit abdecken, sind beispielsweise Gaia-X, IDSA, oder FIWARE.

Interoperabilität wird insbesondere von führenden Initiativen wie beispielsweise Gaia-X (auf Basis von API-Spezifikationen und ersten Beispielumsetzungen), IDSA (auf Basis eines Konnektors für den standardisierten Datenaustausch) sowie FIWARE (durch standardisierte Datenmodelle) adressiert. Interoperabilität beschreibt die Fähigkeit von zwei oder mehr Systemen oder Anwendungen, Informationen auszutauschen und die ausgetauschten Informationen gegenseitig zu nutzen¹⁸.

Portabilität beschreibt die Fähigkeit, Daten oder Anwendungen zwischen zwei verschiedenen Diensten zu geringen Kosten und mit minimalen Unterbrechungen zu verschieben (Gaia-X AISBL, 2021a). Die Eigenschaft **Dezentralisierung** beschreibt das selbstorganisierte Arbeiten von untergeordneten Einheiten

lokal und ohne zentrale Kontrolle (Gaia-X AISBL, 2021a). Portabilität und Dezentralisierung werden beispielsweise von Gaia-X (API-Spezifikationen und Föderationsprinzip) oder IDSA (dezentrale Architektur) abgedeckt.

Architektur-Offenheit beschreibt die Offenheit der Architektur gegenüber Innovationen und Standards und kann in diesem Zusammenhang auch als Skalierbarkeit beispielsweise durch Offenheit gegenüber Anzahl der Nutzer sowie Offenheit für Implementierungen verstanden werden (Dalmolen et al., 2020). Architektur-Offenheit wird beispielsweise im Rahmen von Gaia-X (Offenheit für verschiedene Implementierungen) und in Open Industry 4.0 Alliance (Open Industry 4.0 Alliance, 2020) durch offen zugängliche Dokumentationen adressiert.

¹⁷ <https://www.bidt.digital/glossar-datensouveraenitaet>.

¹⁸ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17788:ed-1:v1:en>.



2.2.2 Ebene 2: Daten-/ Serviceplattformen

Daten- und Serviceplattformen werden als Basis für Funktionserweiterungen eines softwarebasierten Systems definiert, die Kernfunktionen bereitstellt und durch Softwaremodule (Daten und Services) ergänzt wird (Tiwana, 2014). Ein wesentliches Element der Ebene sind Open Source Plattformkomponenten. Eigenschaften der Datensouveränität, Vertrauen und Sicherheit, Interoperabilität und Dezentralisierung aus Ebene 1 sind zudem für Ebene 2 relevant und überschneiden sich mit dieser. **Open Source Plattformkomponenten** beschreiben die Bereitstellung von Open Source Softwareplattform-Technologien für den Aufbau von Daten- und Softwareplattformen. Diese Technologien werden beispielsweise von FIWARE (auf Basis von kuratierten Open Source Softwarekomponenten) oder von IDSA (auf Basis von Datendiensten) inhaltlich abgedeckt.

2.2.3 Ebene 3: Datenbasierte Wertschöpfung

Datenbasierte Wertschöpfung beschreibt den Prozess der Wertschöpfung in einem digitalen Ökosystem, in dem – auf Basis geteilter Daten – Mehrwerte für Datenanbieter und -nutzer geschaffen werden. Im Praxispiloten (siehe Kapitel 3) werden beispielsweise Daten des Energieverbrauchs je Maschine mit den CO₂-Werten der Energieerzeugung verrechnet, sodass ein firmeninterner CO₂-Benchmark je Maschine (ggfs. heruntergebrochen auf Teile einer Maschine) erstellt werden kann. Die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks kann somit als Marktplatzservice im Ökosystem angeboten werden und als Grundlage für die Optimierung des Energieverbrauchs dienen. Wesentliche Elemente der datenbasierten Wertschöpfung sind Marktplatzservices und Applikationsmarktplatz. Eigenschaften wie Datensouveränität, Vertrauen und Sicherheit, Interoperabilität und Dezentralisierung aus Ebene 1 und 2 sind zudem für Ebene 3 relevant und überschneiden sich mit diesen.

Marktplatzservices sind Services, die von Teilnehmenden innerhalb eines Datenökosystems für die datenbasierte Wertschöpfung genutzt werden können. **Applikationsmarktplatz** beschreibt einen digitalen Marktplatz für die Bereitstellung und den Vertrieb von digitalen Applikationen. Marktplatzservices werden beispielsweise von der IDSA durch Abrechnungsprozesse, Vokabularien oder Metadatenbeschreibungen adressiert. Des Weiteren werden Marktplatzservices beispielsweise von Gaia-X im Rahmen eines föderierten Katalogs adressiert. Das Element Applikationsmarktplatz wird zum Beispiel von der Initiative IDSA im Rahmen eines Marktplatzes für Datenapplikationen inhaltlich abgedeckt.

2.2.4 Ebene 4: Intelligente Produkte und Services

»Intelligente Produkte und Services sind datenbasierte, individuell konfigurierbare Angebote aus Dienstleistungen, digitalen Diensten und Produkten, die über Plattformen (in digitalen Ökosystemen) organisiert werden« (Bruhn und Hadwich, 2017). Geschäftsmodelle werden in Ebene 4 in den Fokus gestellt. Im Kontext des Ebenenmodells werden Geschäftsmodelle auch als wesentliches Element für den Aufbau eines digitalen Ökosystems betrachtet. Eigenschaften wie Datensouveränität, Vertrauen und Sicherheit, Interoperabilität und Elemente wie Marktplatzservices oder der Applikationsmarktplatz aus Ebene 3 sind zudem relevant und überschneiden sich mit Ebene 4.



Das Element **Geschäftsmodelle** »beschreibt das Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, vermittelt und erfasst« (Osterwalder und Pigneur, 2010). Im Kontext des Ebenenmodells werden dabei insbesondere Geschäftsmodelle betrachtet, die auf Basis der Digitalisierung von Produkten und Services aufgebaut werden. Die Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle wird beispielsweise von der Initiative Plattform Industrie 4.0 (durch die Bereitstellung normativer Konzepte für Digitale Zwillinge und den dazugehörigen Verwaltungsschalen-Spezifikationen) angegangen. Weiterhin werden durch sichere und standardisierte Schnittstellen, die aus der Initiative Plattform Industrie 4.0 heraus entwickelt werden, Eigenschaften wie beispielsweise Vertrauen und Sicherheit sowie Interoperabilität, adressiert. Marktplatzservices und ein Applikationsmarktplatz sind wesentliche Elemente, welche intelligente Produkte und Services beinhalten bzw. voraussetzen. Diese werden, wie in Ebene 3 beschrieben, beispielsweise durch Gaia-X (förderierter Katalog) oder IDSA (Marktplatz für Datenapplikationen) abgedeckt.

2.3 Initiativen als Wegbereiter zu digitalen Daten- und Serviceökosystemen

Die im vorherigen Abschnitt erwähnten Initiativen, die wesentliche Eigenschaften und Elemente des Ebenenmodells zum Ökosystemaufbau abdecken, werden nachfolgend jeweils kurz dargestellt. Eine Initiative beschreibt den Zusammenschluss von Organisationen zum Vorantreiben der Entwicklung von u. a. Konzepten, Normen, Kooperationen und Industriestandards. Die inhaltliche Arbeit einer Initiative kann sowohl konzeptionell als auch technisch ausgerichtet sein. Die nachfolgend dargestellten Steckbriefe beschreiben jeweils die Ziele der inhaltlichen Arbeiten der Initiativen und geben eine Kurzbeschreibung über die Organisation wieder. Die Analyse der Initiativen dient als Basis für die Entwicklung des technischen Konzepts in Abschnitt 3.5.

2.3.1 Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL

In Tabelle 1 wird die Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL und dessen Ziele kurz beschrieben; weiterführende Links liefern zusätzliche Informationen.

	Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL 
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Hauptaufgabe der Organisation besteht in der Entwicklung des technischen Rahmens (Referenzarchitektur) sowie der Spezifizierung der Federation Services. ▪ Mitglieder: 300+, ca. die Hälfte davon KMU, international ▪ Gründung: 01/2021, in Brüssel ▪ Zielgruppen: Firmen, Forschungseinrichtungen, Verbände, Verwaltungen, Politik ▪ Gaia-X Hubs: Zentrale Anlaufstellen für Unternehmen, Stakeholder, Initiativen, Verbände und öffentliche Einrichtungen in jedem an Gaia-X beteiligten Land. Identifizierung relevanter Nutzungsanforderungen und Konzeption von Anwendungsfällen. ▪ Gaia-X Community: Zusammenarbeit von Community Mitgliedern an »Open Work« Arbeitspaketen sowie Teilen von Expertise auf einer Kollaborationsplattform. Arbeitspakete sind Community getriebene Projekte, welche in Gaia-X integriert werden.
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablierung einer föderierten und sicheren Dateninfrastruktur als Basis für offene, transparente und sichere digitale Ökosysteme, in denen Daten und Services vertrauensvoll ausgetauscht und genutzt werden können.



	Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL 
Links	<ul style="list-style-type: none"> Informationen zur Initiative: https://www.gaia-x.eu Informationen zur Teilnahme: https://www.gaia-x.eu/how-to-join Gaia-X Architecture Document: https://www.gaia-x.eu/sites/default/files/2021-10/Gaia-X_Architecture_Document_2109.pdf Gaia-X Federation Services Projekt des eco-Verbands: https://www.gxfs.de/gxfs-in-general/

Tabelle 1: Steckbrief der Gaia-X European Association for Data and Cloud AISBL.

2.3.2 International Data Spaces Association (IDSA)

In Tabelle 2 wird die International Data Spaces Association (IDSA) und dessen Ziele kurz beschrieben; weiterführende Links liefern zusätzliche Informationen.

	International Data Spaces Association (IDSA) 
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Die Hauptaufgabe der Organisation besteht in der Entwicklung und Bereitstellung von offenen Standards (offene Softwarearchitektur, Open Source), Fachwissen, Netzwerken, um einen Rahmen für die Datenwirtschaft festzulegen und den Austausch von Daten zwischen vertrauenswürdigen Parteien zu erleichtern. Mitglieder: 130+, international (22+ Länder) Gründung: 01/2016, in Berlin Zielgruppen: Juristische Personen, Unternehmen, Behörden und Stiftungen
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Etablierung eines globalen Standards für Datensouveränität und Dateninteroperabilität sowie Schnittstellen für einen sicheren, vertrauenswürdigen, und selbstbestimmten Austausch von Daten in sogenannten Datenräumen.
Links	<ul style="list-style-type: none"> Informationen zur Initiative: https://internationaldataspaces.org/ Informationen zur Teilnahme: https://internationaldataspaces.org/we/become-a-member/ IDS Reference Architecture Model: https://internationaldataspaces.org/wp-content/uploads/IDS-RAM-3.0-2019.pdf

Tabelle 2: Steckbrief der International Data Spaces Association (IDSA).

2.3.3 Plattform Industrie 4.0

In Tabelle 3 wird die Plattform Industrie 4.0 und dessen Ziele kurz beschrieben; weiterführende Links liefern zusätzliche Informationen.

	Plattform Industrie 4.0 
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Die Plattform Industrie 4.0 dient als Netzwerk. Sie entwickelt in Arbeitsgruppen grundlegende Konzepte, wie Herausforderungen auf dem Weg zur Industrie 4.0 bewältigt werden können. Sie gibt Handlungsempfehlungen für Wissenschaft, Unternehmen und Politik und treibt den Austausch in Bereichen der IT, Sicherheit und Standardisierung voran. Mitglieder: 350+, national (Deutschland) Gründung: 04/2013, in Berlin Zielgruppen: Offen für alle interessierten und qualifizierten Akteure



	Plattform Industrie 4.0	
	<ul style="list-style-type: none"> RAMI 4.0 ist eine dreidimensionale Landkarte, die die wichtigsten Aspekte von Industrie 4.0. abbildet. RAMI 4.0 stellt sicher, dass alle Beteiligten eine gemeinsame Perspektive und ein gemeinsames Verständnis von Industrie-4.0-Technologie entwickeln. Die Verwaltungsschale ist die Umsetzung des Digitalen Zwillings in der Industrie 4.0. Sie dient als »genormter Stecker« zwischen der analogen und der virtuellen Welt. 	
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Interoperabilität in der Industrie 4.0 fördern und somit die Zusammenarbeit von smarten Maschinen und Fabriken innerhalb eines Unternehmens und über Unternehmensgrenzen hinweg ermöglichen. 	
Links	<ul style="list-style-type: none"> Informationen zur Initiative: https://www.plattform-i40.de/ Informationen zur Teilnahme: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Standardartikel/plattform-mitmachen.html Informationen zu RAMI 4.0: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/zwei-faktenblatt-rami.pdf Spezifikationen der Verwaltungsschale: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Standardartikel/spezifikation-verwaltungsschale.html 	

Tabelle 3: Steckbrief der Plattform Industrie 4.0.

2.3.4 Open Industry 4.0 Alliance

In Tabelle 4 wird die Open Industry 4.0 Alliance und dessen Ziele kurz beschrieben; weiterführende Links liefern zusätzliche Informationen.

	Open Industry 4.0 Alliance	
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> Die Hauptaufgabe der Organisation besteht darin, einen Mehrwert für Kunden zu schaffen und die Digitalisierung der Industrie durch die Förderung von Kollaborationen und die Nutzung bestehender Standards voranzutreiben. Mitglieder: 40+, international Gründung: 04/2019, in Reinach, Schweiz Zielgruppen: Endverbraucherunternehmen, OEM-Maschinenbauer, Automatisierungslieferanten 	
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> Netzwerk/Kollaborationsplattform für führende Industrieunternehmen, die vorhandene Standards nutzen, um Interoperabilität zu fördern und die Digitalisierung der Fabriken, Niederlassungen und Lager von Betreibern voranzutreiben. 	
Links	<ul style="list-style-type: none"> Informationen zur Initiative: https://openindustry4.com/ Informationen zur Teilnahme: https://openindustry4.com/de/Join-us.html Open Industry 4.0 Alliance White Paper: https://openindustry4.com/Download-Center.html 	

Tabelle 4: Steckbrief der Open Industry 4.0 Alliance.



2.3.5 FIWARE Foundation

In Tabelle 5 wird die FIWARE Foundation und dessen Ziele kurz beschrieben; weiterführende Links liefern zusätzliche Informationen.

	FIWARE Foundation 
Kurzbeschreibung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Hauptaufgabe der Organisation besteht im Vorantreiben der Definition offener Standards auf Basis von Open-Source Technologien und Referenzarchitekturen. ▪ Unterstützung bei der Einführung von Standards ▪ Mitglieder: 450+, international (45+ Länder) ▪ Gründung: 10/2016, in Berlin ▪ Zielgruppen: Unternehmen, akademische Einrichtungen, Start-ups, innovative Einzelpersonen
Zielsetzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablierung eines offenen, nachhaltigen Ökosystems auf der Grundlage öffentlicher, lizenzfreier und implementierungsgetriebener Standards für Softwareplattformen, die die Entwicklung neuer intelligenter Anwendungen in verschiedenen Sektoren erleichtern.
Links	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informationen zur Initiative: https://www.fiware.org/ ▪ Informationen zur Teilnahme: https://www.fiware.org/about-us/join-us/ ▪ FIWARE for Data Spaces Position Paper: https://www.fiware.org/marketing-material/fiware-for-data-spaces/

Tabelle 5: Steckbrief der FIWARE Foundation.



3 Praxisnahe Betrachtung mit der Durchführung des Praxispiloten »KIEP«

Die Energiepreise steigen in Deutschland rasant – das bekommen alle Bürgerinnen und Bürger aber auch Unternehmen deutlich zu spüren. Um die Energiekosten zu reduzieren, muss man an den Energieverbraucherinnen und -verbrauchern ansetzen. Ganzheitlich und strukturiert ist dies machbar, wenn der Verbrauch möglichst transparent ist. Die meisten Unternehmen kennen zum Beispiel ihren Stromverbrauch nur in Summe, können ihn jedoch aktuell noch nicht auf einzelne Stockwerke in einem Gebäude oder gar auf einzelne Abteilungen herunterbrechen. Bei produzierenden Unternehmen liegt meist die Übersicht über den vergangenen Stromverbrauch für eine Werkshalle vor. Der Stromverbrauch pro Maschine ist den Unternehmen jedoch nicht ersichtlich.

Nachhaltigkeit ist für alle Industriezweige eines der führenden Themen auf den aktuellen Agenden und wird es auch definitiv in den nächsten Jahren bleiben. Aus diesem Grund bedarf es geeigneter Werkzeuge, um wichtige Aspekte dieses Themenbereichs messbar und damit nachweisbar (für Behörden und Öffentlichkeit) zu beherrschen und zu analysieren. So kann unter anderem der eigene CO₂-Footprint optimiert werden. Zusätzlich können Vergleiche von ähnlichen (Produktions-)Bereichen helfen, Energieverschwendung aufzuzeigen und zu eliminieren.

Der Praxispilot »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion« (KIEP) hat das Ziel, solche Werkzeuge für eine KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion zu konzipieren. Dieses Kapitel geht auf die Hintergründe, die eingesetzten Methoden und deren Ergebnisse sowie auf das entwickelte, Gaia-X-basierte technische Konzept ein und beschreibt zuletzt die damit gemachten Erfahrungen.

3.1 Motivation und Lösungsansatz im Praxispiloten

Herausforderungen: Der menschenverursachte Klimawandel macht sich in immer stärkerem Maße bemerkbar, wodurch sich die Politik zum Handeln gezwungen sieht. Dies hat direkte Auswirkungen auf den Umgang der Unternehmen mit Energie – unabhängig davon, ob diese z. B. als Strom oder in Form von fossilen Energieträgern genutzt wird. In produzierenden Unternehmen wird aktuell die Erhebung des Energieverbrauchs nur für sehr große Einheiten realisiert, und zwar indem der Energieversorger selbst misst und diese Informationen den Unternehmen bereitstellt. Damit sind Optimierungen aber auch nur in einem ähnlich großen Maßstab möglich (z. B. die Umrüstung neuerer Maschinen mit geringerem Energiebedarf). Diese im Detail fehlende Transparenz resultiert oft in hohen und ggf. nicht notwendigen Investitionen für Unternehmen, ohne jedoch gleichzeitig dauerhafte betriebliche Optimierungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Produzierenden Unternehmen fehlen aktuell geeignete Werkzeuge, um sich diesen Herausforderungen über einen für sie gut kontrollierbaren Prozess zu stellen. Außerdem benötigen sie einfache Lösungen für die verschiedenen Aspekte wie Erfassung, Anzeige und Analyse des Energieverbrauches, die mehr Transparenz über den Energieverbrauch und im Folgenden Handlungsoptionen für die Firmen ermöglichen. Einen echten Mehrwert würde eine höhere Granularität der Messungen bieten, indem man die einzelnen Verbraucherinnen und Verbraucher getrennt und in Realtime im Betrieb betrachtet. Dies würde eine dedizierte Auswertung ermöglichen sowie bessere Entscheidungen und schrittweise Optimierungsmaßnahmen.



Lösung: Konkret aber einfach zusammengefasst geht es bei der Lösung darum, Maschinen in einer Produktionshalle zunächst mit Strommessern auszustatten. So kann an jeder Maschine einzeln der Energiebedarf erfasst werden und die zeitaktuelle Darstellung des Energieverbrauches korreliert mit zugeordneten Produktionsaufträgen an den Maschinen mit Warnungen für ungünstige Betriebszustände über definierte Schwellwerte. Durch die Vernetzung können die Daten aller Maschinen zentral in einer Cloud-Lösung erfasst und durch eine KI-Lösung analysiert werden. Die Analyse ist somit auf einem feingranularen Level möglich. Darauf aufbauend wird eine Analyse des Energieverbrauches über einen längeren Zeitraum über eine selbstlernende KI bereitgestellt, die eine kontinuierliche Optimierung der lokal zu beachtenden Schwellwerte und langfristig des Systems als Ganzes ermöglicht. Damit ergibt sich eine in Echtzeit und KI-gestützte hochintegrative Anwendung zur Erfassung, Überwachung und automatisierten Optimierung des Energieverbrauches von Maschinen- und Anlagendaten.

Kooperation: Im Praxispilot »KIEP« haben sich drei kleine Unternehmen aus Baden-Württemberg mit den »Cloud Mall BW«-Partnern erneut zusammengetan, um diese Herausforderungen in einem viermonatigen Projekt anzugehen. Die Kooperierenden Virtual Fort Knox AG (VFK) und incontext.technology GmbH (INCTEC) kennen sich bereits aus dem erfolgreichen Praxispilot »MIDIKI« (Brachmaier et al.) zur Integration von mehrdimensionalen Digitalen Zwillingen im Kontext Künstlicher Intelligenz. In »KIEP« konnte deshalb nicht nur auf die Ergebnisse aus »MIDIKI« aufgebaut werden, sondern die Partnerunternehmen konnten – aufgrund deren Erfahrungen und Offenheit – auch die Herausforderung annehmen, die technische Konzeption Gaia-X-basiert zu entwickeln.

Theoretisch lässt sich die anvisierte Lösung zur Erkennung der Anomalien im Energieverbrauch und daraus resultierende Optimierung auf fast alle Unternehmen, Branchen und sogar Behörden anwenden, die Energie verbrauchen. Da sich INCTEC und VFK jedoch vordringlich mit Lösungen für produzierende Unternehmen auseinandersetzen, wird in diesem Bereich damit gestartet.

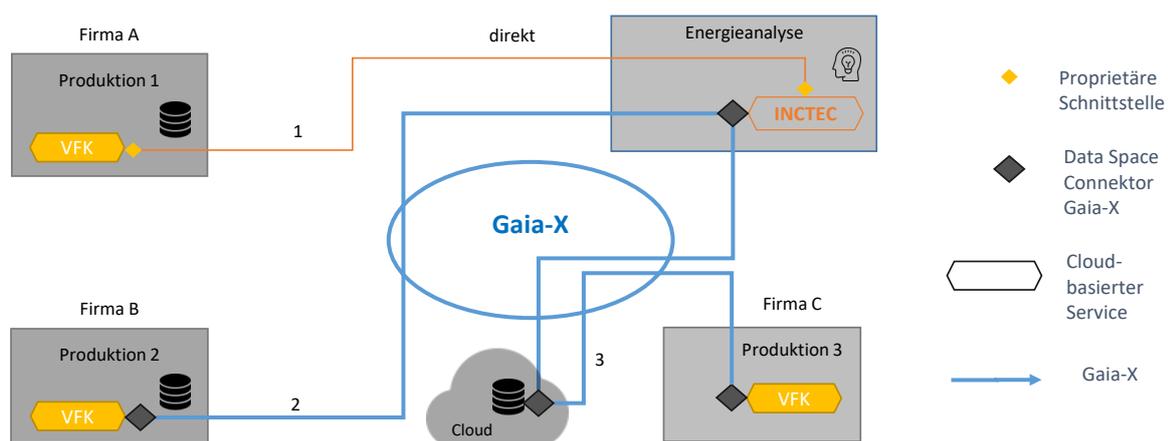


Abbildung 1: Lösungsansatz im Praxispilot »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion KIEP«.

Die Produkte von VFK (Konnektivität über Systemgrenzen hinweg, Speicherung und Anzeige in Echtzeit) werden als Bindeglied zwischen der Erhebung der Maschinen- und Anlagendaten und der Verar-



beitung mit dem KI-basierten Produkt Smart Monitoring von INCTEC eingesetzt. Diese Lösungen basieren auf dockerisierten Komponenten¹⁹, die sich einfach und schnell zu einem einheitlichen IT-Betriebskonzept zusammenfassen lassen und somit auch in einem realen Einsatzszenario realistisch genutzt werden können. Siehe auch Abbildung 1.

Durch den Einsatz der gemeinsamen Lösung auf der Gaia-X-Infrastruktur wurde eine nachvollziehbare und vertrauenswürdige Lösung für die Energieoptimierung in der Produktion konzipiert, die auch für kleine und mittlere Unternehmen von Interesse sein wird.

Nutzen: Die Lösung eignet sich besonders für Unternehmen mit hohem Energiebedarf oder beim Einsatz mehrerer baugleicher Maschinen. Mit der Auswertung des Energieverbrauchs je Maschine und dem Wissen der CO₂-Werte der Energieerzeugung lässt sich ein firmeninterner CO₂-Benchmark je Maschine (ggfs. sogar heruntergebrochen auf Fertigungsverfahren) erstellen, der für die Optimierung des CO₂-Fußabdrucks verwendet werden kann. Zukünftig könnte ein firmenübergreifendes, anonymisiertes Benchmarking entwickelt werden, ähnlich dem Marktstammdatenregister (MaStR)²⁰.

Der Nutzen für Unternehmen ist, dass der Energieverbrauch in der Produktion und deren einzelnen Schritten den Kunden transparent gemacht werden kann, sodass Ersparnisse erzielt werden können, indem

- 1) Energieoptimierungen z. B. durch Spitzenlastprognosen und Verschiebung des Energiebedarfs für den laufenden Prozess vorgenommen werden; perspektivisch kann auch eine Produktionslinie oder auch ein Werk avisiert werden,
- 2) Ausreißer und Anomalien erkannt werden, die ggf. auch auf potenzielle Maschinendefekte oder Mängel in der Produktion hinweisen und
- 3) die Nachweisbarkeit gegenüber den neuen energiereduzierenden Maßnahmen des europäischen »Green Deals« geliefert werden können.

Endanwendende: Die Endanwendenden könnten Planungsingenieure und das Controlling der zugehörigen Unternehmen sein, die sich mit der Optimierung des Energieverbrauchs beschäftigen sowie Shopfloor-Mitarbeitende, die durch Hinweise auf sich abzeichnende Störungen aufgrund der Anomalienerkennung im Energieverbrauch schon frühzeitig darüber informiert werden und ggfs. geeignete Maßnahmen vorgeschlagen bekommen.

Netzwerkgedanke: Denkt man die Lösung noch einen Schritt weiter und vernetzt nicht nur die Maschinen mit den Unternehmenssystemen zur unternehmensinternen Energieoptimierung, sondern vernetzt mehrere Unternehmen, so kann ein unternehmensübergreifendes, anonymisiertes Benchmarking schlecht aufgestellte Unternehmen informieren und Hinweise zur Verbesserung der Situation vorschlagen, oder Informationen zu Benchmarks könnten als Service und Teil eines Geschäftsmodells Dritten, wie Energieberatern, über die Gaia-X-Infrastruktur bereitgestellt werden.

¹⁹ <https://www.docker.com/>.

²⁰ <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>.



3.2 Vorgehensweise im Praxispilot

Der Praxispilot hatte drei Schwerpunkte: Geschäftsmodellentwicklung, Netzwerkaufbau und technisches Konzept. Aufgrund der Kürze des Vorhabens zwischen September und Dezember 2021, wurde zu Beginn des Praxispiloten eine branchenneutrale Vorgehensweise (siehe Abbildung 2) entwickelt, das die Vorteile aus unterschiedlichen vorhandenen und bewährten Methoden aufgreift, um effizient und effektiv zum gewünschten Projektergebnis zu kommen. Die Zusammenstellung der Methoden beruht auf grundlegenden Erfahrungen im Bereich Projektmanagement, Geschäftsmodellentwicklung, Ökosystemaufbau sowie technischer Konzeption. Weiterhin konnten diese Expertisen bei der Durchführung von 33 Praxispiloten innerhalb von »Cloud Mall BW« zwischen 2019 und 2021 eingesetzt und Erkenntnisse daraus abgeleitet werden, was in der »Cloud Mall BW«-Studie »Innovation durch Kooperation« (Frings et al., 2021) dokumentiert ist. Dieser Abschnitt beschreibt das entwickelte Vorgehen für die drei Schwerpunkte, das im Fokus drei Workshops (WS) vorschlägt; Abschnitt 3.3 bis 3.5 gehen auf die Anwendung des Vorgehens im Praxispiloten ein.

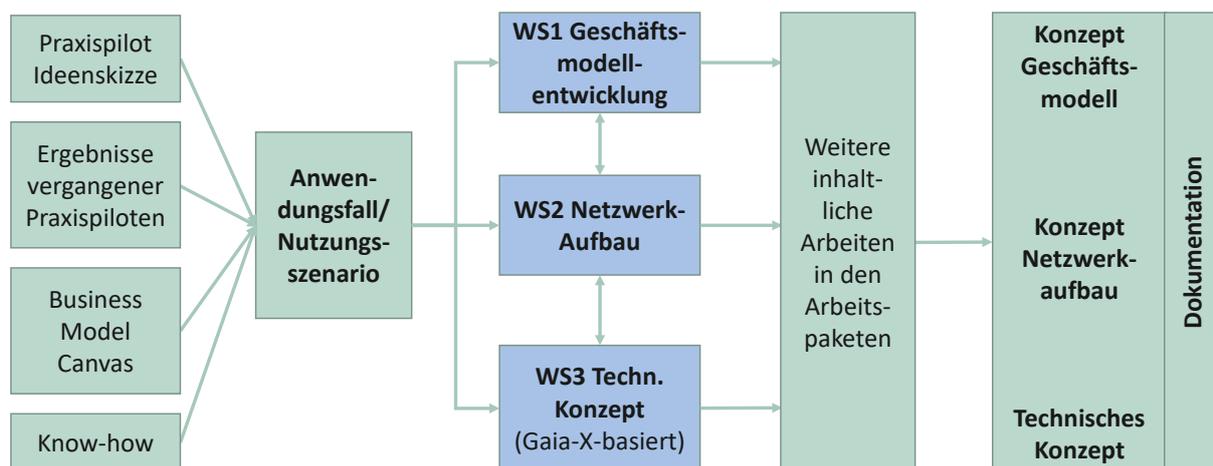


Abbildung 2: Vorgehensweise im Praxispiloten – im Fokus die drei Workshops (WS).

3.2.1 Methodik für die Geschäftsmodellentwicklung im Praxispilot

Im Schwerpunkt Geschäftsmodellentwicklung hat sich das Vorgehen, wie auch bereits in diversen anderen »Cloud Mall BW«-Praxispiloten, entlang der Business Model Canvas-Methode (BMCM) von Alexander Osterwalder²¹ als strategisches Managementwerkzeug bewährt. Es erlaubt, ein Geschäftsmodell strukturiert zu analysieren und die wichtigsten Schlüsselfaktoren zu visualisieren, zu diskutieren²² sowie als Basis für weitere Schritte im Praxispiloten zu nutzen. Die typischen Fragen rund um die neun Elemente der BMCM wurden für das Vorgehen im Praxispilot und den dafür vorgesehenen zweistündigen Workshop reduziert und auf den Anwendungsfall angepasst (siehe Tabelle 6).

²¹ <http://alexosterwalder.com/>.

²² <https://www.strategyzer.com>, https://en.wikipedia.org/wiki/Business_Model_Canvas.



Themenbereich	Angepasste Fragen	
Werteversprechen/ Kunde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Was ist das Werteversprechen? ▪ Was wird angeboten? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wer sind die Kundinnen und Kunden? ▪ Welche bestehenden Kundenbeziehungen gibt es?
Partner/Aktivitäten/ Ressourcen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Was sind die Schlüsselaktivitäten? ▪ Wer sind die Schlüsselpartner? ▪ Welche Schlüsselressourcen werden insgesamt benötigt? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Schlüsselressourcen werden von den Schlüsselpartnern abgedeckt? ▪ Welche Schlüsselressourcen fehlen und werden benötigt?
Kosten/Bezahlmodell/ Umsatzerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Kostenarten fallen an? ▪ Wie sieht das Bezahlmodell aus? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie soll Umsatz erzeugt werden (pro Nutzung, Abo, Fix Preis etc.)?

Tabelle 6: Angepasste Fragen für den Workshop Geschäftsmodellentwicklung im Praxispiloten.

Diese Fragen sollten den Projektpartnerinnen und -partner und Workshop-Teilnehmenden durch einen Moderierenden gestellt werden, um somit die Bedürfnisse und Sichten der relevanten Zielgruppen formulieren und etwaige fehlende Aspekte identifizieren zu können. Als Werkzeug zur Erhebung der Rückmeldungen im Workshop sah die Vorgehensweise die Nutzung eines Online-Kollaborationstools, wie z. B. Concept Board²³ oder Miro²⁴, vor.

Damit sich alle Beteiligte besser in den Anwendungsfall hineinversetzen konnten, sah die Methodik vor, ein für das Vorhaben mögliches Anwendungsszenario festzulegen. Dies eignet sich vor der Beantwortung der Fragen zum Business Model Canvas, kann jedoch auch danach durchgeführt werden:

Fragen zum Anwendungsszenario	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welchen Rollen gibt es im Szenario (Maschinenbetreibende, Energielieferant etc.) ▪ Welche typischen Prozesse gibt es? ▪ Welchen Aufgaben haben die Rollen in den typischen Prozessen? ▪ Welche Assets (Maschinen, Energiebedarf etc.) sind möglich? ▪ Welche Daten sollen berücksichtigt werden (Energieverbrauch, Maschinendaten etc.) ▪ Welche Services sollen angeboten/berücksichtigt werden? ▪ Welche Daten werden für die Services benötigt? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Schnittstellen könnte es geben? ▪ Wie kann ein potenzieller Datenstrom zwischen den Komponenten (und den beteiligten Partnerinnen und -partner) aussehen? ▪ Wie können die Daten, Schnittstellen und Datenströme so implementiert werden, dass die konzipierten Nutzungsszenarien abgedeckt werden? ▪ Welche technischen Risiken (Unabwägbarkeiten) können identifiziert werden? ▪ Welche Hardware, Infrastruktur etc. wird benötigt?

Tabelle 7: Fragen zur Diskussion rund um ein mögliches Anwendungsszenario.

Die Ergebnisse des Workshops sind in den Abschnitten 3.3, 3.4 sowie 3.5 nachzulesen.

²³ <https://conceptboard.com/de/>.

²⁴ <https://miro.com>.



3.2.2 Methodik für den Netzwerkaufbau

Trotz zahlreicher erfolgreicher digitaler Plattformökosysteme wie beispielsweise Airbnb oder Salesforce, scheitern viele digitale Plattformen bereits kurz nach dem Start am Aufbau einer sogenannten kritischen Masse (siehe beispielsweise Windows Phone)^{25,26}. Neben hohen finanziellen Anlaufkosten liegt eine besondere Herausforderung für den Plattformbetreibenden eines digitalen Plattformökosystems zu Beginn der Markteinführung darin, Partnerorganisationen sowie Anwendende davon zu überzeugen, an der Plattform teilzunehmen (Parker, van Alstyne und Choudary, 2016).

Zwei wesentliche Probleme beim Ökosystemaufbau, die jeder Plattformbetreibende zu Beginn individuell für sich lösen muss, sind das sogenannte Henne-Ei Problem und das Pinguin Problem (Parker, van Alstyne und Choudary, 2016). Das Henne-Ei Problem beschreibt das Ausgangsproblem einer jeden Plattform. Aufgrund eines limitierten Produkt- oder Serviceangebots besteht ein geringer Nutzen für Anwendende der Plattform beizutreten. Gleichzeitig fehlen ausreichend Anwendende, um Kooperierenden einen Anreiz zur Bereitstellung neuer Produkte oder Services für die Plattform zu bieten. Das Pinguin Problem beschreibt das Zögern von Anwendenden und Partnerunternehmen einer Plattform zu Beginn der Markteinführung beizutreten. Eine hohe Unsicherheit hinsichtlich des Erfolgs oder Misserfolgs einer Plattform und hohe Anschaffungskosten sind dafür maßgeblich verantwortlich (Parker, van Alstyne und Choudary, 2016). Eine weitere Erfahrung der INCTEC und Virtual Fort Knox AG aus dem Praxispiloten ist das breite und intransparente Angebot von Monoplattformen einzelner großer und auch kleiner Anbietender, die die Bedürfnisse der Anwendenden nicht in ausreichendem Maße und nachhaltig berücksichtigen bzw. nur spezialisierte Lösungen anbieten.

Zur Bewältigung der Herausforderungen werden in der Literatur unterschiedliche Einführungsstrategien, wie auch Erfolgsfaktoren und Empfehlungen genannt (Trapp et al., 2020b, Stummer, Kundisch und Decker, 2018). Die Erfolgsfaktoren beziehen sich im Wesentlichen auf die Auswahl und Reihenfolge von zu integrierenden Partnerunternehmen sowie insbesondere auf das Thema der Steuerung von digitalen Plattformökosystemen. Die für den Netzwerkaufbau eines Plattformökosystems wesentlichen Fragenstellungen zum Henne-Ei /Pinguin Problem in Tabelle 8 basieren auf den Überlegungen aus der Literatur (Trapp et al., 2020b, Stummer, Kundisch und Decker, 2018) und wurden für die Durchführung des Workshops zum Netzwerkaufbau (siehe Abschnitt 3.4) verwendet, um im Rahmen des Praxispiloten (siehe Kapitel 3) ein potenzielles Ökosystem zu konzipieren.

²⁵ <https://hbr.org/2019/05/a-study-of-more-than-250-platforms-reveals-why-most-fail>.

²⁶ <https://hbr.org/2016/03/6-reasons-platforms-fail>.



Themenbereich	Leitfragen	
Partnerorganisationen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche Partnerorganisationen werden gebraucht? (Auch in Hinblick auf Daten) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Welche bestehenden Partnerstrukturen können verwendet werden?
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie sehen mögliche Zusammenarbeiten mit Partnerorganisationen und Anwendenden aus? (Auch Thema Offenheit, Rechte, Grenzressourcen (APIs, SDKs)) ▪ Wie können neue Partnerorganisationen und Anwendende am Ökosystem teilnehmen? ▪ Welche Anreize gibt es für Partnerorganisationen und Anwendende am Ökosystem teilzunehmen? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Was sind potenzielle Eintrittsbarrieren für Partnerorganisationen und Anwendende? ▪ Wie können potenzielle Eintrittsbarrieren für Partnerorganisationen und Anwendende niedrig gehalten werden? ▪ Wie Sorge ich für eine gute Interaktion auf der Plattform? (Vereinfachung von Interaktionen zwischen Partnerorganisationen und Anwendenden)

Tabelle 8: Wesentliche Fragestellungen für den Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen.

3.2.3 Methodik bei der Entwicklung des technischen Konzepts

Das in dieser Publikation entwickelte technische Konzept beschreibt die technische Umsetzung der Anforderungen und erfüllt eine Reihe an Mindestanforderungen. Es zeigt nicht nur mögliche Lösungen zur Behebung der Herausforderungen auf, sondern adressiert auch technische Synergiepotenziale und Kooperationsmöglichkeiten. Es dient so den Kooperationspartnerorganisationen sowie anderen Stakeholdern dazu, die richtigen Entscheidungen oder Aktivitäten auf weitere Entwicklungen anzustoßen. Zudem liefert es erste technische Ansätze und beschreibt eine Möglichkeit, zukünftige Herausforderungen für den Digitalen Zwilling im vorliegenden Anwendungsfall zu lösen.

Zur Unterstützung der Entwicklung des technischen Konzepts fanden im Rahmen des Projekts technische Workshops statt. Die Kernziele des technischen Konzepts, einschließlich der Leitfragen in den Workshops sowie die angewandten wissenschaftlichen Grundlagen zur Analyse und Konzeption, sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Die in den technischen Workshops angewandte Methodik für die Entwicklung des technischen Konzepts basiert auf einem Brainstorming-Ansatz, der das Ziel verfolgt, neuartige Lösungen zu suchen. Bei dieser Vorgehensweise unterbreiten alle Teilnehmenden spontan so viele Vorschläge wie möglich, ohne sie jedoch zu bewerten. Der Moderierende – hier das Projektteam »Cloud Mall BW« – sammelt und vereinheitlicht die Ideen. Die Bewertung der Ideen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt, d. h. zur Konzeptbeschreibung.



Ziele	Fragen	Wissenschaftliche Grundlagen
Aufzeigen technischer Zusammenarbeit durch Untersuchung der Wertschöpfungsprozesse in dem vorliegenden Anwendungsfall	<ul style="list-style-type: none"> • Welche geschäftsorientierten technischen Änderungen ergeben sich beim Übergang vom AS-IS- in den TO-BE-Zustand? • Welche wesentlichen Rollen definieren das Anwendungsszenario? 	<ul style="list-style-type: none"> • Beispielhafte Darstellung des Industrie 4.0 Anwendungsszenario für wertbasierte Dienstleistungen (Braune und et al., 2017) • Ergebnisse des VDI/VDE-GMA Fachausschusses »Industrie 4.0« (VDE, 2021) • Illustration des firmenübergreifenden Wertschöpfungsnetzes in (Adolph und et al., 2020) • Business Viewpoint (Lin und et al., 2019)
Beschreibung des Anwendungsfalls	<ul style="list-style-type: none"> • Welche technischen Systeme und Akteure sind an dem Anwendungsfall beteiligt? • Welche Beziehungen bestehen zwischen Akteuren und technischen Systemen? 	<ul style="list-style-type: none"> • IEC/TC 65 IEC TR 63283-2 ED1 (IEC) • Usage Viewpoint of Application Scenario Value-Based Service (Braune und et al., 2018) • Usage Viewpoint (Lin und et al., 2019)
Anforderungsanalyse sowie Beschreibung der IT-Architektur	<ul style="list-style-type: none"> • Welche technischen sowie nicht-technischen Anforderungen sind im Anwendungsfall zu finden? • Wie ist die beispielhafte IT-Architektur aufgebaut? 	<ul style="list-style-type: none"> • Anforderungsanalyse des Praxispiloten »MIDIKI« (Brachmaier et al.) • Functional Viewpoint (Lin und et al., 2019)
Entwicklung eines beispielhaften Integrationsszenarios am Beispiel von Gaia-X	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wird der Anwendungsfall auf das konzeptionelle Modell von Gaia-X übertragen? • Welche Schlüsselanforderungen sind an das Gaia-X-basierte Ökosystem zu stellen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Gaia-X Architektur (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b) • Gaia-X Federation Services (Gaia-X AISBL, 2021d, Gaia-X AISBL, 2021c)
Berücksichtigung der aktuellen Technologien und Interoperabilitätsstandards	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Interoperabilitätsstandards kommen zur Anwendung? • Wie sieht das Interoperabilitäts-szenario aus? • Welche praktischen Umsetzungsschritte können empfohlen werden? 	<ul style="list-style-type: none"> • IEC/TC 65/WG 24 Asset Administration Shell for Industrial Applications (IEC) • Aktuelle Projektergebnisse: FabOS (Schneider, 2021) • Aktuelle Projektergebnisse: InterOpera (Meyer und Hannes Weik, 2021)

Tabelle 9: Ziele und wissenschaftliche Grundlagen.

Die Ergebnisse des technischen Workshops sind in Abschnitt 3.5 nachzulesen.



3.3 Geschäftsmodellkonzept

Die Vorgehensweise zur Geschäftsmodellentwicklung im Praxispilot in Abschnitt 3.2.1 wurde in einem gemeinsamen Termin, bei dem alle Projektpartnerinnen und -partner online anwesend waren, angewendet. Der Workshop-Ablauf wurde den Teilnehmenden vorab erklärt, damit sich diese entsprechende vorbereiten konnten, indem ihnen die vorgefertigten groben Fragen entlang der Business Model Canvas Methode zur Verfügung gestellt wurden (siehe Tabelle 6). Die Workshop-Moderierenden haben den Termin vorbereitet, indem ein Concept Board mit entsprechenden Elementen (wie Rollen, Aktivitäten und Assets) erstellt wurde.

Bevor mit den BMCM-Fragen gestartet wurde, haben sich die Teilnehmenden unter Anleitung der Moderatorin mit den Fragen rund um ein mögliches zukünftiges Anwendungsszenario beschäftigt und im Concept Board die Rollen, Prozesse/Aktivitäten/Aufgaben, Assets, Daten, Services, Schnittstellen sowie deren Beziehungen untereinander in Form eines aktiven Brainstormings gesammelt. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis, in dem die Assets in grünen Rauten, die Rollen in blauen Ovalen und die Funktionen in türkis (abgerundeten) Rechtecken dargestellt sind. Im Fokus stehen im Szenario in der Fabrik einfache Maschinen, ein Maschinenverbund und eine Maschine mit sehr hohem Stromverbrauch. Die Maschinen sind unterschiedlich an die VFK Plattform des Plattformanbieters VFK angebunden (über eine Steuerung, ein Strommessgerät oder ein Energiemanagement-System) was auch in einer unterschiedlichen Stromverbrauchserhebung resultiert. Die Daten werden von der VFK Plattform verarbeitet und im VFK Dashboard angezeigt. Die VFK Plattform ist über das Unternehmens-ERP und -MES mit der INCTEC Smart Monitoring Cloud (SMC) verbunden, die die Daten auswertet (z. B. den CO₂-Footprint in gelbem (abgerundeten) Rechteck) und die Ergebnisse in einem Dashboard anzeigt.

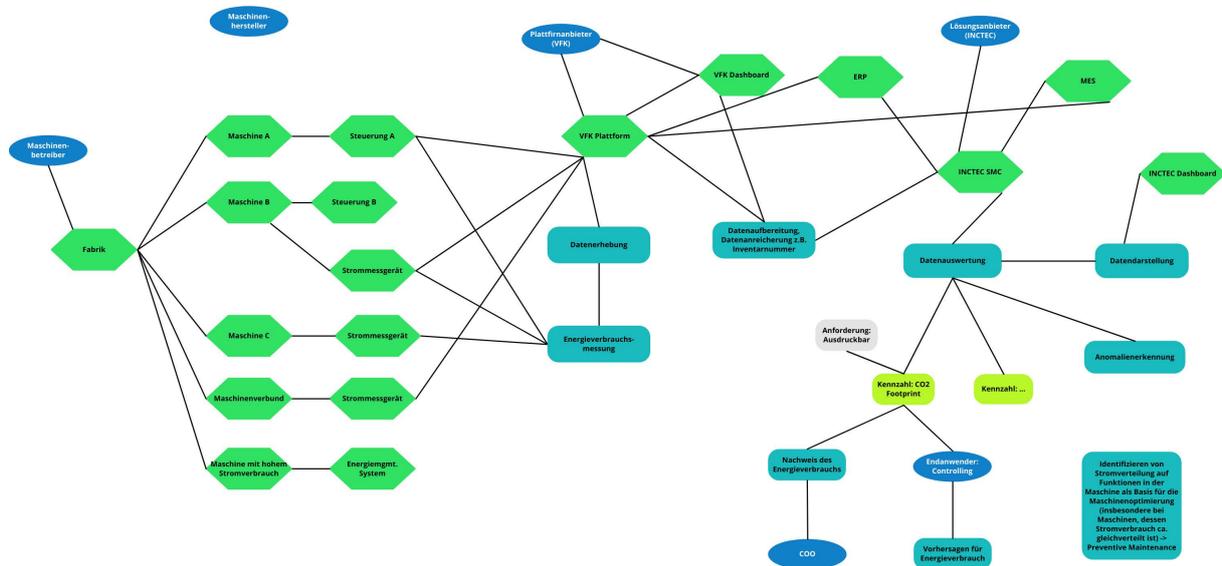


Abbildung 3: Im Workshop »Geschäftsmodellentwicklung« skizziertes Anwendungsszenario.

Die Auswertung der Daten könnte ebenso für eine Anomalieerkennung herangezogen werden. Die INCTEC Smart Monitoring Cloud visualisiert Ergebnisse mithilfe des Dashboards.



Aus Zeitgründen konnte nicht auf die Fragen zu technischen Risiken und Hardware/Infrastruktur im Detail eingegangen werden.

Nachdem das zukünftige Anwendungsszenario durchgesprochen war, waren die Workshop-Teilnehmenden für den nächsten Schritt der Beantwortung der BMCM-Fragen vorbereitet, wobei die Fragen aus Tabelle 6 für den Workshop und auf Basis der eingereichten Ideenskizze zum Praxispiloten sowie der im Kickoff-Meeting gesammelten Informationen angepasst und detailliert wurden. Im Folgenden finden sich die Antworten zum Werteversprechen (Tabelle 10).

Frage	Antwort
Mit welchem Leistungsversprechen wollen wir auf dem Markt auftreten?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Übergreifende) Transparenz über den Stromverbrauch für den Shopfloor (die Fertigung) schaffen, ▪ um den CO₂-Footprint der Fabrik reduzieren zu können
Was macht unser Angebot besonders reizvoll?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erster Schritt in Richtung Digitalisierung und auf dieser Basis weitere Projekte durchführen ▪ Durch Integrationsmöglichkeiten durch den VFK-MSB verkürzt sich die Projektdauer, was weniger Kosten bedeutet ▪ Daher sicherlich für den Mittelstand interessant
Warum sollten Kundinnen und Kunden ausgerechnet bei uns kaufen?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fach- und Umfeldexperten durch zwei kompetente Kooperationspartnerorganisationen, die bereits Erfahrungen durch vergangene Kooperationen und bei der Integration haben
Welche Probleme oder Bedürfnisse der Kundinnen und Kunden erfüllen wir mit unserem Produkt?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache technische Umsetzung einer Datenerfassung und Verteilung zur Schaffung von Transparenz ▪ Fehlendes Wissen über die Verteilung des Stromverbrauchs in der Fertigung eines Unternehmens ▪ Genau wissen, was z. B. eine Maschine in der Fertigung an Strom verbraucht und daher kostet
Warum sollte jemand dieses Problem lösen wollen?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nachhaltigkeit ▪ Nachweisbarkeit ▪ Regulatorische Maßnahmen
Welche Motivation liegt hinter der Problemlösung?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transparenz über den Stromverbrauch auf Maschinenebene ▪ Optimierung des Stromverbrauchs ▪ Anomalieerkennung durch die dann mögliche Analyse der Nachhaltigkeit zum »Einzelstromverbrauch«
Was ist unser einzigartiger Mehrwert im Vergleich zur Konkurrenz?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrative KI-Lösung, die auf Maschinenebene den CO₂-Footprint visualisieren kann

Tabelle 10: Antworten zu den Werteversprechen-Fragen.



In Tabelle 11 finden sich die Antworten zu Zielgruppen/Kundinnen und Kunden/Kundenbeziehungen und Fragen wie: Wer sind die Kundinnen und Kunden, die mit dem neuen Produkt angesprochen werden und für die das neue Produkt entwickelt wird?

Frage	Antwort
Für wen ist unser Produkt geeignet? Für wen lösen wir ein Problem? Wer wird unser Produkt zu schätzen wissen? Welche Eigenschaften haben diese Zielgruppen?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alle Unternehmen, denen die Transparenz fehlt, wer ihre wesentlichen Energieverbraucherinnen und -verbraucher sind. ▪ Produzierende Unternehmen mit mehr als einer Maschine, vorzugsweise Maschinen mit hohem Stromverbrauch ▪ Besonders geeignet: Baugleiche Maschinen, um Vergleiche zwischen Maschinen mithilfe der KI und dessen Korrelationsstärke ebenso durchführen zu können (bei einer Maschine geht das für KI nicht so einfach)
In welcher Branche sind die Kundinnen und Kunden/Unternehmen tätig?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keine Einschränkung
Welche bestehenden Kundenbeziehungen gibt es und wie können diese genutzt werden?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ VFK <ul style="list-style-type: none"> - Kunde von VFK z. B. Edelmetallherstellung - Verband: »Massivumformung« (Schmiedetechnik bedeutet sehr hohen Energieverbrauch); es besteht Kontakt zu 40 bis 50 Unternehmen ▪ INCTEC <ul style="list-style-type: none"> - Kontakt zu Unternehmen aus dem Bereich Metallbearbeitung und Galvanik - Verbände und Initiativen wie z. B. VDMA, Plattform Industrie 4.0 mit einer großen Vielfalt aus dem Umfeld der Metallverarbeitung und Galvanik

Tabelle 11: Antworten zu den Zielgruppen/Kundinnen und Kunden/Kundenbeziehungen-Fragen.

Im Folgenden (Tabelle 12) finden sich die Antworten zu Schlüsselaktivitäten und Schlüsselpartner/Schlüsselressourcen.

Frage	Antwort
Was sind die Schlüsselaktivitäten, d. h. die wichtigsten Tätigkeiten, damit das Geschäftsmodell funktioniert und es am Laufen gehalten wird?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedarfsanalyse (technisch und nicht-technisch) ▪ Anforderungsanalyse (technisch und nicht-technisch) ▪ Technische Integrationsanalysen ▪ Entwurf des technischen Konzepts ▪ Ökosystem aufbauen ▪ Anwendende/andere Rollen einbeziehen: <ul style="list-style-type: none"> - Energieberatende (aus Sicht der regelmäßigen Zertifizierung, erneuerbare Energien-Konzepte) für Input zu Energienachweis - Produzierende Unternehmen, z. B. Planende, IT-Verantwortliche, Controller, Maschinenbedienende - Maschinenherstellende - Maschinenbetreibende (als Zwischenrolle/Leasinggeber (mittelfristiges Interesse)) - Energieversorger - Installateur (von Photovoltaik-Anlagen)



Frage	Antwort
Welche Schlüsselpartner und menschliche sowie technische Schlüsselressourcen werden benötigt? (abschätzbar zum heutigen Zeitpunkt)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Schlüsselpartner/-ressourcen <ul style="list-style-type: none"> - VFK Connected Assests®, VFK Service Layer®, Virtual Fort Knox Edge Gateway® und Virtual Fort Knox IoT Cloud® - INCTEC Smart Monitoring Lösung für Cloud und Edge - Maschinendaten* ▪ Menschliche Schlüsselpartner/-ressourcen <ul style="list-style-type: none"> - Praxispilot-Partnerinnen und -partner - IT-Integrator im Unternehmen - Firmenelektriker im Unternehmen* - Instandhaltende Personen im Unternehmen* - Planende im Unternehmen* - Energieberatende (extern)* <p>(Mit * versehen sind die Schlüsselpartner/-ressourcen, die noch fehlen)</p>

Tabelle 12: Antworten zu den Schlüsselaktivitäten- und Schlüsselpartner/Schlüsselressourcen-Fragen.

Diskussionen zu den finanziellen Aspekten konnten aus Zeitgründen im Workshop nicht adressiert werden.

Die im Workshop gewonnenen Informationen wurden im Nachhinein aufbereitet und daraus ein grobes »AS-IS«- sowie »TO-BE«-Anwendungsszenario modelliert, welches in Abbildung 4 dargestellt ist. »AS-IS« zeigt die heutige Situation in den herkömmlichen, produzierenden Unternehmen; »TO-BE« könnte ein mögliches Szenario für die Zukunft sein.

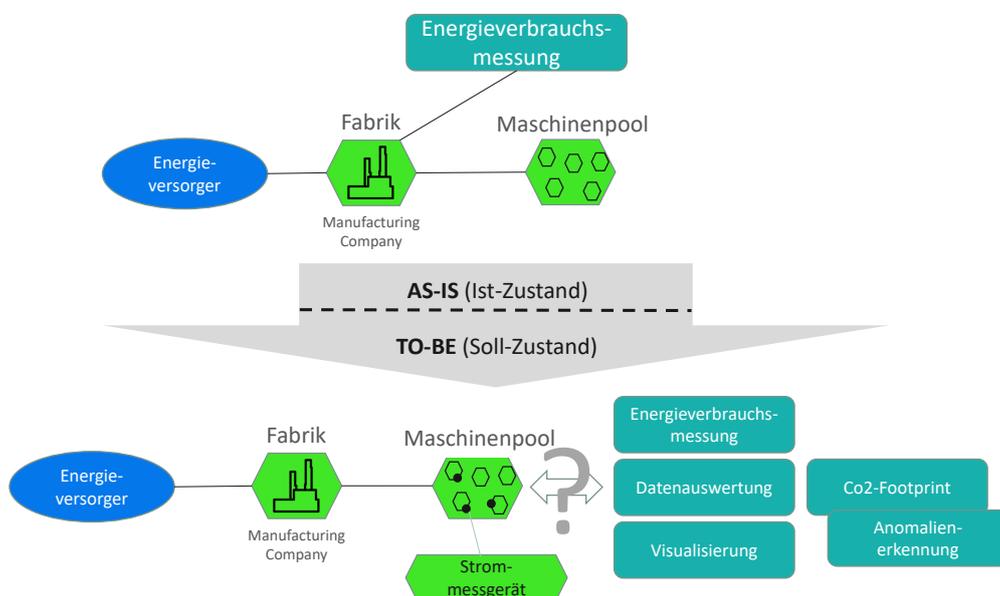


Abbildung 4: Grobes Anwendungsszenario AS-IS (Ist-Zustand) und TO-BE (Soll-Zustand).

Die oben erwähnten Ergebnisse konnten in den Workshops zum Netzwerkaufbau (siehe Abschnitt 3.4) und zum technischen Konzept (siehe Abschnitt 3.5) weitergenutzt werden. Die Lessons learned finden sich in Kapitel 4.



3.4 Ergebnisse der Aktivitäten zum Netzwerkaufbau

Aufbauend auf den Ergebnissen des ersten Workshops zur Geschäftsmodellentwicklung (siehe Abschnitt 3.3) wurde im Rahmen des Praxispiloten im zweiten Workshop ein Konzept zum Netzwerkaufbau erarbeitet. Dieses Konzept basiert auf der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Vorgehensweise. Zu Beginn des Workshops wurden die grundlegenden Herausforderungen beim Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen auf Erfahrungsbasis der Praxispiloteilnehmenden abgefragt. Die Fragen und Antworten sind in Tabelle 13 gelistet.

Themenbereich	Herausforderungen beim Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen	
Technisch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufwändige Vernetzung/Integration unterschiedlicher Plattformen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Komplexität
Geschäftsmodell	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kollision der Geschäftsmodelle B2B, B2C (viele unterschiedliche Plattformen, die miteinander im Wettbewerb stehen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Komplexität ▪ Verständnis der Geschäftsmodelle (seitens Kundinnen und Kunden oft wenig vorhanden)
Denkweise/ Wissen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlendes Bewusstsein für die Relevanz einer gemeinsamen Wertgenerierung (Win-win) ▪ Festhalten an traditionellen Geschäftsmodellen (Fehlendes Bewusstsein für die Relevanz von Netzwerkstrukturen) ▪ Fehlende Kundenzentriertheit (Denken aus der Sichtweise der Kundin bzw. des Kunden/diesen in den Mittelpunkt stellen) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlende Bewertungskompetenz der Kundinnen und Kunden ▪ Fehlende Risikobereitschaft in neue Investitionen (Bewahrer) ▪ Fehlendes Wissen/fehlende Kultur für die digitale Welt (Entsolidarisierung/kultureller Darwinismus)
Finanziell	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoher finanzieller Aufwand bis zur Erreichung einer kritischen Masse (beispielsweise Infrastruktur für Telekommunikation) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heute noch zu lange Anlaufphasen für den Aufbau der Infrastruktur und einer Kundenbasis aufgrund fehlender Standards

Tabelle 13: Zentrale Herausforderungen beim Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen aus Sicht der beteiligten Unternehmen.

Unter Berücksichtigung der grundlegenden Herausforderungen sowie der in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Vorgehensweise zum Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen wurde im Rahmen des zweiten Teils des Workshops eine Skizze für ein potenzielles Ökosystem für die Energieoptimierung in der Produktion erarbeitet. Die wesentlichen Antworten auf die in Abschnitt 3.2.2 definierten Leitfragen zum Netzwerkaufbau finden sich in Tabelle 14 wieder.



Themen-bereich	Leitfragen	Antwort
Partnerorganisationen	<ul style="list-style-type: none"> Welche Partnerorganisationen werden gebraucht? (Auch in Hinblick auf Daten) 	Partnerorganisationen (generell): <ul style="list-style-type: none"> IoT-Service Bereitstellende, Maschinenherstellende, produzierende Unternehmen, ERP Herstellende, MES Herstellende, White-label Plattformanbieter mit Fokus auf Abrechnungsmodalitäten, Energieberatende, Systemintegratoren (Hardware/ Software Dienstleister, Automatisierer)
Partnerorganisationen	<ul style="list-style-type: none"> Welche bestehenden Partnerstrukturen können verwendet werden? 	Bestehende Partnerstrukturen: <ul style="list-style-type: none"> Zugriff auf bestehendes Partner- und Kunden-Netzwerk.
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> Wie sehen mögliche Zusammenarbeiten mit Partnerorganisationen und Anwendenden aus? (Auch Thema Offenheit, Rechte, Grenzressourcen (APIs, SDKs)) 	Zusammenarbeit in der Plattformökonomie (INTEC/VFK) Rechtsform: <ul style="list-style-type: none"> Zu Beginn: Geschäftsmodell in der Partnerschaft validieren, d. h. gemeinsamen Service-marktplatz anbieten, Leadführerschaft, Verträge flexibel und adaptierbar in der Partnerakquisition gestalten Später: Mögliche Rechtsformen wären ein Joint Venture oder eine Europäische Genossenschaft (SCE)
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> Wie können neue Partnerorganisationen und Anwendende am Ökosystem teilnehmen? 	Partnerorganisationen: <ul style="list-style-type: none"> Leitfaden Zugangs- und Austrittsregelungen (inkl. Partneranforderungen, Zielgruppenabhängige Mehrwertdarstellung, Kosten/Nutzen Einschätzung, Schnittstellenbeschreibung), Mitgliedsantrag Anwendende: Leitfaden, Consulting/Support
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> Welche Anreize gibt es für Partnerorganisationen und Anwendende am Ökosystem teilzunehmen? 	Partnerorganisationen: <ul style="list-style-type: none"> Umsatzsteigerung, Kundengewinnung, Produktweiterentwicklung Anwendende: <ul style="list-style-type: none"> Fehlerursachen-/Anomalieerkennung (Predictive Maintenance), Produktweiterentwicklung, Info und Vorhersage über den Energieverbrauch (Dashboard, CO₂-Fußabdruck, Spitzenlastvermeidung) der Maschine, Strom sparen, Energiemarktplatz, digitale Self-Service-Shops, Support für Anwendende, Mandantengeschäft, Abrechnungsmodalitäten.
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> Was sind potenzielle Eintrittsbarrieren für Partnerorganisationen und Anwendende? 	Partnerorganisationen: <ul style="list-style-type: none"> Technische Schnittstellen, Datensicherheit und Datenschutz, IT-Infrastruktur Anwendende: <ul style="list-style-type: none"> Technische Schnittstellen, Datensicherheit und Datenschutz, IT-Infrastruktur



Themen-bereich	Leitfragen	Antwort
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie können potenzielle Eintrittsbarrieren für Partnerorganisationen und Anwendende niedrig gehalten werden? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht diskutiert: Möglicherweise können auf Grundlage von Initiativen wie beispielsweise Gaia-X oder FIWARE Themenschwerpunkte wie Datensicherheit und Datenschutz sowie technische Schnittstellen adressiert werden.
Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wie Sorge ich für eine gute Interaktion auf der Plattform? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht diskutiert

Tabelle 14: Beantwortete Fragen zum Netzwerkaufbau von Plattformökosystemen am Beispiel der KI-gestützten Energieoptimierung in der Produktion (KIEP).

Die beantworteten Fragen und gewonnenen Erkenntnisse aus Tabelle 14 wurden in einem separaten Folgetermin als Grundlage für eine Strategieentwicklung für den Netzwerkaufbau eines potenziellen Plattformökosystems, am Beispiel der Edelmetallverarbeitungsindustrie, verwendet. Im Folgenden sind die Ergebnisse des Folgetermins der Strategieentwicklung zum Netzwerkaufbau am Beispiel der Edelmetallverarbeitungsindustrie dargestellt:

- Zu Beginn lag der Fokus auf einer Marktnische, die exklusiv ausgebaut werden sollte (»Think Big, start small« (Trapp et al., 2020b, Stummer, Kundisch und Decker, 2018))
 - MES Anbietender, Verband der Massivumformung, Edelmetallverarbeitung
- Was ist das größte Problem beim Anwendenden? Wo liegen die Schmerzpunkte?
 - Herstellungskosten einschließlich der Kosten z. B. für Qualitätssicherung und Wartung
- Was ist leicht umzusetzen? Worauf wird der Fokus gesetzt?
 - Prozessdatenerfassung: Energiekostenerfassung, Werkzeughistorie, Transparenz schaffen, Datenanalyse und Auswertung (Rolle VFK und INCTEC)
- Potenzielle Partnerorganisationen sowie nötige Leistungsangebote wurden identifiziert²⁷, wobei die Voraussetzung war, dass die Kundinnen und Kunden der Partnerorganisationen im näheren Umkreis liegen.
 - Unternehmen mit Schwerpunkten IT-Systemintegration sowie Software-/Hardware-Installation
 - Energieberater
 - Unternehmen mit Schwerpunkt intelligentes Steuern von Geschäftsprozessen in All-in-One Software
 - MES Anbietender
 - Hersteller von Messgeräten (Smart-Meter) und Sensorik
- Potenzielle Anwendende und Leistungsangebote:
 - Produktionsunternehmen, Interesse durch sehr hohe Energiekosten (Maschinenbereitstellung/Zugriff, z. B. Goldherstellende: betreiben von Entspannungsöfen/Glühöfen)
- Weitere potenzielle Anbieterunternehmen
 - Maschinenherstellende, Energieberatende, Installateur (PV-Anlage), Energieversorger, Produzierende Unternehmen (Planende, IT-Verantwortliche, Controller, Maschinenbetreibende)

²⁷ Die identifizierten Unternehmen werden in der Publikation nicht mit Namen genannt.



Die wesentlichen Elemente der Skizze, teilweise auf den Ergebnissen des ersten Workshops aufbauend, sind Rollen wie Konsumenten und Produzenten, Teilnahme, Zusammenarbeit, Asset, Aktivität, Anreize, Eintrittsbarrieren und Interaktion. In Tabelle 15 sind die Definitionen der verwendeten Elemente im Concept Board beschrieben.

Symbole	Elemente	Definition
	Konsumenten	Anwendende eines Produkts/Services
	Produzent	Partnerorganisation für die Bereitstellung von Produkten/Services
	Teilnahme	Regeln und Werte innerhalb eines Ökosystems
	Zusammenarbeit	Organisationsform der Zusammenarbeit zwischen INCTEC und VFK
	Asset	Produkt/Serviceangebot (auch Servicemarktplatz)
	Aktivität	Aktive Handlung eines Akteurs innerhalb des Ökosystems
	Anreize	Anreize für die Teilnahme am Ökosystem
	Eintrittsbarrieren	Hindernisse, um am Ökosystem teilzunehmen (beispielsweise technische Schnittstellen, Standards, hohe Investitionskosten)
	Interaktion	Interaktion zwischen Akteuren innerhalb des Ökosystems

Tabelle 15: *Elemente der Concept Boards für die Geschäftsmodellentwicklung und den Netzwerkaufbau eines Plattformökosystems.*

Die im Workshop ausgearbeitete Skizze eines potenziellen Plattformökosystems wurde im Nachgang strukturiert und mit den Einflussfaktoren digitaler Ökosysteme (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021) abgeglichen. Dies diente dazu, eine Aussage über die Vollständigkeit der gewonnenen Erkenntnisse treffen zu können. Die in Tabelle 16 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021) dargestellten wesentlichen Einflussfaktoren, die auf digitale Ökosysteme einwirken, basieren auf einer umfassenden Literaturanalyse und können in **organisatorische**, **wirtschaftliche**, **technische** und **rechtliche Einflussfaktoren** unterteilt werden. Die wesentlichen im Praxispiloten adressierten Einflussfaktoren sind mit grünem hervorgehoben und werden im Nachfolgenden erläutert.

Zu den **organisatorischen Einflussfaktoren**, die im Rahmen des Praxispiloten adressiert wurden, zählt insbesondere das »Gemeinsame Wertesystem«. Dieses wurde hauptsächlich im Zusammenhang mit



Fragen der Teilnahme und den dazugehörigen Partneranforderungen und Mehrwertdarstellungen abgedeckt. Einflussfaktoren wie »Führung«, »Strategiefähigkeit«, »Kooperationskultur«, und »Kooperationsmanagement« wurden am Rande des Workshops mit Fragen zur Zusammenarbeit hinsichtlich der gemeinsamen Organisationsform adressiert.

Wesentliche abgedeckte **wirtschaftliche Einflussfaktoren** sind »Anreize für die Teilnahme am Ökosystem«, »finanzielles Commitment der Partnerorganisationen«, und die »gemeinsame Nutzen-/Gewinnverteilung«. Als Anreize für die Teilnahme am Ökosystem wurden insbesondere Services des Praxispiloten wie beispielsweise die Anomalieerkennung aus Sensordaten, aber auch die Fehlererkennung sowie Informationsbereitstellung über den Energieverbrauch der Maschine diskutiert. Während die genannten Anreize sich vorwiegend auf die Teilnahme von Partnerorganisationen am Ökosystem fokussieren, sind Anreize wie beispielsweise die Stromeinsparung durch intelligentes Energiemanagement auf Basis eines Energieverbrauch-Dashboards sowie die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks für Anwendende, von überwiegendem Interesse. Als Anreize für Partnerorganisationen und Anwendende soll ein Servicemarktplatz dienen, welcher die Services von Partnerorganisationen mit der Nachfrage von Anwendenden verbindet. Das »finanzielle Commitment« sowie die »gemeinsame Nutzen-/Gewinnverteilung« wurden im Praxispiloten im Zusammenhang mit der Teilnahme am Ökosystem in Verbindung gebracht. Hierbei wurde u. a. eine Kosten- Nutzen-Einschätzung als Serviceangebot diskutiert, um Partnerorganisationen und Anwendende vom Mehrwert eines Servicemarktplatzes zu überzeugen.

Wesentliche **technische Einflussfaktoren**, die im Rahmen des Praxispiloten identifiziert wurden, sind »Technologie-Enabler (Infrastruktur)«, »Schnittstellen«, »Sicherheit«, »Technische Services (Anwendungen)« und »Zertifizierung«. Als »Technologie-Enabler« wurden Partnerorganisationen identifiziert, die insbesondere im Bereich der Systemintegration Lösungen anbieten. Die Einflussfaktoren »Schnittstellen«, »Sicherheit« sowie »Zertifizierung« wurden im Rahmen der Teilnahme beispielsweise in Form eines Leitfadens zur Mitgliedschaft, inklusive zielgruppenabhängiger Vertragsgestaltung, behandelt. »Technische Services (Anwendungen)« wurden u. a. durch die potenzielle Bereitstellung eines Servicemarktplatzes und geplante Anwendungen wie beispielsweise vorausschauende Wartungen, Vorhersagen für den Energieverbrauch oder die Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks adressiert.

Rechtliche Einflussfaktoren, die im Praxispiloten adressiert wurden, sind »Organisationsform«, »Kooperationsmanagement«, »Vertragsgestaltung«, sowie »Zugangs- und Austrittsregelungen«. Im Praxispiloten wurde die »Organisationsform« im Rahmen der Zusammenarbeit diskutiert. Eine mögliche Organisationsform wäre beispielsweise eine EU-Genossenschaft. Die Auswahl einer geeigneten Rechtsform bedarf Zeit und sollte sorgfältig angegangen werden. Die übrigen rechtlichen Einflussfaktoren »Kooperationsmanagement«, »Vertragsgestaltung« sowie »Zugangs- und Austrittsregelungen« wurden in Fragen zur Teilnahme adressiert und sollten zielgruppenabhängig und transparent ausgestaltet werden.

Einige Einflussfaktoren wurden teilweise im Rahmen der Workshops eins und drei adressiert und werden im Nachfolgenden erläutert:

Die Faktoren »Exklusivität/USP des Angebots« oder die »gemeinsame Produkt-Roadmap« (Wirtschaftliche Einflussfaktoren) wurden beispielsweise in Teilen im Rahmen des Workshops eins der Geschäftsmodellentwicklung in Abschnitt 3.3 adressiert. Der Unique Selling Point (USP) des Praxispiloten liegt



dabei in der Bereitstellung einer integrativen KI-Lösung zur Berechnung und Visualisierung des CO₂-Fußabdrucks auf Maschinenebene. Der Faktor »Grad der Kundenorientierung« wurde ebenfalls zum Teil im ersten Workshop im Zusammenhang der Identifizierung von Zielgruppen (siehe Tabelle 11) bearbeitet. Technische Einflussfaktoren wie »Verfügbarkeit« und »Standards« wurden in Teilen insbesondere für den sicheren Austausch von Industriedaten und Diensten im dritten Workshop vertieft adressiert (siehe Abschnitt 3.5.5). Weitere Einflussfaktoren konnten aus Zeitgründen nicht berücksichtigt werden.

Organisatorische Einflussfaktoren	Wirtschaftliche Einflussfaktoren
<input checked="" type="checkbox"/> Führung <input checked="" type="checkbox"/> Strategiefähigkeit (Kompetenz der strategischen Vorausschau) <input checked="" type="checkbox"/> Kooperationskultur <input checked="" type="checkbox"/> Gemeinsames Wertesystem <input checked="" type="checkbox"/> Kooperationsmanagement <input type="checkbox"/> Human Factors	<input checked="" type="checkbox"/> Anreize für Teilnahme am Ökosystem <input type="checkbox"/> Skalierungseffekte <input type="checkbox"/> Top-Line-/Bottom-Line-Effekte <input type="checkbox"/> CAPEX/OPEX – zeitliche Dimension <input type="checkbox"/> CAPEX/OPEX – Erfolgswahrscheinlichkeit <input checked="" type="checkbox"/> Finanzielles Commitment der Partner <input checked="" type="checkbox"/> Gemeinsame Nutzen-/Gewinnverteilung <input type="checkbox"/> Verhältnis von Services und Produkten <input checked="" type="checkbox"/> Grad der Kundenorientierung <input checked="" type="checkbox"/> Exklusivität/USP ²⁸ des Angebots <input checked="" type="checkbox"/> Gemeinsame Produkt-Roadmap
Technische Einflussfaktoren	Rechtliche Einflussfaktoren
<input checked="" type="checkbox"/> Technologie-Enabler (Infrastruktur) <input checked="" type="checkbox"/> Schnittstellen <input checked="" type="checkbox"/> Sicherheit <input checked="" type="checkbox"/> Technische Services (Anwendungen) <input checked="" type="checkbox"/> Verfügbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Standards <input checked="" type="checkbox"/> Zertifizierung	<input checked="" type="checkbox"/> Organisationsform <input checked="" type="checkbox"/> Kooperationsmanagement <input checked="" type="checkbox"/> Vertragsgestaltung <input checked="" type="checkbox"/> Regelungen gemeinsamer Datennutzung <input checked="" type="checkbox"/> Zugangs- und Austrittsregelungen

Tabelle 16: Einflussfaktoren digitaler Ökosysteme (Übernommen aus Plattform Industrie 4.0 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2021)). Mit grünem hervorgehoben sind Einflussfaktoren, die im Rahmen des Praxispiloten adressiert wurden.

Die gewonnenen Erkenntnisse dieses Workshops dienen als Grundlage für den dritten Workshop, in dem das technische Konzept ausgearbeitet wurde. Die Lessons learned sind in Kapitel 4 beschrieben.

²⁸ USP: Unique Selling Point.



3.5 Technisches Konzept

Das hier vorgestellte technische Konzept baut auf die inhaltlichen Arbeiten der Geschäftsmodellentwicklung und des Netzwerkaufbaus (siehe Abschnitt 3.3 und 3.4) auf. Die bisher erzielten technischen Ergebnisse basieren auf der konzeptionellen Ausarbeitung im technischen Workshop (siehe Vorgehen hierzu in Abschnitt 3.2.3), dessen Ziel es war, die wirtschaftlich-technische Unternehmenssicht, die Anwendungssicht und die funktionale Sicht der technischen Lösung zu erarbeiten²⁹.

- Die **Unternehmenssicht** befasst sich mit dem grundlegenden Anwendungsszenario sowie der Identifizierung von Stakeholdern und deren wirtschaftlich-technischen Zielen bei der Einrichtung eines Systems in einem betrieblichen Kontext.
- Die **Anwendungssicht** betrachtet die Art und Weise, wie ein System aus der Sicht der Nutzenenden entwickelt, getestet, betrieben und genutzt wird. Diese Sichtweise befasst sich mit den relevanten Rollen und Aktivitäten.
- Die **funktionale Sicht** ist eine technologieunabhängige Sicht auf die Funktionen, die zur Bildung eines Systems erforderlich sind, und beschreibt somit die Verteilung und die Abhängigkeiten zwischen den Funktionen zur Unterstützung der in der Nutzersicht beschriebenen Aktivitäten.

Darüber hinaus werden im Rahmen des folgenden technischen Konzepts die wichtigsten Ergebnisse der Integrations- und Interoperabilitätsanalyse vorgestellt, insbesondere in Bezug auf Gaia-X und aktuelle normative Lösungen dieser Initiative.

3.5.1 Anwendungsszenario anhand der Unternehmenssicht

In einem digitalen Ökosystem schaffen Unternehmen zahlreiche technische Verbindungen entlang der Wertschöpfungsnetzwerkkette, indem sie sich als (digitale) Vermittler positionieren und über ihre Dienstleistungen den Zugang zu Kundinnen und Kunden herstellen. Dies schafft neue Verbindungen zwischen Marktteilnehmenden und bildet die notwendigen Netzwerkeffekte in einem Ökosystem.

Zur Veranschaulichung der anwendungsbezogenen technischen Zusammenhänge in einem digitalen Ökosystem wird im Folgenden das »KIEP«-Anwendungsszenario beschrieben. Anwendungsszenarien bilden den gemeinsamen Rahmen für die Gestaltung eines Ökosystems, das aus einem Wertschöpfungsnetzwerk von Unternehmen besteht, die sich gegenseitig Wertversprechen geben und im Gegenzug Leistungen erhalten³⁰. Die Arbeitsleistungen aller Teilnehmenden eines solchen Szenarios arbeiten in der Regel auf ein gemeinsames Ziel hin. Aus diesem Grund müssen unternehmensübergreifende Netzwerke der Wertschöpfung nicht nur effektiv miteinander verbunden sein, sondern auch hohe technische Anforderungen an die Kooperation und Koordination der Teilnehmenden erfüllen.

Die Abbildung 6 veranschaulicht das gegenwärtige Anwendungsszenario in einer »AS-IS«- und »TO-BE«-Darstellung (Ist-Situation im Vergleich zu einem möglichen zukünftigen Szenario). Die üblichen Wertschöpfungsketten bzw. -beziehungen zwischen den einzelnen Unternehmen sind durch Pfeile

²⁹ HINWEIS: Die Sichten richten sich nach ISO/IEC/IEEE 42010 »Systems and software engineering – Architecture description«²⁹, die sich mit der Erstellung, Analyse und Pflege von Systemarchitekturen durch die Verwendung von Architekturbeschreibungen beschäftigt.

³⁰ <https://www.sci40.com/sci-4-0/normungsroadmap/>.



dargestellt. Die hier vorgestellten Wertschöpfungsketten decken alle möglichen Stufen der Produktherstellung in »KIEP« ab und zeigen, mit welchen internen und externen Akteuren das KIEP-Ökosystem erweitert werden kann. Die unmittelbaren »KIEP«-Akteure, die in dem nachfolgenden Anwendungsfall (siehe Abschnitt 3.5.2) erläutert sind, sind in der Abbildung hervorgehoben.

Die zentrale Rolle im Wertschöpfungsnetzwerk spielt das produzierende Unternehmen, das in direktem Kontakt mit unabhängigen Software-Anbietenden und Anbietenden von Systemintegrationsleistungen steht. Die Energieversorgung erfolgt durch direkten Anschluss an den jeweiligen Energieversorger. Die Beratung bzw. regulatorische energetische Maßnahmen erfolgen sowohl durch unabhängige Energieberater als auch durch staatliche Stellen auf informativer Basis.

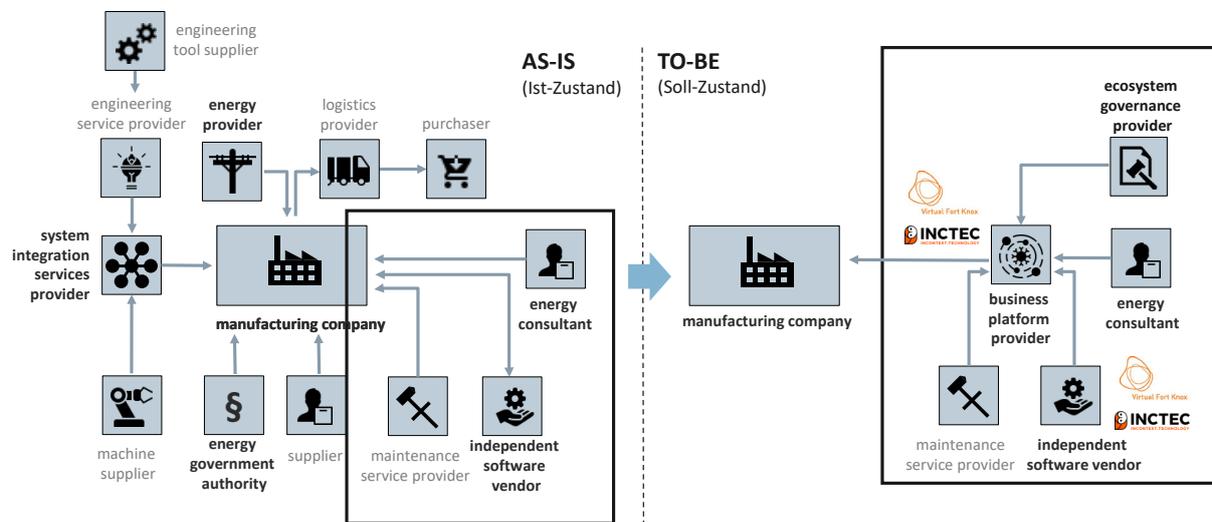


Abbildung 6: »KIEP«-Anwendungsszenario (heute mit Ist-Zustand »AS-IS« und zukünftigem Soll-Zustand »TO-BE«).³¹

Das »KIEP«-Anwendungsszenario zeigt, wie sich die Rollenverteilung und Beziehungen zwischen den Akteuren in der »TO-BE«-Darstellung verändern. Im neuen Konstrukt sind z. B. der Ökosystemmanagementanbieter und der Businessplattformanbieter sowie bestehende Rollen wie z. B. ISVs über die Businessplattform in das Wertschöpfungsnetzwerk integriert.

³¹ Die englischen Begriffe für die Rollen werden in Anlehnung an die International Electrotechnical Commission: IEC/TC 65 IEC TR 63283-2 ED1: Industrial-process measurement, control and automation – Smart Manufacturing – Part 2: Use Cases genutzt (IEC).



Die wesentlichen Rollen aus Abbildung 6 sind wie folgt beschrieben:



Produzierendes Unternehmen (engl. *manufacturing company*): Eine juristische Person, die für den Entwurf, die Herstellung und die Verpackung eines physischen Produkts verantwortlich ist, bevor es auf den Markt gebracht und/oder in Betrieb genommen wird, unabhängig davon, ob diese Tätigkeiten von dieser Person selbst oder von einem Dritten in ihrem Auftrag ausgeführt werden.

»KIEP«: Der Schwerpunkt der »KIEP«-Anwendung liegt auf Produktionsunternehmen, die Stranggussanlagen betreiben. Das Stranggießen ist ein Verfahren zur Herstellung von Zwischenprodukten (Barren, Stangen oder Brammen) aus Metallen und deren Mischungen. Die in den Anlagen verwendeten Metalle sind etwa Gold, Gusseisenkupfer, Kupferlegierungen und andere.



Anbieter von Systemintegrationsdiensten (engl. *system integration services provider*): Eine juristische Person, die Dienstleistungen für die Integration von physischen Produktionsressourcen in ein Produktionssystem auf der Grundlage einer von einem Produktionssystemdesigner bereitgestellten Spezifikation erbringt. Diese Integration wird in der Regel speziell für eine Käuferin oder einen Käufer durchgeführt und basiert auf den Anpassungsmöglichkeiten, die die einzelnen Entwicklungswerkzeuge und das jeweilige Systemframework bieten.

»KIEP«: Anbieterunternehmen, die IoT-Beratung und Systemintegrationsdienste für Stranggussanlagen anbieten.



Unabhängiger Software-Anbieter (engl. *independent software vendor ISV*): Eine juristische Person, die eine Softwareanwendung an ein Produktionsunternehmen oder einen anderen Nutzenden liefert. In der Regel hilft die Softwarelösung, verschiedene Funktionen eines Geschäftsprozesses zu verwalten, ist unabhängig von den Entwicklungen der führenden Softwareplattformen und auf ein bestimmtes vertikales Marktsegment spezialisiert. Beispiele von ISVs sind Anbieter von Engineering-Tools, Anbieter von Simulations-Tools, Anbieter von Datenanalyse-Tools, Anbieter von Kollaborationsplattformen und andere.

»KIEP«: In der Rolle eines ISV schließen sich VFK und INCTEC dem »KIEP«-Wertschöpfungsnetzwerk an. Die Marktsegmente sind wie folgt zu unterscheiden:

INCTEC Smart Monitoring Cloud ist ein Produkt zur schnellen produktiven Einbindung der Methoden der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens in die bestehenden Geschäftsprozesse und Maschinenlandschaft.

Die *Virtual Fort Knox-Plattform* bietet »ready2start« Softwarepakete an, die auch als Bundle mit Hardware geliefert werden können, wie etwa die Softwarelösungen *Virtual Fort Knox Edge Gateway®* und *Virtual Fort Knox IoT Cloud®*.



Energieversorger (engl. *energy provider*): Ein Unternehmen der Energiewirtschaft, das in der Energieversorgung tätig ist und als Erzeuger oder Verteiler andere Unternehmen und Endverbraucher mit Energie beliefert.



»KIEP«: Ein beliebiges Unternehmen, das produzierende Unternehmen mit Stranggussanlagen versorgt. Beim Stranggießen wird zwischen mehreren Verfahren unterschieden, die vom Format des zu gießenden Strangs abhängen. Je nach Format können bei der Produktion erhebliche Energiekosten entstehen, z. B. durch die erforderliche Wiedererwärmung oder Kühlung.



Energieberatende (engl. *energy consultant*): Eine juristische Person, die technische Systeme oder Produktionsgebäude unter energetischen Gesichtspunkten bilanziert und bewertet und wichtige Maßnahmen zur Verbesserung der Energiebilanz des produzierenden Unternehmens anbietet.

»KIEP«: Angesichts der steigenden Anforderungen an die Nachhaltigkeit nehmen die weltweiten Anstrengungen zur Erzeugung von Energie aus Sonnen-, Wind-, Wasserstoff- und anderen nachhaltigen Energiequellen zu, um die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. In der Rolle vom Energieberater können beliebige Unternehmen eingebunden werden, die das produzierende Unternehmen bei der Einführung neuer Technologien und der Umsetzung von nachhaltigen Datenstrategien mit den digitalen Servicelösungen in einem Ökosystem unterstützen.



Energieverwaltungsbehörde (engl. *energy government authority*): Staatliche Behörde, die die Sicherheit und den wirtschaftlichen Fortschritt des Staates durch die Bewältigung von Herausforderungen in den Bereichen Energie und Umwelt mithilfe innovativer wissenschaftlicher und technologischer Lösungen gewährleistet.

»KIEP«: Die Rolle kann von einer Regierungsbehörde eines Staates oder einer Provinz übernommen werden, die sich mit Fragen der Energiepolitik und der nationalen Energiewirtschaft befasst und Regulierungsdienste für die Industrie anbietet.



Businessplattformanbieter (engl. *business platform provider*): Unterstützt die digitalen Fähigkeiten eines Unternehmens, sich in einem digitalen Ökosystem zu vernetzen und ermöglicht die nächste Stufe der digitalen Transformation in der Fertigung, u. a. Vereinfachung des Austauschs zwischen unterschiedlichen Plattformökosystemteilnehmenden, Ermöglichung von Transaktionen und Innovationen zwischen verschiedenen Marktakteuren.

»KIEP«: Die IT- und Konnektivitätsinfrastruktur ist eine wichtige technische Voraussetzung für diesen Anwendungsfall. In diesem Bezug können VFK und INCTEC die Rolle des Businessplattformanbieters übernehmen.



Ökosystemmanagementanbieter (engl. *ecosystem governance provider*): Eine juristische Person, die Verwaltungsdienste für Kunden einer Businessplattform anbietet.

»KIEP«: Die Rolle des Ökosystemmanagementanbieters kann aktuell durch Gaia-X verifiziert werden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b).



3.5.2 Anwendungssicht

Die in Abbildung 7 gezeigte Anwendungssicht stellt die grundlegenden Anforderungen der erwarteten Systemnutzung in dem vorliegendem Anwendungsfall dar. Der Anwendungsfall ist als Abfolge von Aktivitäten dargestellt, an denen Menschen oder andere maschinelle Nutzer (z. B. System- oder Systemkomponenten) beteiligt sind und die angestrebte Funktion erbringen.

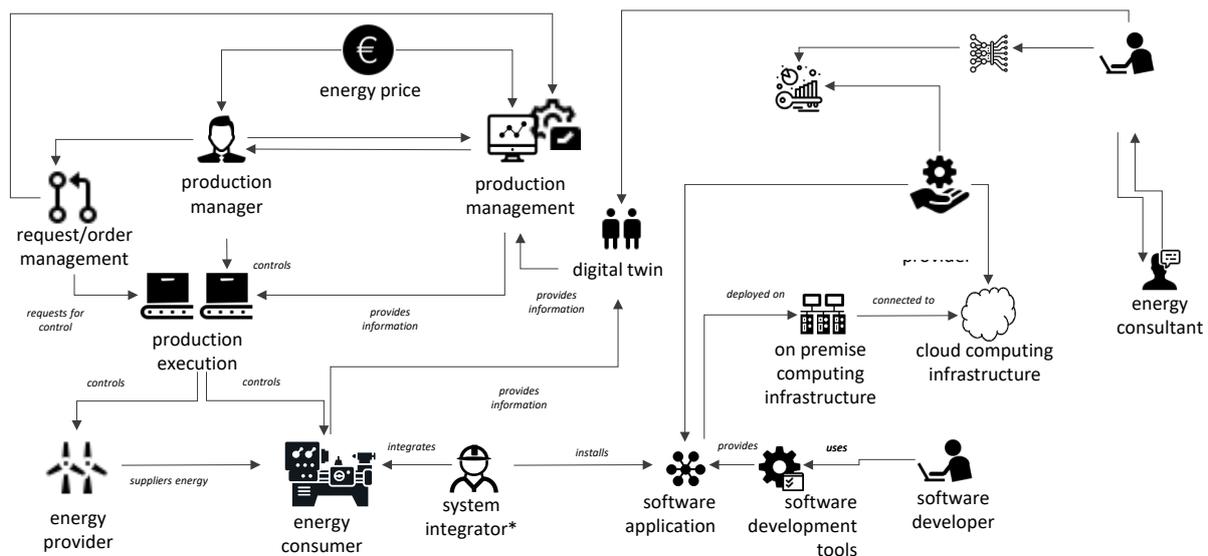


Abbildung 7: »KIEP«-Anwendungsfall³².

Der in Abbildung 7 skizzierte Anwendungsfall ist wie folgt beschrieben:

- Die Aufgabe des Produktionsmanagers (*production manager*) ist es, ein Produktionssystem, das im Produktionsfeld als Energiekonsument (*energy consumer*) gilt, optimal zu betreiben und nach Bedarf rechtzeitig die Anpassungen in der Produktionssteuerung, z. B. durch Auftragsmanagement (*request/order management*), zu tätigen.
- Ein Produktionsmanager möchte den Betrieb des Produktionssystems aufgrund bestimmter anomaliebasierter Erkenntnisse aus der kontinuierlichen Überwachung von Systemdaten und energiebezogenen Kennzahlen, z. B. Energieverbrauch und/oder Energiekosten, optimieren.
- In seiner Planung ist der Produktionsmanager angehalten, bestimmte Randbedingungen zu beachten: Z. B. die Verwaltung von Energielieferverträgen mit dem Energieanbieter (*energy provider*), die Administration von Energiepreisen (*energy price*) im Produktionsmanagementsystem (*production management*), die Verfügbarkeit von Produktionsmitteln, Monitoring von Produktionsabläufen (*production execution*).
- Mit der Datenextraktion über eine spezielle Software-Anwendung (*software application*), die von einem Softwareentwickler (*software developer*) mithilfe von Softwareentwicklungswerkzeugen (*software development tools*) entwickelt und vom Systemintegrator (*system integrator*) in die Anlage integriert wird, kann der Zustand der Anlage beispielweise von der nächsten

³² Vorgänge, die einmalig durchgeführt werden, sind mit Symbol (*) gekennzeichnet, z. B. *data scientist**, der die Konfiguration für maschinelles Lernen einmal vornimmt.



Halle aus überwacht werden. Weiterhin können aus den erfassten Daten prädiktive Zustandsaussagen wie Anomalien oder wahrnehmbare Abweichungen in den Daten der Produktionsanlage erkannt werden. Die Algorithmen können Erkenntnisse gewinnen und dadurch eine Vorhersage über geschätzte Ergebnisse mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten liefern.

- Der Datenwissenschaftler (*data scientist*) gibt die Daten und die gewünschten Ergebnisse in das Machine Learning-Framework ein (dieser Vorgang wird einmalig durchgeführt) und der Algorithmus für maschinelles Lernen passt die Regeln entsprechend selbst an. Daraus können Zusammenhänge in den Daten schneller ermittelt werden, als ein Mensch diese Logik ausarbeiten kann. Dadurch kann einerseits die Prozesssicherheit durch Reduzierung der Stillstandszeiten der Produktionsanlage erhöht werden. Andererseits kann auch sichergestellt werden, dass ungünstige Betriebszustände (gemessen über definierte Schwellenwerte) vermieden und unerwartete Energieverbräuche aufgrund von Störungen der Produktionsanlage (z. B. übermäßiger Energieverbrauch im Fehlbetrieb oder ungewollte Produktausfälle, die zu Nachfertigungsmaßnahmen führen) verhindert werden.
- Ein Benchmarking-Dienst, der über die Cloud-Infrastruktur (*cloud computing infrastructure*) mit dem maschinellen Lernen und einem Dienstanbieter verbunden und in die Vor-Ort-Computerinfrastruktur (*on premise computing infrastructure*) integriert ist, zielt auf die fundierte Bewertung von Schlussfolgerungen unter vorgegebenen Bedingungen, die die Verlässlichkeit der Ergebnisse garantieren.
- Die Interoperabilität zwischen den beteiligten Systemen, d. h. der Produktionsanlage, des maschinellen Lernens und dem Produktionsmanagementsystem, die auf den unterschiedlichen Produktionsebenen operieren, wird durch Applikation, die für Erstellung und Verwaltung von Digitalen Zwillinge (*digital twin*) zuständig ist, gewährleistet.

3.5.3 Funktionale Sicht

3.5.3.1 Grundlegende Anforderungen

Als Referenz für technische, aber auch nicht-technische Anforderungen an die Softwarekomponenten dient die Anforderungsliste des Praxispiloten »MIDIKI« (Brachmaier et al.). Dieser Praxispilot dient als Basis und wurde als Ausgangspunkt für die technische Kollaboration in »KIEP« herangezogen.

3.5.3.2 Föderative Cloud-IT-Plattform Virtual Fort Knox

Die Virtual Fort Knox-Plattform (siehe Abbildung 8) ist eine integrative und einfach anpassbare industrielle Cloud-Plattform, die in der Lage ist, alle IT-Systeme im Unternehmen untereinander mit Sensoren, Maschinen und manuellen Arbeitsplätzen schnell und mit geringem Aufwand zu vernetzen. Durch grafische Editoren der Plattform ist es möglich, individuelle Vernetzungen zu realisieren und den Datenaustausch zwischen den beteiligten Komponenten in der Interaktion entlang der Wertschöpfungskette zu beschleunigen.

Die Virtual Fort Knox-Plattform bietet »ready2start«-Softwarepakete an, die auch als Bundle mit Hardware geliefert werden können. Im Praxispiloten wurden die Produkte Virtual Fort Knox Edge Gateway® und Virtual Fort Knox IoT Cloud® verwendet. Zu den integrierten Service-Lösungen der Virtual Fort



Knox-Produkte zählen u. a. Workflow Engineering, Datendistribution, Datenkonvertierung bzw. Datenverarbeitung, Datenbank, Visualisierung und Service Management, User und Identity Management.

Im Hinblick auf Cloud Computing können Virtual Fort Knox-Produkte flexibel in der Produktion, in externen Rechenzentren und einer privaten oder öffentlichen Cloud-Umgebung eingesetzt werden. Hierzu wird auf Containerisierung mittels Docker gesetzt, ein allgegenwärtiger Standard, um heterogene Anwendungen unabhängig von der Betriebsumgebung bereitzustellen und zu betreiben.

Die besondere Rolle bei der Vernetzung und Integration der internen und externen digitalen Services übernimmt der Virtual Fort Knox Manufacturing Service Bus (MSB). Als die zentrale homogene, servicebasierte Integrationsschicht dient sie als universale Schnittstelle für die Anbindung unterschiedlicher Cyberphysischer Produktionssysteme (CPPS) sowie digitaler Tools und unterstützt die optimale Steuerung des ständig wachsenden Informationsflusses in der Fabrik. Mit dem Virtual Fort Knox MSB ist die Plattform in der Lage, über mehrere Ebenen hinweg und passend zu den betrieblichen Gegebenheiten verschiedene Systeme und digitale Prozesse über die standardisierten Schnittstellen und Konnektoren zu vernetzen.

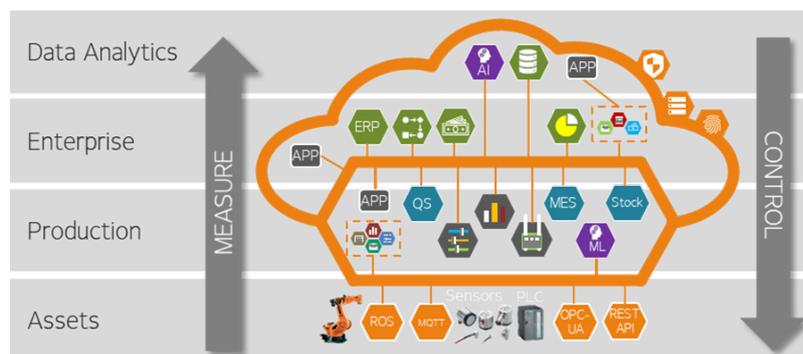


Abbildung 8: Virtual Fort Knox Technologie (orange) eingesetzt als Basis der Cloud-Plattform (Bildquelle: VFK).

Die Cloud-Plattform-Technologie des jungen Unternehmens VFK wurde gemeinsam mit Fraunhofer IPA in Stuttgart entwickelt. Das Start-up arbeitet mit der lizenzierten Basis-Technologie und entwickelt die Plattform-Anwendungen mit den industriellen Partnerorganisationen kontinuierlich weiter.

3.5.3.3 INCTEC Smart Monitoring Cloud

INCTEC Smart Monitoring Cloud ist ein Produkt zur schnellen produktiven Einbindung der Methoden der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens in die bestehenden Geschäftsprozesse und Maschinenlandschaft. Geeignet für den Betrieb auf Cloud und Edge bietet sie eine modulare Plattform aus Mikro-Komponenten für die Erfassung, Verarbeitung, Analyse und Visualisierung von Daten. Sie kombiniert geschickt neueste Technologien zur Datenanalyse und wertvolle Semantik der Geschäftsprozesse, sodass Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen Out-of-the-Box und ohne spezielles Fachwissen angewendet werden können.

Basierend auf ereignisgesteuerter Software-Architektur passt sich die Lösung durch eine hohe Skalierbarkeit der Flexibilität jedem Unternehmen an. Durch eine einfache Integration, moderne User-Inter-



faces, Infografiken und Storytelling bringt die INCTEC Smart Monitoring Cloud gewonnene Erkenntnisse näher an den Menschen. Durch die Integration über vielfältige Schnittstellen können unterschiedliche Datenquellen, wie z. B. aus ERP, MES, Anlagen oder externen Sensoren, zusammengebracht und für weiterführende Analysen verwenden werden. Basierend auf typisierten Anwendungsfällen bietet das Produkt neben vorgegebenen KI-Modellen, Methoden und Best Practices auch ein Set von Anwendungen zum smarten Monitoring, z. B. zur Unterstützung der Produktionsplanung, der Qualitätssicherung, Engpasserkennung oder Vorhersage des Zustandes von Maschinen. Damit wird die Transparenz, Effektivität und Ausfallsicherheit, sei es in Bezug auf die Zuverlässigkeit der Anlagen oder Produktivität, Liefertreue, Betriebs- oder Wartungskosten, gefördert.

Eine Beispielarchitektur für die Anbindung der INCTEC Smart Monitoring Cloud für die Produktion ist in Abbildung 9 dargestellt.

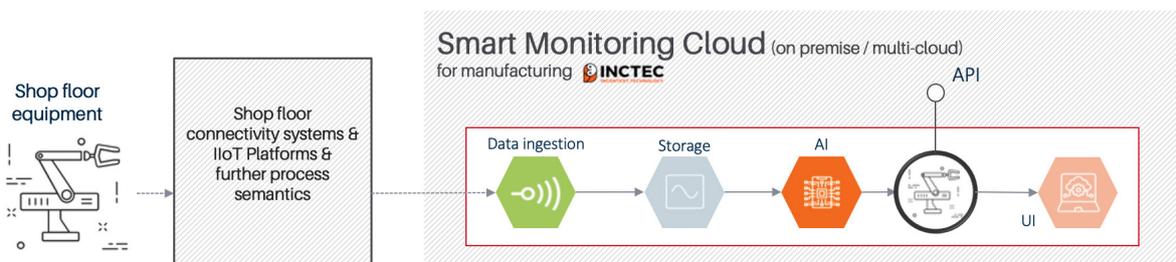


Abbildung 9: Beispielarchitektur für die Anbindung von INCTEC Smart Monitoring Cloud für die Produktion (Quelle: incontext.technology GmbH 2021).

3.5.4 Integrationsszenario am Beispiel von Gaia-X

Ein Gaia-X-basiertes Ökosystem verspricht viele kleine und auch große Anbieter zu vernetzen und unter allgemeingültigen Regularien für Anwendende aus ganz Europa zugänglich zu machen. Dadurch kann die Vision des durchgängigen sicheren Datenaustauschs für alle Teilnehmenden des »KIEP«-Wertschöpfungsnetzwerks, wie in Abbildung 6 dargestellt, realisiert werden. Die Untersuchung der wichtigen Anforderungen an die technische Integration am Beispiel von Gaia-X ist eines der grundlegenden Ziele des im Weiteren beschriebenen technischen Konzepts für den Praxispiloten.

Einem digitalen Gaia-X-basierten Ökosystem liegt die Gaia-X-Architektur (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b) zugrunde. Diese identifiziert und beschreibt die Konzepte der angestrebten föderativen offenen Dateninfrastruktur sowie die Beziehungen zwischen ihnen und bildet die Grundlage für die weitere Ausarbeitung, Spezifikation und Umsetzung des »KIEP«-Anwendungsfalls.

Im Folgenden wird ein beispielhaftes »KIEP«-Integrationsszenario auf Basis der Gaia-X-Architektur beschrieben. Das Integrationsszenario baut auf dem konzeptionellen Modell von Gaia-X (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b) auf und veranschaulicht, wie Konnektivität, Interoperabilität und Integration zwischen allen Beteiligten mit Gaia-X realisiert werden können, sowohl in Bezug auf Daten als auch auf Dienste.



3.5.4.1 Grundlegende Beziehungen zwischen den Akteuren und deren Rollen

In diesem Abschnitt werden die Beziehungen zwischen den Teilnehmenden des Gaia-X-basierten Ökosystems und die zugrundeliegenden Anforderungen beschrieben, die nur innerhalb des Gaia-X-Konzeptmodells stattfinden.

Die grundlegenden Beziehungen zwischen den Ökosystemteilnehmenden nach Rollen sind dem allgemeinen konzeptionellen Modell Gaia-X (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b) zu entnehmen. Der obere Teil des Modells zeigt verschiedene Akteure von Gaia-X, während der untere Teil weitere Elemente des kommerziellen Handels und die Beziehung zu Akteuren, die außerhalb von Gaia-X vorkommen und durch ein regulatorisches Werk von Gaia-X nicht abgebildet sind, zeigt.

Die Rollen der »KIEP«-Ökosystemteilnehmenden können in der Gaia-X-Architektur wie folgt verteilt werden: 1) Provider (VFK, INCTEC), 2) Consumer (Energieberater), End User (produzierendes Unternehmen), Federator (aktuell Gaia-X) (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b).

3.5.4.2 Anforderungsanalyse

Aus Sicht der Anwendenden ergeben sich mehrere Schlüsselanforderungen an ein Gaia-X-basiertes Ökosystem, die in die Kategorien aus Tabelle 17 aufgeteilt und nach Muss- oder Kann-Anforderungen gruppiert sind.

Kategorie	Anforderung	Muss (M)/ Kann (K)	Betroffene Komponente
Dateninfrastruktur	Die technische Dateninfrastruktur, konform mit Gaia-X, soll in der Lage sein die Speicherung von Trust-Center-relevanten Daten anzubieten.	K	Gaia-X-Infrastruktur
	Ein Ökosystem kann aus Anbietenden, Anwendenden und beteiligten Entwicklern dieser digitalen Dienste und Produkte gebildet werden.	K	Ökosystem
	Die Dateninfrastruktur muss dezentral aufgebaut werden. Hybride Cloud-Szenarios müssen durch die verteilte Implementierung (vertikal und horizontal) über viele Anbietenden hinweg realisierbar sein.	M	Hardware, Software, Daten
Interoperabilität von Daten und Diensten	Systeme und Dienste müssen Interoperabilitätsfähigkeit besitzen, um Informationen auszutauschen und zum gegenseitigen Nutzen zu verwenden.	M	Systeme, Dienste
	Die Implementierung eines digitalen Ökosystems kann auf einer gemeinsamen Gaia-X-Referenzarchitektur sowie auf einem gemeinsamen Basisrahmen beruhen, um die Durchgängigkeit der Basisdienste über alle Anwendungsfälle hinweg zu ermöglichen und damit auch die Implementierbarkeit für die Nutzerinnen und Nutzer zu erleichtern.	K	Ökosystem
Skalierung	Das Ökosystem muss skalierbar sein bzw. der Zugang zu domänenübergreifenden Anwendungen muss ermöglicht werden.	M	Ökosystem



Kategorie	Anforderung	Muss (M)/ Kann (K)	Betroffene Komponente
Datenverfügbarkeit	Daten verschiedener Besitzer müssen über den Datenraum durchgehend verfügbar und auf Servern des jeweiligen Eigentümers physisch zu finden sein [Services/Daten]. Consumer müssen auf die bereitgestellten Informationen, die zum Monitoring bereitstehen, zugreifen können.	M	Datenräume
Sicherheit und Vertrauen	Sicherheitstechnologien müssen eingeführt werden, um jeden Teilnehmenden und jedes System im Gaia-X-Ökosystem zu schützen.	M	Ökosystem
	Ein Identitätsmanagementsystem mit gegenseitiger Authentifizierung, selektiver Offenlegung und Vertrauensenzug muss eingeführt werden, um ein sicheres digitales Ökosystem zu fördern, ohne sich auf die Autorität eines einzelnen Unternehmens oder einer Regierung zu verlassen.	M	Sicherheitssysteme und -dienste
	Eine praxisnahe Umsetzung von Gaia-X sollte ein Trust-Center beinhalten, welches die Teilnehmenden eindeutig identifiziert und somit bei jeder neuen Anbindung an das Gaia-X Ökosystem das unbedingt notwendige Vertrauen in den Kommunikationspartner herstellt. Dies kann beispielsweise analog zu einem Internet-Zertifikat Trust Center ablaufen, bei dem im Browser erkannt wird, wie die Sicherheitslage der aufgerufenen Webseite ist.	K	Trust-Center
	DIN SPEC 27070:2020-03 Anforderungen und Referenzarchitektur eines Security Gateways zum Austausch von Industriedaten und Diensten (Beuth Verlag GmbH, 2020) können bei der Implementierung berücksichtigt werden.	K	Referenzarchitektur
Souveränität über Daten	Einheitliche Schutzklassendefinitionen von Daten und Services müssen für alle Teilnehmenden gewährleistet sein.	M	Daten, Services
	Die Ökosystem-Teilnehmenden sollen die Kontrolle und Transparenz darüber behalten, was mit ihren Daten geschieht, d. h. alle relevanten Funktionen des Ökosystems müssen durchgehend abgestimmt und verlässlich ausgeführt werden, um eine durchgängige Souveränität zu gewährleisten.	M	Komponente
	Anwendende müssen Hoheit über besonders sensible Daten behalten können.	M	Datenräume
	Daten von Anwendenden können dort gespeichert werden, wo es die Anwendenden angesichts der jeweiligen Datenklassifikation für sinnvoll erachten.	K	Daten
Übertragbarkeit von Daten und Diensten	Im Datenraum kann nur denjenigen Parteien Zugriff auf Daten erteilt werden, welche vom Besitzer der Daten dazu ermächtigt wurden.	M	Datenräume
	Daten können in einem standardisierten Protokoll beschrieben werden, das ihre Übertragung und Verarbeitung ermöglicht.	K	Schnittstellen
	Services können ohne größere Änderungen und Anpassungen migriert werden und haben das gleiche Maß an Compliance.	K	Services



Kategorie	Anforderung	Muss (M)/ Kann (K)	Betroffene Komponente
Übertragbarkeit von Daten und Diensten	Softwarefunktionen können in Form einzelner, granularer Dienste implementiert werden und mithilfe der oben beschriebenen modernen Middlewares (siehe Manufacturing Service Bus) orchestriert werden, um auch Geschäftsprozesse ortsunabhängig und durchgängig zu unterstützen.	K	Software-Komponenten
	Services müssen ohne größere Änderungen und Anpassungen migriert werden können.	M	Services, Daten

Tabelle 17: »KIEP«-Anforderungen an das Gaia-X-Ökosystem.

Der Standard (hier: DIN SPEC 27070) legt eine Referenzarchitektur eines Security Gateways zum Austausch von Industriedaten und Diensten fest und kann somit die Realisierung der sicherheitsrelevanten Anforderungen in »KIEP« unterstützen. Dadurch soll es beispielsweise möglich sein, Berechtigungen feingranular festzulegen und Sicherheitseigenschaften wie Isolation (Datenservices können sich nicht gegenseitig beeinflussen), Attestation (Gewährleistung eines sicheren, vertrauenswürdigen Zustands), Autorisierung und sichere Kommunikation zu realisieren³³.

Um die Ziele der neuen Energiepolitik der Bundesregierung zu unterstützen, insbesondere in Bezug auf die Gestaltung einer nahezu klimaneutralen Produktion der Zukunft, hat »KIEP« auch die energetischen Anforderungen untersucht (siehe Tabelle 18).

Kategorie	Anforderung	Muss (M)/ Kann (K)	Betroffene Komponente
Nachhaltigkeit	Die Erfassung der Energiedaten muss feingranularer werden und auf der Ebene der Maschine, der Arbeits- und Prozesszyklen sowie Operationen erfolgen.	M	Anlagen, Prozesse, Operationen
Nachhaltigkeit	Die Zyklen bzw. Operationen müssen in Bezug auf den Energieverbrauch abgebildet werden.	M	MSB, INCTEC

Tabelle 18: »KIEP«-Anforderungen an energetische Erfassungen.

³³ <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-27070/319111044>



3.5.5 Digitaler Zwilling und Interoperabilität durch standardisierte Informationsmodelle der Asset Administration Shell

Der Digitale Zwilling ermöglicht sowohl die Abbildung des Fertigungsprozesses, der Produktionseinheiten als auch die Abbildung des Produkts selbst sowie die dazu notwendigen Ressourcen. Eine durchgängige Kontrolle und Anpassung des Produkts ist von der Entwicklung bis zum Ende des Fertigungsprozesses mithilfe des Digitalen Zwillings möglich. In Verbindung mit einem Asset bildet die Asset Administration Shell (Bedenbender und et al., 2017) eine vollwertige Industrie 4.0-Komponente (siehe Abbildung 10).

Der Begriff Asset Administration Shell (engl.: Asset Administration Shell, kurz: AAS) wurde von der Plattform Industrie 4.0 geprägt und ist als Synonym für »Digitalen Zwilling« im erweiterten Sinne zu verstehen. Im Rahmen der Plattform Industrie 4.0 haben sich die großen deutschen Industrieverbände zusammengeschlossen, um das AAS-Konzept und die erforderlichen Technologien für die Implementierung von Anlagen und deren AAS zu entwickeln.

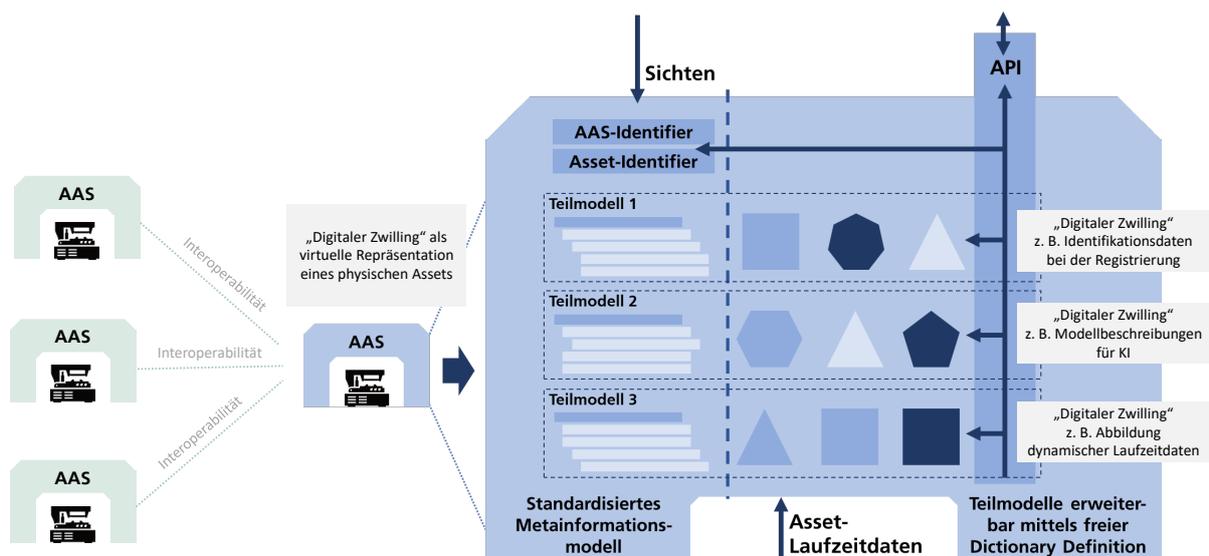


Abbildung 10: Asset Administration Shell mit API auf die Informationsmodelle für eine Anwendung eines Wertschöpfungspartners in Anlehnung an (Bedenbender und et al., 2017).

Ein Asset wird in der Regel von verschiedenen Partnerorganisationen in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus betrieben. Ein Asset kann eine physische Gestalt haben oder immaterielle Software (z. B. als App) oder Dienst bzw. Softwareservice sein.

Verschiedene Organisationen in der Wertschöpfungskette können unterschiedliche Informationen in einer AAS speichern, z. B. vertrauliche technische Daten beim Energieprovider oder vertrauliche Produktionsdaten beim Produktionsunternehmen. Damit bringt die AAS alle Eigenschaften, Operationen und Daten eines Assets in eine definierte Struktur. Diese Informationen werden in mehrere Teilmodelle unterteilt. Dadurch können verschiedene Parteien in der Wertschöpfungskette während des Lebenszyklus des Vermögenswerts auf Teilmodelle von Daten und Diensten zugreifen oder diese hinzufügen.



Die AAS kann als Datei zwischen den Akteuren gemeinsam genutzt und ausgetauscht werden, eine API für den Informationsaustausch bereitstellen oder unabhängig mit anderen AAS interagieren und kommunizieren (Plattform Industrie 4.0, 2020a).

3.5.6 Integration und Einordnung in das konzeptionelle Modell Gaia-X

Die teilnehmenden Entitäten im »KIEP«-Ökosystem – siehe Rollenbeschreibung im Abschnitt 3.5.1 – können in der Rolle eines Datenerzeugers oder eines Datenkonsumenten auftreten und regeln unter anderem ihre technische Integration und Kommunikation über den Gaia-X-Layer. Der Gaia-X-Layer verkörpert die grundlegenden domänenübergreifenden Anforderungen an eine europäische Dateninfrastruktur (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020a). Die Skalierung zu Wertschöpfungsketten ist jederzeit möglich. Dabei sollen grundlegende Anforderungen an die IT-Infrastruktur, Services und zugrundeliegende Datenaggregation innerhalb der Entitäten gewährleistet sein.

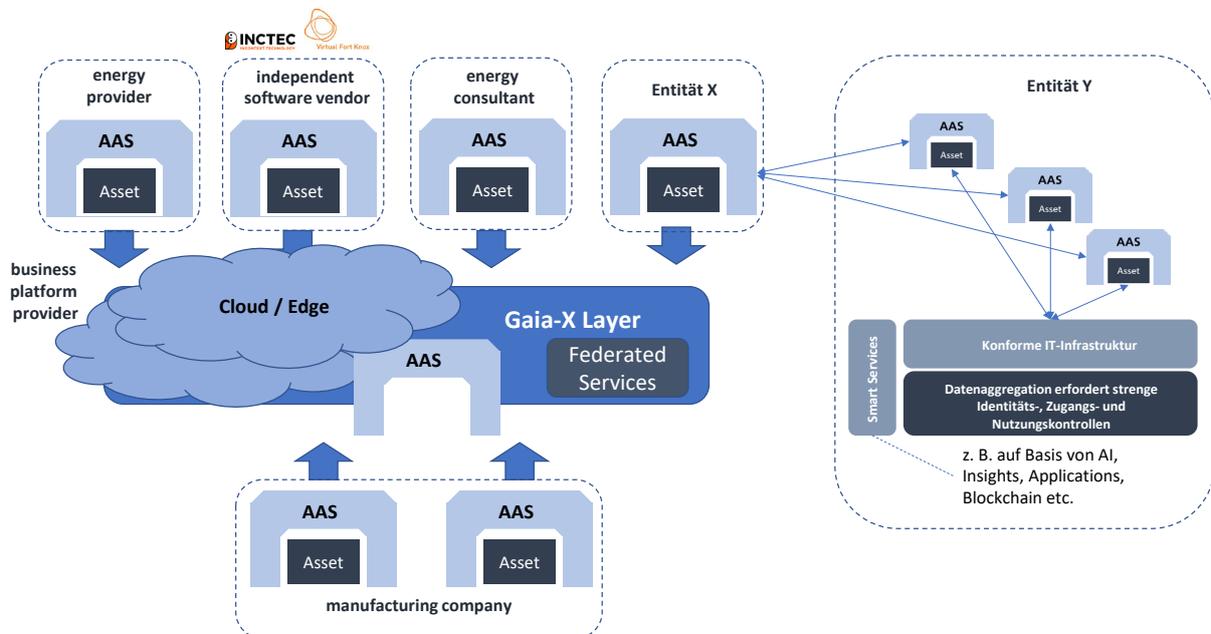


Abbildung 11: Gaia-X-basiertes Interoperabilitätsszenario für den Praxispilot »KIEP« (Quelle: In Anlehnung an (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020a)).

Die einheitliche Semantik für den Datenaustausch kann beispielsweise mithilfe von standardisierten Informationsmodellen in eine Asset Administration Shell umgesetzt werden. Im konzeptionellen Modell Gaia-X kann die AAS-Anwendung für den im »KIEP« untersuchten Anwendungsfall zunächst an der Schnittstelle zwischen dem Ressource Owner und Asset (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2020b) eingesetzt werden. Beispielsweise sollen bei einem produzierenden Unternehmen AAS-Informationen von Maschinen oder Werkzeugen ohne menschliche Hilfe interpretiert werden können und in den Gaia-X-Layer mittels API integriert werden. Abbildung 11 zeigt ein zukunftsorientiertes Szenario für ein offenes föderatives »KIEP«-Ökosystem und soll zukünftig noch näher untersucht werden.



Der sichere Datenaustausch über den Gaia-X-Layer im Gaia-X-Netzwerk kann durch Schnittstellen der Entitäten und auf Basis von cloudbasierten Infrastrukturen unter Berücksichtigung der Sicherheitsanforderungen (siehe Abschnitt 3.5.4.2) realisiert werden. Dies sollte über Schnittstellen wie http/REST, MQTT oder OPC UA realisiert werden, die von Softwareprogrammen genutzt werden können.

3.5.7 Empfohlene Umsetzungsschritte für das Interoperabilitätsszenario

Um das oben beschriebene Interoperabilitätsszenario für die Praxispilotlösung umzusetzen, sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

Bedarfsanalyse: In einem ersten Schritt ist es notwendig die Zieldefinition hinsichtlich ihrer tatsächlichen Bedarfe abzustimmen. Basierend auf den Spezifikationen »Verwaltungsschale im Detail« in (Neidig und et al., 2021, Bader und et al., 2020, Bader und et al., 2021) für Informationsmodellierung und Austausch von Datasets sowie DIN SPEC 91345 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0) (Beuth Verlag GmbH, 2016) ist es möglich, den gesamten Produktlebenszyklus (Entwicklung, Produktion, Betrieb, Recycling) eines Assets abzubilden und dessen Zustand über den gesamten Zyklus hinweg durchgängig zu betrachten.

Für die Erarbeitung der domänenspezifischen Teilmodelle der Verwaltungsschale für den gesamten Produktlebenszyklus sind u. a. folgende Bausteine vonnöten: a) Beschreibungsmodelle der Stranggussanlagen basierend auf Companion Standards; b) Prozess-/Verhaltensmodelle der benötigten Systeme; c) Datenstrukturen für Prozess- und Qualitätsdaten für die Konsolidierung verschiedener Formate; d) Normenzuordnung.

Auswahl standardisierter Teilmodelle: Um die digitale Abbildung nach einheitlichen Standards zu erstellen, wird dringend empfohlen, sich mit den Fachexpertinnen und -experten abzustimmen und sie aktiv in die Konzepterstellung einzubeziehen, z. B. bei der Bereitstellung von Beschreibungen der Maschinen und Prozesse sowie der Zuordnung von Standards. Aufbauend auf dem Grundkonzept werden, gemeinsam mit den Teilnehmenden, Teilmodelle für spezifische Anwendungsfälle definiert (Meyer und Hannes Weik, 2021). Daran schließt die Entwicklung der Teilmodelle der Verwaltungsschalen einzelner Komponenten an; diese können sowohl Prozesse als auch Ressourcen sein.

Entwicklung: Die Entwicklung der Teilmodelle soll so erfolgen, dass Komponenten in relevanten Prozessen entlang des gesamten Produktlebenszyklus digital abgebildet werden können. Auf diese Weise kann eine durchgängige Wertschöpfungskette in einem dezentralen Produktionsnetzwerk abgebildet werden. Dadurch soll ein ganzheitliches Leistungsangebot unter Nutzung verteilter Ressourcen ermöglicht werden. Ferner ist es Ziel des Abbildungskonzepts, dass bei Anpassungen von Prozessparametern die Eigenschaften, sowohl von Fertigungsprozessen als auch von den zu fertigenden Produkten, vorausgesagt werden können, ohne dass die Produktion unterbrochen oder Material verbraucht wird. Dadurch werden neue Möglichkeiten der Automatisierung, Optimierung und Qualitätssicherung in der Produktion geboten.

Fehlende standardisierte Teilmodelle können durch eigene Entwicklung kompensiert werden. Die in 2021 von den gemeinsamen Arbeitsgruppen »Asset Administration Shell« und »Infrastruktur der Asset Administration Shell« der Plattform Industrie 4.0 Arbeitsgruppe »Referenzarchitekturen, Standards und Normen« erarbeitete Spezifikation »Details of the Asset Administration Shell« (Bader und et al.,



2021, Bader und et al., 2020) definiert, wie auf die in der Verwaltungsschale bereitgestellten Informationen (z. B. Teilmodelle oder Merkmale) dynamisch über APIs zugegriffen werden kann. Da eine API in verschiedenen Technologien wie HTTP/REST, MQTT und OPC UA realisiert werden kann, bietet die Verwaltungsschalen-Spezifikation eine technologieneutrale Beschreibung der Schnittstellen.

Das Diskussionspapier »VWS-Referenzmodellierung – exemplarische Modellierung einer fertigungstechnischen Anlage mit AASX Package Explorer auf Basis des VWS-Metamodells« (Plattform Industrie 4.0, 2021) kann als Nachschlagewerk zu Modellierungsmöglichkeiten der Verwaltungsschalen empfohlen werden. Das Dokument enthält einen Leitfaden, wie die Daten der Assets in der Verwaltungsschale einzusortieren sind, als auch eine Anleitung für Nutzende von Verwaltungsschalen, die die Daten in den Anwendungen verwenden. Weiterhin finden sich wertvolle Informationen über Anwendungen in Bezug auf Verwaltungsschale-Metamodellierung sowie Informationen über Verwendung von Merkmalen bzw. Eigenschaften. In diesem Kontext wird beispielsweise die Verwendung von Eigenschaften empfohlen, die bereits in gemeinsamen Vokabularen enthalten sind, z. B. in ECLASS oder IEC CDD. So wird beispielsweise von der Plattform Industrie 4.0 industrielle Standards wie ECLASS oder Companion Specifications der OPC Foundation favorisiert. (Plattform Industrie 4.0, 2021)

Weitere relevante Informationen zur Modellierungsmöglichkeiten sowie über die verfügbaren Teilmodelle, deren Spezifikationen und hilfreiche Einleitungen zur Teilmodellentwicklung sind auf der offiziellen Seite von IDTA³⁴ zu finden.

Standardisierung: In der Normung haben sich mittlerweile die Konzepte der Verwaltungsschale nicht nur deutschlandweit, sondern auch international etabliert. So erarbeiten unter anderen die WG24³⁵ von der internationalen Normungsorganisation IEC/TC 65 und die ISO/IEC JTC1 SC 41/WG6³⁶ Konzepte und Normen für den Digitalen Zwilling und die Verwaltungsschale.

Durch die gezielte langfristige Überführung der entwickelten Teilmodelle in die Standardisierung können offene Standards erreicht werden, die nicht nur nachhaltig den Ausbau des »KIEP«-Ökosystems durch die Verwaltungsschale unterstützen, sondern auch die Flexibilisierung der Produktion und Ressourceneffizienz in den globalen Ökosystemen vorantreiben.

³⁴ <https://industrialdigitaltwin.org/>.

³⁵ https://www.iec.ch/ords/f?p=103:14:714554809687691:::FSP_ORG_ID:25623.

³⁶ https://www.iec.ch/ords/f?p=103:14:714554809687691:::FSP_ORG_ID:27186.



4 Lessons learned und Fazit

4.1 Lessons learned

Im Folgenden sind die Erfahrungen mit der Vorgehensweise im Praxispiloten »KI-gestützte Energieoptimierung in der Produktion« (KIEP) zu den Schwerpunkten Geschäftsmodellkonzeption, Behandlung von initialen Aktivitäten rund um den Netzwerkaufbau sowie technische Konzeption gelistet. Zudem werden Impulse zu den einzelnen durchgeführten Workshops gegeben.

Lessons learned und Impulse zur Vorgehensweise insgesamt

- **Gute Workshop-Vorbereitung:** In einem ersten 2-stündigen Workshop sollte das Anwendungsszenario im Detail durchgegangen werden. D. h. Rollen, Aktivitäten, Assets und Ziele sollten in einem Brainstorming, z. B. in einem Online-Board, skizziert werden. Eine entsprechende Vorbereitung des Workshop-Leitenden ist empfehlenswert. Der Workshop sollte weiterhin detailliert dokumentiert werden; im Falle eines Online-Termins könnte er aufgezeichnet werden.
- **Gegenseitiges Kennenlernen und Verständnis:** Je besser sich die Partnerorganisationen bereits kennen, desto einfacher ist das Durchsprechen des Anwendungsszenarios, da die technischen Lösungen bereits bekannt sind und desto angenehmer und harmonischer ist der Umgang miteinander.
- **Sichere Arbeitsumgebung:** Werden die Termine gut von einem Workshop-Leitenden vorbereitet und wird das Projekt entsprechend gesteuert sowie der Kooperationsfortschritt regelmäßig überprüft, so fühlen sich die Projektteilnehmenden sicher und können sich auf ihre Aktivitäten konzentrieren.
- **Anreize zur Fortsetzung:** Das Schaffen von Anreizen für eine Kooperationsfortführung ist bereits innerhalb des Projekts wichtig, falls es gemeinsame Ziele gibt und das Miteinander im Projekt »passt«.

Lessons learned und Impulse rund um die Geschäftsmodellentwicklung

- **Methodenanwendung:** Gehen die Projektpartnerinnen und -partner vorbereitet sowie motiviert in einen gemeinsamen Termin und sind sie engagiert bei der Diskussion zur Geschäftsmodellentwicklung dabei, können innerhalb des Workshops die wichtigsten Fragen rund um die neun Elemente der Business Model Canvas-Methode besprochen werden.
- **Abgestimmtes Nutzungsszenario:** Das gemeinsame Entwickeln eines Nutzungsszenarios hilft allen Beteiligten, sich in den Anwendungsfall zu versetzen. Dies bietet eine Grundlage für die weitere Konzeptentwicklung.
- **Fortsetzung:** Zu finanziellen Aspekten wird in frühen Diskussionen meist noch nicht im Detail gesprochen. Diese werden aufgrund der limitierten Zeit im Workshop vertagt und wieder aufgegriffen, nachdem das technische Konzept mit den Anwendenden diskutiert wurde.



Lessons learned und Impulse rund um die Diskussionen zum Netzwerkaufbau

- **Grundlagen schaffen:** Eine Grundlageneinführung in die wesentlichen Elemente von digitalen Plattformökosystemen eignet sich gut für den WorkshopEinstieg, um das Wissen der Teilnehmenden aufzufrischen. Sofern die Teilnehmenden mit der Thematik bereits vertraut sind, kann die kurze Einführung auch weggelassen werden, um Zeit für den Workshop zu gewinnen.
- **Herausforderungen identifizieren:** Die gemeinsame Identifizierung der Herausforderungen zu Beginn des Workshops dient als Basis für die weitere Durchführung und zeigt Stellen auf, die im anschließenden Workshop tiefer besprochen und erarbeitet werden können bzw. sollten.
- **Konkrete Zielgruppen und Nutzenvorteile herausarbeiten:** Um die Nutzenvorteile für alle Beteiligten im Ökosystem identifizieren und konkretisieren zu können, ist eine klare und detaillierte Herausarbeitung der Stakeholdergruppen notwendig.
- **Ansprache von Stakeholdergruppen:** Zur Gewinnung von Stakeholdern für den Netzwerkaufbau ist es von Vorteil, unterschiedliche Optionen einer möglichst einfachen Ansprache der jeweiligen Stakeholdergruppen herauszuarbeiten und zu bewerten.

Lessons learned und Impulse zum technischen Konzept und Gaia-X

- **Schaffung einer vertrauenswürdigen Basis:** Das Gaia-X-Konzept ist auf Ökosysteme mit unterschiedlichen technischen Interessen anwendbar. Diese sollten jedoch auf Lösungen basieren, die wichtige aktuelle Technologielinien auf der Grundlage von Standards und vertrauenswürdigen Geschäftspraktiken ermöglichen.
- **Gemeinsame Sprache finden:** Zu Beginn müssen die an einem Gaia-X-basierten Ökosystem beteiligten Kooperationspartnerinnen und -partner eine gemeinsame Sprache und eine gemeinsame Vision für die technischen Grundlagen finden, damit alle in dieselbe Richtung gehen. In diesem Zusammenhang ist ein tiefes Verständnis des Gaia-X-Architekturmodells durch alle beteiligten Partnerorganisationen von großer Bedeutung. Sollten die notwendigen Kompetenzen zum Aufbau eines tieferen Verständnisses fehlen, ist es empfehlenswert, die entsprechenden Expertinnen und Experten hinzuzuziehen.
- **Längere Vorbereitungsphase unbedingt einplanen:** Für Gaia-X-»Neulinge« ist eine gründliche Recherche zum besseren Verständnis der technischen Rahmenbedingungen von Gaia-X dringend zu empfehlen. Die Recherche soll zum Aufbau des gemeinsamen Verständnisses – z. B. bzgl. Terminologie, Prozesse und Dokumentation – sowie zur Abstimmung kritischer Fragen und der sektorübergreifenden Zusammenarbeit beitragen. Es wird dringend empfohlen, auf eine aussagefähige Dokumentation technischer Lösungen so früh wie möglich zu achten.
- **Geeignete und klare technologische Ziele setzen:** Ökosysteme auf Basis föderativer Plattformen eignen sich besonders für Zukunftsfragen von digitalen Wertschöpfungsketten, allerdings noch mit hohem technologischen Handlungsdruck. D. h. Unternehmen sollen bereits zu Beginn der Kooperation eine fortgeschrittene Technologiebasis und das nötige Verständnis für die angefragten Standards mitbringen.



- **Visionäre in ein Ökosystem einbinden:** Gaia-X befindet sich noch in der Entwicklungsphase, was die technische Umsetzung angeht. Unternehmen sehen sich mit vielen offenen Fragen konfrontiert, was die Entwicklung des eigenen Konzepts zum Teil stark beeinträchtigt. Diejenigen, die das technische Fachwissen sowie ein hohes Engagement und Offenheit für standardisierte technische Lösungen mitbringen, sind in der aktuellen Phase ein Gewinn für jedes Gaia-X-basierte Ökosystem.
- **Auswahl und praktische Erprobung des geeigneten technologischen Rahmens:** Obwohl Gaia-X Konzepte für die ökosystemübergreifenden Interaktionen von Unternehmen bereithält, sind diese aufgrund der Komplexität noch sehr umfangreich. Einen Einstieg und ein besseres Verständnis könnten hier die konkreten Gaia-X Federations, d. h. konkrete Gaia-X basierte Ökosysteme geben, die z. B. in Leuchtturmprojekten umgesetzt werden. Des Weiteren – aufgrund des innovativen Charakters von Gaia-X – ist es dringend erforderlich, die derzeitigen Interoperabilitäts- und Integrationsstandards vom Konzept zur Umsetzung zu bringen, um etwaige Lücken zu ermitteln und die weitere Entwicklung der Gaia-X-Spezifikationen zu unterstützen.
- **Einbindung von KMU:** Eine große Herausforderung ist, dass KMU selten die finanziellen Mittel und das Know-how haben, um in Initiativen wie Gaia-X eine aktive Rolle einzunehmen. Dadurch werden deren Bedürfnisse und Anforderungen meist nicht berücksichtigt, was eine spätere nachhaltige Nutzung erschwert. D. h. ein Fokus auf einfache und transparente Anwendbarkeit von Gaia-X und unterstützende Anwendungen (beispielsweise eine verständliche Übersicht der Architektur und dazugehöriger Softwarekomponenten), die klar und eindeutig die Funktionalität und Kosten für KMU aufzeigen, senkt die Einstiegshürden enorm.



4.2 Fazit

Mit den Hintergrundinformationen zur organisatorischen und technischen Sicht auf Ökosysteme aus Kapitel 2 werden die Leserinnen und Leser dieser Publikation abgeholt. In Kapitel 3 wird aufgezeigt, wie die im Praxispilot erarbeitete Vorgehensweise zu Geschäftsmodellentwicklung, Netzwerkaufbau und technische Konzeption angewendet werden kann. Unternehmen erhalten im Rahmen der Dokumentation des Praxispiloten einen Einblick in die praktische Anwendung von Gaia-X auf Grundlage des Digitalen Zwillings und einhergehender Umsetzungskonzepte mittels der Verwaltungsschale (Asset Administration Shell) (Plattform Industrie 4.0, 2020b). Die Erfahrungen, die im Rahmen dieses Praxispiloten gemacht wurden, stehen mit dieser Veröffentlichung allen interessierten Unternehmen zur Verfügung. Das entwickelte technische Konzept für die anvisierte Lösung der KI-gestützten Energieoptimierung in der Produktion wird von INCTEC und VFK weiter ausgebaut und voraussichtlich in 2022 umgesetzt.

Neben den schon aufgeführten Lessons learned stellten die Beteiligten Folgendes fest:

- Die Rollenverteilung und rollenspezifische Mechanismen in der Gaia-X Spezifikation werden nicht ausreichend transparent dargestellt. Insbesondere für KMU stellt diese Intransparenz eine große Hürde bei der Umsetzung von Gaia-X-Netzwerken dar.
- Neben fehlenden Informationen ist es wichtig, dass die inhaltlichen Beschreibungen der Gaia-X Spezifikation vor allem KMU-gerecht gestaltet sind. Begleitend ist es hilfreich, wenn Transferinitiativen des Mittelstands die Inhalte niederschwellig für KMU aufbereiten und vermitteln. Nur mit einer KMU-gerechten Ansprache und Wissensvermittlung wird Gaia-X Akzeptanz und Anwendung auch im Kontext kleiner und mittlerer Unternehmen finden.



5 Literatur

ADOLPH, L. Dr. und ET AL., 2020. *Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0 - Version 4* [online]. *DIN und DKE ROADMAP* [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.sci40.com/sci-4-0/normungsroadmap/>

AHLE, U., E. KOVACS, A. LINNEWEBER, W. MÖLLER und B. SIMON, 2020. *Smart City Ökosystem: Fundament legen - Entscheidungshoheit nutzen* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: https://www.fiware.org/wp-content/uploads/Whitepaper-FIWARE-SAP_Deutsch.pdf

BADER, S. und ET AL., 2020. *Details of the Asset Administration Shell* [online]. *Part 1 - The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0 (Version 3.0RC01)*. Specification [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.pdf

BADER, S. und ET AL., 2021. *Details of the Asset Administration Shell* [online]. *Part 2 – Interoperability at Runtime – Exchanging Information via Application Programming Interfaces (Version 1.0RC02)*. Specification [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part_2_V1.pdf

BEDENBENDER, H. und ET AL., 2017. *Examples of the Asset Administration Shell for Industrie 4.0 Components – Basic Part* [online]. *Continuing Development of the Reference Model for Industrie 4.0 Components*. White Paper [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2017/April/Asset_Administration_Shell/ZVEI_WP_Verwaltungschale_Englisch_Download_03.04.17.pdf

BEUTH VERLAG GMBH, 2016. *DIN SPEC 91345:2016-04 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-91345/250940128>

BEUTH VERLAG GMBH, 2020. *DIN SPEC 27070:2020-03 Anforderungen und Referenzarchitektur eines Security Gateways zum Austausch von Industriedaten und Diensten* [online]. *Technische Regel* [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/de/technische-regel/din-spec-27070/319111044>

BONFIGLIO, F., 2021. *Vision & Strategy* [online] [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://gaia-x.eu/sites/default/files/2021-12/Vision%20%26%20Strategy.pdf>

BRACHMAIER, B., D. GLUBA, O. MEYER, O. MORDVINOVA, R. TORDY und S. GÄRTNER. *Transferdokumentation für den Praxispiloten: Integration von mehrdimensionalen Digitalen Zwillingen im Kontext Künstliche Intelligenz* [online]. *Kopplung und Nutzung bestehender mehrdimensionaler Digitaler Zwillinge (MDZ) zur Datenauswertung im Produktionsumfeld mit unterschiedlichen Methoden der Künstlichen Intelligenz* [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: https://cloud-mall-bw.de/wp-content/uploads/2021/08/210823_CMBW_PP76_Transferdokumentation_MIDIKI_V1.0.pdf

BRAUNE, A. und ET AL., 2017. *Exemplification of the Industrie 4.0 Application Scenario Value-Based Service following IIRA Structure* [online]. Working Paper [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar



unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/exemplification-i40-value-based-service.html>

BRAUNE, A. und ET AL., 2018. *Usage Viewpoint of Application Scenario Value-Based Service* [online]. Discussion Paper [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/hm-2018-usage-viewpoint.pdf>

BRUHN, M. und K. HADWICH, Hg., 2017. *Dienstleistungen 4.0*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-17551-1.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE, 2020a. *GAIA-X: A Pitch Towards Europe* [online]. *Statusbericht zu Anwenderökosystemen und -anforderungen*.

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE, 2020b. *GAIA-X: Technical Architecture* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/gaia-x-technical-architecture.pdf>

BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE, 2021. *Digitale Ökosysteme in der Industrie – Typologie, Beispiele und zukünftige Entwicklung* [online]. Ergebnispapier [Zugriff am: 8. Juli 2021]. Verfügbar unter: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Digitale_Oekosysteme.html

DALMOLEN, S., H. BASTIAANSEN, M. KOLLENSTART und M. PUNTER, 2020. *Infrastructural Sovereignty over Agreement and Transaction Data ('Metadata') in an Open Network-Model for Multilateral Sharing of Sensitive Data* [online]. *Fortieth International Conference on Information Systems, Munich 2019*, 5-6. Fortieth International Conference on Information Systems, Munich 2019 [Zugriff am: 18. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://publications.tno.nl/publication/34636783/Ep55In/dalmolen-2019-infrastructural.pdf>

FIWARE FOUNDATION E.V., 2021. *FIWARE for Data Spaces* [online]. *Position Paper / Version 1.0* [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.fiware.org>

FRINGS, S., H. KETT, J. HÄRLE, O. MEYER, D. STOCK, R. MIETZNER, D. MATEJA und A. HALCKENHÄUBER, Hg., 2021. *Innovation durch Kooperation. Cloud Computing als Wegbereiter gemeinsamer Leistungsangebote und verbesserter Wertschöpfungsketten* [online] [Zugriff am: 9. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://cloud-mall-bw.de/>

GAIA-X AISBL, 2021a. *Gaia-X Architecture Document* [online]. *21.09 Release* [Zugriff am: 20. Januar 2022]. Verfügbar unter: https://www.gaia-x.eu/sites/default/files/2021-10/Gaia-X_Architecture_Document_2109.pdf

GAIA-X AISBL, 2021b. *Gaia-X Factsheet* [online] [Zugriff am: 20. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://gaia-x.eu/sites/default/files/2021-10/Gaia-X%20Factsheet.pdf>

GAIA-X AISBL, 2021c. *Gaia-X Federation Services (GXFS)* [online]. *Gaia-X Ecosystem Kickstarter* [Zugriff am: 12.17.2021]. Verfügbar unter: https://gaia-x.eu/sites/default/files/2021-12/GXFS_1.pdf

GAIA-X AISBL, 2021d. *Gaia-X Federation Services*. Downloads [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.gxfs.de/>



GUGGENBERGER, T., F. MÖLLER, T. HAARHAUS, I. GÜR und B. OTTO, 2020. *Ecosystem Types in Information Systems* [online] [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.researchgate.net/publication/341188637>

HEBENSTREIT, K., 2016. *Das Plattform- & Ökosystem-Geschäftsmodell (Analyse)* [online]. *Digitale Ökosysteme sind die Speerspitze der Digitalisierung – wir entschlüsseln das Geschäftsmodell am Beispiel der Amazon-Plattform.* [Zugriff am: 19. März 2021]. Verfügbar unter: <https://www.many-mize.com/%C3%B6kosystem-gesch%C3%A4ftsmodell-case-study>

IEC. *The world of IEC* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.iec.ch/>

LIN, S.-W. und ET AL., 2019. *The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.iiconsortium.org/stay-informed/IIRA.htm>

LIS, D., N. TAGALIDOU, K. LINGELBACH und M. SPIEKERMANN, 2019. *Ökosysteme für Daten und Künstliche Intelligenz* [online] [Zugriff am: 11. August 2021]. Verfügbar unter: <http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-561686.html>

MEYER, O. und HANNES WEIK, 2021. *Einheitliche Standards für die Industrie 4.0* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/einheitliche-standards-fuer-die-industrie40.html>

NAAB, M., M. TRAPP und C. REIS, 2020. *Digitale Ökosysteme und Plattformökonomie – Wie positioniere ich mein Unternehmen und wie gelingt der Start?* [online] [Zugriff am: 19. März 2021]. Verfügbar unter: <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/digitale-oekosysteme-und-plattformoekonomie-unternehmen-positionieren-und-starten/>

NEIDIG, J. und ET AL., 2021. *Asset Administration Shell - Reading Guide* [online]. *Aktueller Leitfaden für Verwaltungsschalen-Publikationen* [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Asset_Administration_Shell_Reading_Guide.pdf

OPEN INDUSTRY 4.0 ALLIANCE, 2020. *Open Industry 4.0 Alliance* [online]. *White Paper* [Zugriff am: 18. Dezember 2021]. Verfügbar unter: https://openindustry4.com/dam/jcr:911939d5-ab5e-4113-9425-57a851d621e5/2019_11_20_OI4_Whitepaper_General.pdf

OSTERWALDER, A. und Y. PIGNEUR, 2010. *Business model generation. A handbook for visionaries, game changers, and challengers* [online]. Hoboken, NJ: Wiley. ISBN 978-3593394749. Verfügbar unter: <http://proquest.safaribooksonline.com/9780470876411>

OTTO, B., S. STEINBUß, A. TEUSCHER und S. LOHMANN, 2019. *IDS-Reference-Architecture-Model-3.0* [online]. 2019 [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/fields-of-research/industrial-data-space/IDS-Reference-Architecture-Model.pdf>

PARKER, G., M. VAN ALSTYNE und S.P. CHOUDARY, 2016. *Platform revolution. How networked markets are transforming the economy - and how to make them work for you.* First edition. New York: W.W. Norton & Company. ISBN 978-0393249132.



PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2020a. *Asset Administration Shell Specifications* [online]. *Quicklinks To Different Versions & Reading Guide* [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Standardartikel/specification-administrations-hell.html>

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2020b. *Verwaltungsschale in der Praxis* [online]. *Wie definiere ich Teilmodelle, beispielhafte Teilmodelle und Interaktion zwischen Verwaltungsschalen (Version 1.0)*. Diskussionspapier [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/2020-verwaltungsschale-in-der-praxis.html>

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0, 2021. *VWS-Referenzmodellierung* [online]. *Exemplarische Modellierung einer fertigungstechnischen Anlage mit AASX Package Explorer auf Basis des VWS-Metamodells*. Diskussionspapier [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/VWS-Referenzmodellierung.html>

SCHNEIDER, M., 2021. *FabOS – Technologische Souveränität für KI-Anwendungen in der Produktion* [online] [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter: <https://www.ipa.fraunhofer.de/de/referenzprojekte/FabOS.html>

STUMMER, C., D. KUNDISCH und R. DECKER, 2018. Platform Launch Strategies [online]. *Business & Information Systems Engineering*, **60**(2), 167-173. ISSN 2363-7005. Verfügbar unter: doi:10.1007/s12599-018-0520-x

TARDIEU, H. und B. OTTO, 2021. Digital Sovereignty, European Strength and the Data and Cloud Economy – in varietate concordia [online]. *Revue européenne du droit - The Groundwork of European Power*, (3, Volume 02). *Revue européenne du droit - The Groundwork of European Power* [Zugriff am: 25. Januar 2022]. Verfügbar unter: <https://gaia-x.eu/sites/default/files/2022-01/RED%203%20-%20The%20Groundwork%20of%20European%20Power%20-%20December%202021%20%281%29.pdf>

TIWANA, A., 2014. *Platform ecosystems. Aligning architecture, governance, and strategy*. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann. ISBN 9780124080669.

TRAPP, M., M. NAAB, D. ROST, C. NASS, M. KOCH und B. RAUCH, 2020a. *Digitale Ökosysteme und Plattformökonomie: Definition, Chancen und Herausforderungen* [online] [Zugriff am: 19. März 2021]. Verfügbar unter: <https://www.iese.fraunhofer.de/blog/digitale-oekosysteme-und-plattformoekonomie-definition-chancen-herausforderungen/>

TRAPP, M., M. NAAB, D. ROST, C. NASS, M. KOCH und B. RAUCH, 2020b. *Digitale Ökosysteme und Plattformökonomie: Was ist das und was sind die Chancen?* [online] [Zugriff am: 19. März 2021]. Verfügbar unter: <https://www.informatik-aktuell.de/management-und-recht/digitalisierung/digitale-oekosysteme-und-plattformoekonomie.html>

TRAPP, M., M. NAAB, D. ROST, C. NASS, M. KOCH und B. RAUCH, 2020c. *Digitale Ökosysteme: Welche Herausforderungen stellt der Aufbau und wie gelingt er?* [online] [Zugriff am: 19. März 2021]. Verfügbar unter: <https://www.informatik-aktuell.de/management-und-recht/digitalisierung/digitale-oekosysteme-welche-herausforderungen-stellt-der-aufbau-und-wie-gelingt-er.html>



VDE, 2021. *Die Experten von VDE und DKE entwickeln Standards, Normen und Anwendungsregeln.* [online]. *VDE Newsroom* [Zugriff am: 17. Dezember 2021]. Verfügbar unter:
<https://www.vde.com/de/newsroom/standards>



6 Anhang

6.1 Projektdarstellung

»Cloud Mall Baden-Württemberg« (2016 bis 2021) war ein Gemeinschaftsprojekt der Fraunhofer-Institute für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und für Produktionstechnik und Automatisierung IPA sowie des Instituts für Enterprise Systems (InES) der Universität Mannheim und der bwcon Research gGmbH und wurde später durch die Kompetenzen im Bereich Gaia-X und IDS durch das Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST ergänzt. Das Projekt wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg gefördert.

Die Schaffung eines Cloud-Ökosystems aus Cloud-Service-Anbietern und -Anwendern war das Projektziel, um vor allem kleine und mittelständische Unternehmen in Baden-Württemberg in den Herausforderungen der Plattformökonomie und veränderten Wachstums- und Wettbewerbsstrategien zu unterstützen und kooperationsfähig zu machen. Es wurde dabei ein aktiver Wissenstransfer zwischen Forschung und Anwendung zu beiderseitigem Nutzen umgesetzt.

Gemeinsam mit Unternehmenspartnern wurden Piloten bis zu einem Prototyp oder einer beispielhaften Lösung weiterentwickelt. Diese Praxispiloten waren kooperative, zeitlich und aufwandsmäßig beschränkte Projekte zwischen mindestens zwei Anbieterunternehmen. Diese haben cloudbasierten Lösungen und eingebrachten Produkte integriert, um neue Lösungen zu entwickeln, innovative Funktionen hinzuzufügen oder bestehende für neue Zielgruppen an Anwendenden zu erweitern.

Mittels des »Cloud Mall BW«-Ökosystems wurde ein sicherer Rahmen geschaffen, um diese Praxispiloten durchzuführen und um zu überprüfen, ob der Stand der Technik zu Erfolgsfaktoren von Kooperations- und Integrationsprojekten aus der Forschung sich auch unter Praxisbedingungen bewährt.

Alle Projektergebnisse und -erkenntnisse sowie die Studie »Innovation und Kooperation – Cloud Computing als Wegbereiter gemeinsamer Leistungsangebote und verbesserter Wertschöpfungsketten« (Frings et al., 2021) sind transparent dokumentiert und wurden Interessierten zur Verfügung gestellt³⁷, sodass sie auch noch nach Projektende eine Hebelwirkung entfalten und als praktisch anwendbare Blaupause für weitere Vorhaben dienen können.

³⁷ <https://cloud-mall-bw.de>.



6.2 Kontakt

Gerne können die Vertreterinnen und Vertreter der Praxispilotpartnerorganisationen bei Fragen und Anmerkungen zum Praxispilot oder zu Inhalten direkt angesprochen werden:

Virtual Fort Knox AG

Kooperierende Unternehmen

Jörg Junge

joerg.junge@virtualfortknox.de

Robert Tordy

robert.tordy@virtualfortknox.de

incontext.technology GmbH (INCTEC)

Olga Mordvinova, CEO

olga@inctec.de

Dr. Cyrille Waguët

cyrille@inctec.de

Fraunhofer IAO

»Cloud Mall BW«-Projektkontakte

Sandra Frings

sandra.frings@iao.fraunhofer.de

Fraunhofer IPA

Olga Meyer

olga.meyer@ipa.fraunhofer.de

InES

Timo Himmelsbach

himmelsbach@uni-mannheim.de

bwcon

Rudolf Mietzner

mietzner@bwcon.de

Weitere Informationen zur »Cloud Mall BW« finden Sie unter: <https://cloud-mall-bw.de/>