

Vorgehen zur Modellierung des Wertschöpfungsnetzwerks smarter Produkt-Service-Systeme

Method for modeling the value network of smart product-service systems

Yevgeni Paliyenko^{1,*}, Rodrigo Salinas¹, Daniel Roth¹, Matthias Kreimeyer¹

¹ Institute for Engineering Design and Industrial Engineering, University of Stuttgart (Germany)

* *Korrespondierender Autor:*

Yevgeni Paliyenko
Pfaffenwaldring 9
70569 Stuttgart
☎ 0711/68566057
✉ yevgeni.paliyenko@iktd.uni-stuttgart.de

Abstract

Nowadays, enterprises are exposed to dynamic market changes, such as increasing competitive pressure or changing customer needs. They react to this by extending their portfolio with smart product-service systems (smart PSS), thereby increasing the possible value proposition utilizing a data-based value network. Enterprises require methodological support in developing such complex systems, as smart PSS have special value structures. Current research shows that existing support neglects stakeholders and their interaction. However, their consideration is crucial to improving the chances for successful development and operation. Therefore, in this paper, we present a modeling approach for smart PSS value networks and outline central stakeholders.

Keywords

Product-Service System (PSS), Smart Systems Engineering, Value Network, Stakeholder Analysis, Modeling Method

1. Einleitung und Problemstellung

Unternehmen sind heutzutage mit dynamischen Marktveränderungen, wie zunehmendem Konkurrenzdruck oder sich wandelnden Kundenbedürfnissen konfrontiert. Entsprechend hat sich in den letzten Jahrzehnten die Art und Weise, wie Unternehmen ihre Produkte und Dienstleistungen entwickeln und anbieten erheblich verändert. Zunehmend streben Unternehmen danach sich von rein produkt- oder servicebezogenen Geschäftsmodellen zu lösen [1]. Stattdessen wandeln sie sich hin zu lösungsorientierten Geschäftsmodellen [2].

Gleichzeitig führten die fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung zu einer weiteren Transformation und neuen Form der Wertschöpfung: smarte Produkt-Service-Systeme (smart PSS). Smart PSS vereinen physische, intelligente Produkte mit immateriellen, datenbasierten Dienstleistungen, um sowohl dem Kunden als auch dem Anbieter einen Mehrwert zu bieten [3, 4]. Günstigere und leistungsfähigere Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen eine profitable Umsetzung von intelligenten Produkten, welche die Datengrundlage für neue Dienstleistungen, wie Zustandsüberwachung schaffen. Im smart PSS sind solche Dienstleistungen ein wesentlicher Bestandteil der unternehmerischen Wertschöpfung [5]. Für die Realisierung des Leistungsversprechens müssen die beteiligten Akteure zwingend miteinander kooperieren [6], da das Produkt und der Service mittels der Infrastruktur untrennbar miteinander verbunden sind [7]. Durch diese Kooperation im System können zum einen fehlende Kapazitäten und Ressourcen kompensiert werden [8], zum anderen entstehen Abhängigkeiten und Spannungsfelder innerhalb des Netzwerks.

Die Entwicklung solcher vernetzten, datenbasierten Systeme unterscheidet sich von der klassischen Produkt- oder Serviceentwicklung und stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen [9]. Die besondere Wertschöpfung von smart PSS erfordert eine tiefgreifende Anpassung der Entwicklungsstrukturen und -prozesse, um eine synchrone sowie abgestimmte smart PSS-Entwicklung zu realisieren [10]. Dabei müssen die charakteristische Interaktion und Abhängigkeiten zwischen den Stakeholdern frühzeitig während des Entwicklungsprozesses berücksichtigt werden [11]. Unternehmen suchen daher methodische Unterstützung bei der strategischen Entwicklung smarter PSS, dem Aufbau der System-Struktur und der Bestimmung relevanter Akteure samt deren Beitrag zur Wertschöpfung [9, 12, 13].

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass ein Mangel an geeigneten Unterstützungen vorliegt [14] und vorhandene Unterstützungen sich oft auf Funktionsanalysen beschränken, welche die Stakeholder, deren Interaktion im System und die Wechselwirkung von Produkt und Dienstleistung vernachlässigen [14, 15]. Allerdings ist die Berücksichtigung der Stakeholder maßgebend für die erfolgreiche Entwicklung und den Betrieb von smart PSS, da diese in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis stehen [6]. Deshalb erfolgt im Zuge dieser Arbeit eine umfassende Untersuchung, um die folgenden Forschungsfragen zu klären: *Wie können smart PSS-Wertschöpfungsnetzwerke modelliert werden und welche wesentlichen smart PSS-Stakeholder müssen bei der Modellierung berücksichtigt werden?*

Das Ziel ist es, basierend auf den Erkenntnissen der Untersuchungen, ein Modell zur vereinfachten Abbildung und Strukturierung des smart PSS Netzwerkes auszuarbeiten. Dabei liegt der Fokus auf der Erfassung wesentlicher Akteure sowie ihrer Beziehungen.

2. Untersuchungsmethodik

Für die Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein mehrstufiges Vorgehen verfolgt. Ausgehend von zwei systematischen Literaturrecherchen wurden zunächst 1) verschiedene Modellierungstechniken für Wertschöpfungsnetzwerke und 2) wesentliche Stakeholder im smart PSS Netzwerk erfasst. Zusätzlich wurden reale smart PSS Use-Cases hinsichtlich ihrer Struktur und beteiligter Akteure untersucht. Die erlangten Erkenntnisse dienten anschließend als Grundlage für die Untersuchung der Modellierungsansätze für smarte Wertschöpfungsnetzwerke. Daraufhin wurde ein ausgewählter Ansatz für die Modellierung des smart PSS

weiterentwickelt. Im Zuge dessen wurden relevante Akteure sowie deren Beziehungen innerhalb des Systems in das Modell integriert. Abschließend wurde das neue Vorgehen Experten mehrerer Forschungseinrichtungen sowie KMUs vorgestellt und konzeptuell validiert. Das Feedback wurde ausgewertet und in den Modellierungsansatz integriert.

2.1. Datenerhebung

Die Datenerhebung startete mit einer vorbereitenden, kontextbezogenen Recherche, welche als Grundlage für zwei systematische Literaturrecherchen (SLR) nach dem Vorgehen von Bidermann et al. (2012) [16] diente. Die SLR legten den Fokus auf die Beantwortung der beiden zentralen Forschungsfragen: 1) *Welche Ansätze zur Modellierung von smarten Wertschöpfungsnetzwerken existieren?* Und 2) *Welche Stakeholder müssen bei der smart PSS-Modellierung berücksichtigt werden?* Hierfür wurde ein Suchprotokoll vorbereitet und die Suchräume beider Recherchen mittels sinngemäßer Synonyme eingegrenzt. Bild 1 zeigt exemplarisch einen Auszug aus dem Suchprotokoll mit beispielhaften Such-Strings, der Untersuchungslogik und die Anzahl der gesichteten Paper in der jeweiligen Prüf-Stufe.

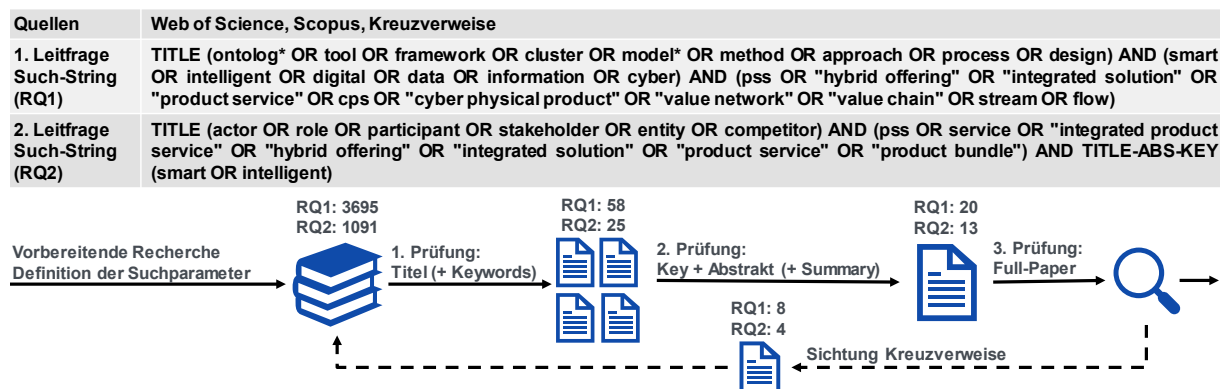


Bild 1: Suchprotokoll der systematischen Literaturrecherchen

2.2. Untersuchung von smart PSS Use-Cases

Gleichzeitig wurden im Rahmen einer breiten Recherche 51 reale smart PSS Use-Cases gesammelt und untersucht. Hierbei wurden alle Cases hinsichtlich der beteiligten Stakeholder, wesentlicher Rollen, welche die Stakeholder einnehmen, und deren Beziehungen im Netzwerk im Detail ausgewertet. Tabelle 1 zeigt beispielhaft einige der untersuchten Use-Cases mit einer kurzen Beschreibung der angebotenen Lösung.

Tabelle 1: Auszug der untersuchten Use-Cases

Use Case	Beschreibung des smart PSS
Bosch Lift Predictive Maintenance	Ausstattung von Aufzügen mit Sensoren, um Zugriff auf Betriebs- und Zustandsdaten zu erhalten. Eine software-basierte Auswertung erkennt Anomalien und trifft Vorhersagen über den Wartungsbedarf und -zeitpunkt.
Allianz Telematik Versicherung	Durch das Nachrüsten einer smarten Black-Box können Fahrzeugparameter ausgelesen, das Fahrverhalten überwacht und die aggregierten Daten ausgewertet werden. Allianz bewertet das Fahrprofil und erstellt eine nutzungsbezogene Police.
La Marzocco & Cisco & Softec	Die Unternehmen entwickelten eine smarte Kaffeemaschine sowie eine smarte Retro-Fit-Lösung, um anhand einer Echtzeitdatenerfassung und -analyse die Optimierung des Herstellungsprozesses und vorausschauende Maschinenwartung zu ermöglichen.
Trumpf & relayr & Munich Re	Partnerschaft für das Angebot einer Pay-per-part-Lösung in der Blechbearbeitung. Trumpf produziert einen intelligenten Laservollautomaten, relayr stellt die IoT-Infrastruktur bereit und Munich Re deckt die Finanz- und Versicherungsdienste ab.

MAN Marine iSea	MAN Marine bietet für die Schiffsmotoren eine intelligente Nachrüst-Lösung für die Überwachung wichtiger Motorparameter, wodurch technische Defekte vermieden und Fehlermeldung direkt an den Hersteller kommuniziert werden können.
SEW Eurodrive	Angebot von autonomen Transportfahrzeugen für die Montage im Rahmen einer Equipment-as-a-Service-Lösung. Umsetzung der Automatisierungslösung vom Shopfloor bis zur IT-Ebene durch SEW Eurodrive beim Kunden.
IBM & Mitsufuji Corp.	Entwicklung von smart Wearables unter Ausnutzung der Leitfähigkeit des Mitsufuji AGposs Gewebes (silber-metallisierte Fäden). Zusätzliche Entwicklung einer Software-as-a-Service Lösung für die Echtzeit Gesundheits- und Sicherheitsüberwachung.
IBM & Bell Flight	Vorausschauende Wartung für Flugzeugtriebwerke, mithilfe von Deep-Learning-KI-Algorithmen und der IoT, wie dem digitalen Zwilling. Damit lassen sich Vorhersagen treffen, welche Flugzeuge eine vorbeugende Wartung benötigen sowie dessen Umfang.
IBM Maximo Application Suite	IBM Maximo bietet datenbasierte Lösungen, wie Remote- und KI-basierte Expertenunterstützung, Echtzeit-Anlagenhistorie und Betriebsdaten von Wearables, Sicherheitssensoren und Diagnoseschnittstellen mittels des digitalen Zwillings.
FlightSafety Int. Simulator	FlightSafety Int. entwickelte einen smarten Flugsimulator, welcher das Verhalten und die Inputs des Piloten überwacht und KI-gestützt auswertet. Darauf basierend werden automatisch passende Trainings-Manöver und -Szenarien gebildet.

3. Ergebnisse

Die gesammelte Datengrundlage, bestehend aus Literatur und Use-Cases, wurde zunächst hinsichtlich der Modellierungsansätze für smarte Wertschöpfungsnetzwerke und anschließend in Bezug auf Stakeholder sowie deren Beziehungen ausgewertet. In den folgenden Kapiteln wird die Auswertung im Detail vorgestellt.

3.1. Auswertung der Daten

Die Auswertung der ersten systematischen Literaturrecherche lieferte 7 verschiedene Ansätze zur Modellierung smarter Netzwerke, welche anhand der Anforderungen an Modellierungssprachen von Geschäftsprozessen nach Frank und Laak (2003) [17] und der generellen sowie smart PSS-spezifischen Anforderungen nach Paliyenko et al. (2023) [18] qualitativ untersucht wurden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Anforderungen an die Modellierungslogik

Generelle Anforderungen	Überprüfbarkeit, Verständlichkeit, Komplexitätsreduktion, Flexibilität, Nützlichkeit, Praxisrelevanz und wissenschaftliche Fundiertheit
Anforderungen an Modellierungssprachen	Einheitlichkeit, Wiederverwendbarkeit, Einfachheit, Angemessenheit, Operationalisierbarkeit, Korrektheit und Vollständigkeit
Smart PSS spezifische Anforderungen	Rechtliche Vorgaben, Adaptivität, integrierte Entwicklung, interdisziplinäre Zusammenarbeit, interdisziplinäre Bildung, IKT-getrieben, Kundenzentriert, Kundenintegrierend, Daten- & Informationsstrukturen und Systemerweiterbarkeit

Einige Modellierungsansätze besitzen einen direkten Bezug zu smart PSS, wie beispielsweise die Data-Driven PSS Design Methode, während andere Ansätze aus themennahen Bereichen stammen, wie beispielsweise das GEMINI-Modell. Die einzelnen Ansätze werden in der folgenden Tabelle 3 kompakt beschrieben und gegenübergestellt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der untersuchten Modellierungsansätze

Data-Driven PSS Design & Delivery Method [19]	Business Model Engineering for smart PSS [20]
Ansatz zur Gestaltung und Umsetzung von PSS unter Verwendung von datengetriebenen Ansätzen.	Geschäftsmodellorientierter Entwicklungsansatz, welcher die Integration von Stakeholdern, wie Kunde

Dabei liegt der Fokus auf Datenanalysen, um PSS-Design und -Bereitstellung zu optimieren. Nachteile: Vernachlässigung der System-Struktur und weiterer Stakeholder	oder Partner, vorsieht, jedoch ohne Betrachtung weiterer Stakeholder oder deren Beziehungen. Nachteile: Hohes abstraktes Niveau des Modells, keine Abbildung der System-Struktur
Smart Service Canvas [21]	Structure Model for smart PSS [22]
Modell zur Analyse und Entwicklung smarter PSS mit Fokus auf der Leistungserbringung unter Integration des Kunden. Nachteile: Keine Betrachtung der System-Strukturen und weiterer Stakeholder, keine Detaillierung von Daten- und Infoströmen	Modell zur kundenzentrierten und -integrierenden Entwicklung von produktorientierten Service-Systemen zwecks Aufbaus von Service-Ökosystemen. Relevanz der System-Stakeholder wird hervorgehoben, aber nicht weiter präzisiert. Nachteile: Service-getriebene Entwicklung, nur Kunden in der Stakeholderintegration
Information Flow Modeling [23]	FLOW-Modell [24]
Modell zur Darstellung und Analyse von daten- und informationsflussgetriebenen Systemen, wobei der Fokus auf Datenentstehung und -verwertung liegt. Nachteile: Keine direkte Berücksichtigung der Stakeholder sowie der Leistungserbringung durch das Netzwerk	Ansatz zur Beschreibung von daten- und informationsflussgetriebenen Systemen mit verschiedenen Akteuren. Fokus auf der Darstellung Aktivitäten und zugrundeliegenden Flüssen (Inputs & Outputs). Nachteile: Vernachlässigt Modellierung von Leistungserbringung
GEMINI-Modell [25]	
Methodik zur Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle ausgehend von existierenden Angebotsportfolios. Fokus liegt auf der Entwicklung des Leistungsangebots sowie der System-Struktur. Nachteile: Vernachlässigung wesentlicher Stakeholder, keine Detaillierung von Daten- und Infoströmen	

3.2. Aggregation und Clustern der smart PSS-Stakeholder

Die systematischen Literaturrecherchen und Untersuchungen von realen Use-Cases liefern eine breite Sammlung charakteristischer Akteure eines smart PSS, die häufig in smart PSS interagieren. Im Zuge dieser Arbeit werden die wesentlichen Akteure eines smart PSS verallgemeinert, voneinander abgegrenzt und in einer geordneten Sammlung präsentiert (siehe Tabelle 4). Hierdurch können idealtypische Akteure definiert werden, die durch ein oder mehrere Unternehmen besetzt werden können, um wesentliche Aktivitäten im Netzwerk zu übernehmen. Zusätzlich führen die Untersuchungen zur Identifikation und Definition von fünf übergeordneten Clustern: Kunde, Technologie-Anbieter, Lösungs-Integrator, Umwelt und Datenkommunikation.

Tabelle 4: Charakterisierung smart PSS Stakeholder

Cluster Kunde: Insbesondere in der deutschen Sprache wird Kunde häufig Synonym für den Kunden, Endkunden, Anwender, Konsument oder Begünstigten verwendet. Bei der Beschreibung von Wertschöpfungsnetzwerken ist es jedoch unerlässlich konsistent zu unterscheiden, da jeder Stakeholder sowohl Kunde als auch Anbieter sein kann. [26]
Eigentümer trägt das rechtliche Eigentum an dem Produkt-Bestandteil des PSS und übernimmt oftmals auch die Rolle des Systemmanagers (Orchestrators). [27]
Besitzer besitzt unmittelbar das Produkt und veranlasst dessen Betrieb. Er sorgt für die Realisierbarkeit der smart PSS Leistungen im Betrieb und verantwortet den technischen Bestandteil des smart PSS. [28]
Anwender ist der Endkunde, welcher die unmittelbare Erbringung des Leistungsversprechens erfährt. Deshalb sollten diese Akteure möglichst früh in den Entwicklungsprozess integriert werden und daran teilhaben. [28-30]
Cluster Technologie-Anbieter: Das Cluster zeichnet sich primär durch die Hersteller und Lieferanten aus. Ihre Motivation ein Bestandteil des Netzwerks zu sein übersteigt den reinen Produktvertrieb, da anhand der Informationen aus der Produktlebensphase <i>Betrieb</i> zusätzliche Wertschöpfung realisiert werden kann. [27]
Produkt-Hersteller (OEM) integriert Ressourcen zur Entstehung und zum Austausch von Produkten. Dabei muss die Produktspezifikation entlang der Lieferkette kommuniziert werden. Gleichzeitig obliegt ihm sicherzustellen, dass die Fähigkeiten der Datengenerierung und des -transfers umgesetzt werden. [11]

<p>Produkt-Nachrüster spezialisiert sich auf die Nachrüstung intelligenter Komponenten in bestehende Produkte sowie der Mensch-Maschine-Schnittstelle, wodurch die Vernetzung zwischen Maschine-Maschine und Mensch-Maschine ermöglicht werden. [7, 34, 35]</p>
<p>Ersatzteil-Lieferanten versorgen die Dienstleister und den Kunden mit notwendigen Ersatzteilen während des smart PSS Betriebs. [31, 36]</p>
<p>Lieferantennetzwerk umfasst die Lieferkette aus Level A-, Level B- und Level C-Lieferanten, welche den Produkt-Hersteller mit Komponenten und Bauteilen versorgen. Es umfasst alle Akteure, die Teile, Rohstoffe oder Komponenten an den Hersteller liefern. [31, 36]</p>
<p>Cluster Lösungsintegrator: Die Akteure in diesem Cluster sind verantwortlich für die Integration der einzelnen Akteure, Ressourcen und System-Bestandteile zwecks Leistungserbringung beim Anwender. [26]</p>
<p>Orchestrator nimmt eine zentrale Rolle in der Wertschöpfung ein, indem er die Aktivitäten und den Austausch zwischen den Akteuren innerhalb des Netzwerks koordiniert [37, 38]. Der Orchestrator führt beispielsweise das Service Management durch, garantiert die Verfügbarkeit und den Betrieb des Systems.</p>
<p>Dienstleister (physisch) übernimmt die Durchführung physischer Dienstleistungen (abseits und am Einsatzort), sowohl zentrale Leistungen des smart PSS als auch zusätzliche weitere Services.</p>
<p>Dienstleister (digital) übernimmt die Entwicklung und Bereitstellung des datenbasierten, digitalen Service und trägt damit maßgebend zur Leistungserbringung bei [28, 31, 34]. Dabei stehen die Entwicklung und Anwendung von Software-Anwendungen, -Erweiterungen sowie Sicherheitsfunktionen im Vordergrund.</p>
<p>Trainer bieten Kurse an, um Funktionalitäten und korrekte Anwendung des smart PSS zu vermitteln. [39, 40]</p>
<p>Help-Desk unterstützt die Datenkommunikation und bietet eine Schnittstelle zur Betreuung von IT-bezogenen Kundenanliegen.</p>
<p>Finanzdienstleister stellen die benötigten Finanzmittel zum Aufbau des smart PSS sowie zur Realisierung des Wertversprechens und sie ermöglichen die Umsetzung verschiedener Erlös- und Zahlungsmodelle. [37, 39]</p>
<p>Logistikdienstleister sorgen für den Transport relevanter Bestandteile innerhalb des Systems über die gesamte Lieferkette hinweg.</p>
<p>Vertriebs-Partner unterstützen den Verkauf des smart PSS und fördern die Kollaboration zwischen Kunden und dem Netzwerk, indem sie zum Wohle des Netzwerks handeln. Ebenso unterstützen sie bei der Auswahl und Vermittlung von für den Kunden geeigneter Services.</p>
<p>Cluster Datenkommunikation: Es beschreibt die notwendige Infrastruktur für den Datenaustausch zwischen den Stakeholdern innerhalb des Netzwerks. [31] Je nach der Umsetzung der Datenverwaltung als zentraler oder dezentraler Datenspeicher, können die folgenden Rollen sich auch in den anderen Clustern wiederfinden.</p>
<p>Daten-Marktplatz ist eine zentrale Umgebung an dem die im Netzwerk anfallenden Daten verwaltet und ausgetauscht werden. [11, 41] Gleichzeitig stellt der Betreiber die notwendige Software für den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Plattform. [32, 38]</p>
<p>Daten-Manager unterstützen die optimale Nutzung der Daten zur Leistungsbereitstellung durch die Akteure [34, 35]. Dies erfolgt durch die Sicherstellung einer angemessenen Verwaltung der Daten anhand von Konformitätsvereinbarungen.</p>
<p>Daten-Analysten untersuchen die auf dem Marktplatz verfügbaren Daten und Roh-Daten sowie beziehen externe Datenquellen ein, um relevante Anomalien oder neue Erkenntnisse aufzudecken und Erkenntnisse zu extrahieren. [31, 35, 41]</p>
<p>Daten-Eigentümer sind die rechtlichen Eigner der Daten, die sie produzieren, entsprechend bestimmen sie die Bedingungen für den Datenaustausch. [34, 42]</p>
<p>Daten-Abnehmer verarbeiten die verfügbaren Daten zwecks der Bereitstellung und Optimierung von Leistungen innerhalb des Netzwerks. [38, 42]</p>
<p>Daten-Verarbeiter sorgen sich um die Vorverarbeitung der anfallenden Roh-Daten, sodass diese auf dem Datenmarktplatz bereitgestellt werden können. [32, 42]</p>
<p>Daten-Host stellt die notwendige Hardware und Software für den Betrieb einer Daten-Plattform, welche mittels Server-Hosting oder Cloud-Hosting realisiert werden kann. [32, 36]</p>
<p>Anbieter Telekommunikation sorgt für die Bereitstellung der Internetanbindung und notwendigen Hardware (z. B. Ein- und Ausgabegeräte), wodurch eine kontinuierliche Kommunikation zwischen den Stakeholdern ermöglicht wird. [36]</p>
<p>Service Plattform stellt die grundlegende Infrastruktur für die Erbringung und Integration der Leistungen verschiedener Akteure zwecks Wertschöpfung bereit. [28, 38, 42]</p>

Cluster Umwelt: Dieses Cluster umfasst Akteure, die sich außerhalb des Netzwerks befinden und keine Schlüsselaktivität in der Wertschöpfung vollziehen, jedoch mit dem Netzwerk interagieren können. [26] Es besteht aus **Gesetzesgeber, Beratungen, Co-Innovation-Hubs, Normungsinstitute, Prüfeinrichtungen, Forschungseinrichtungen, Interessensvertreter, Konkurrenten** und **Nichtregierungsorganisationen**. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt nur eine Auflistung dieser Rollen ohne eine ausführliche Beschreibung, da sie für jede Unternehmung Bestand haben und keine besonderen smart PSS-Aspekte aufweisen.

3.3. Modellierungslogik für smart PSS-Wertschöpfungsnetzwerke

Aufbauend auf dem GEMINI-Modell [25] fließen die Erkenntnisse der Auswertungen in einem Vorgehen zur Modellierung des Wertschöpfungsnetzwerks smart PSS zusammen. Durch die Erweiterung und Anpassung des GEMINI-Modells entsteht eine Modellierungslogik, welche erlaubt, die Stakeholder von smarten PSS anhand der Leistungs-, Daten-, Informations- oder Finanzströme miteinander in Beziehung zu setzen und die Netzwerkstruktur abzubilden. Dabei können die Flüsse sowohl unidirektional als auch bidirektional wirken. Das Bild 2 verdeutlicht die Modellierungslogik mit dessen einzelnen Elementen.

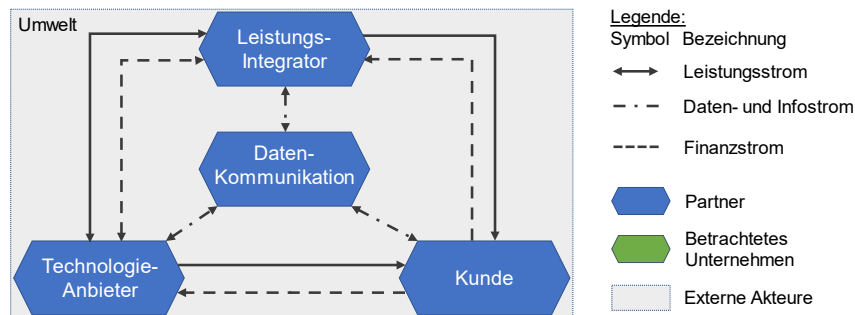


Bild 2: Modellierungslogik für das Wertschöpfungsnetzwerk von smart PSS

Leistungsflüsse: Diese Flüsse stehen im Zusammenhang und beschreiben die Leistungserbringung durch Produkte oder Dienstleistungen. Dabei können sowohl die Erbringer als auch die Empfänger verschiedene Stakeholder sein, wie Teilelieferanten oder Kunden.

Finanzflüsse: Sie stehen in direktem Zusammenhang mit dem Geschäftsmodell des smart PSS. Die Flüsse repräsentieren die geldliche Gegenleistung zur Leistungserbringung.

Daten- und Informationssflüsse: Insbesondere im Kontext der smart PSS nehmen die Datenströme eine maßgebende Rolle ein, da sie die Grundlage für die Wertschöpfung bilden und zeitgleich das größte Potential für zusätzliche Wertgenerierung darstellen. Der Fluss repräsentiert die kommunikative Beziehung zwischen den Akteuren, wobei verschiedene Arten von Daten und Informationen übertragen werden können.

3.4. Konzeptuelle Validierung durch Experten

Um die Anwendbarkeit und Nützlichkeit der Modellierungslogik sicherzustellen wird ein zwei-stufiges Vorgehen verfolgt: 1) eine konzeptuelle Validierung durch Experten am realen Use-Case und 2) die Anwendung des Vorgehens im Rahmen einer industriellen Case-Study. Hierbei erfolgte die konzeptuelle Validierung durch Anwendung der Modellierungslogik auf den realen smart PSS Use-Case „HP Smart Device Service“. Dies ist eine anwendungsorientierte Lösung für das Kopieren und Drucken von Farb- sowie Schwarz-Weiss-Kopien, welche von HP Enterprises entwickelt und vertrieben wird. Dabei verbleibt der Drucker im Eigentum von HP und wird im Rahmen eines Nutzungsvertrags in den Besitz des Kunden zur Nutzung überlassen. Der Kunde kann unter Verwendung seiner Zugangsdaten den Drucker in vollem Umfang nutzen. Hierbei ist der Drucker zwecks Monitorings stets an das Internet angebunden. Die Überwachung des Druckers und das Drucker-Management erfolgt durch Managed Print Services (MPS). Das MPS Monitor fungiert als Cloud-Lösung und stellt die Software für die

Zustands- und Prozessüberwachung bereit. Die benötigte Datenkommunikation wird durch ein Hosting auf Amazon Web Services ermöglicht, die Infrastruktur und Hardware werden durch die Telekom bereitgestellt. Die Zustandsüberwachung löst im Falle eines Fehlers ein Ticket aus, das automatisiert verarbeitet wird und eine passende Dienstleistung abrufen.

Als Lösungsintegrator agiert HP im Netzwerk und koordiniert die beteiligten Parteien durch eine zentrale Stelle. Darunter fallen unter anderem die Bereitstellung und Versorgung der Kunden mit Ersatzteilen oder Verbrauchsmitteln. Hierfür kooperiert HP mit einem umfassenden Lieferanten-Netzwerk, in welchem Jabil Circuit Inc. als Hauptlieferant auftritt und sowohl Hard- als auch Software-Komponenten zuliefert. Zusätzlich bietet HP in Kooperation mit lokalen HP Partnern, wie z. B. HP Deutschland Böblingen, eine Vielzahl digitaler und physischer Services rund um den Drucker an, wie einen Help-Desk, Anwender-Schulungen und Büroraumplanung. Bild 3 überträgt diese Beziehungen mittels der ausgearbeiteten Modellierungslogik in eine visuelle Darstellung.

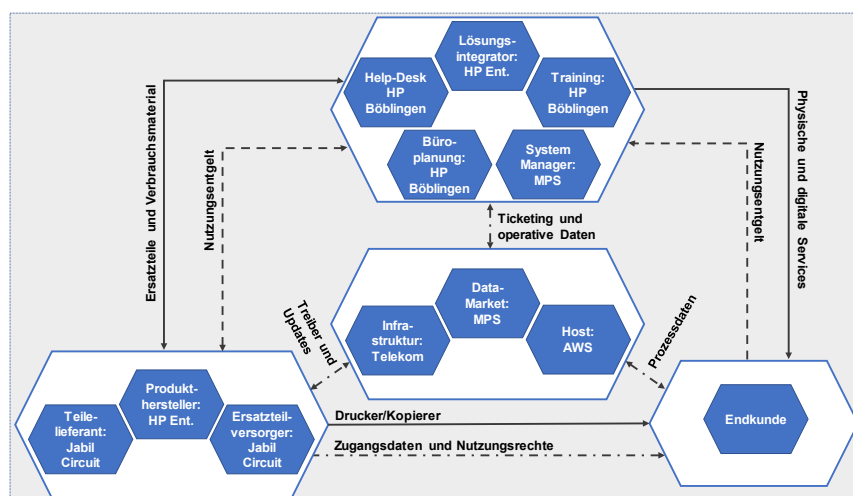


Bild 3: Modellierung des Use-Cases HP Smart Device Services

Die Anwendung der Modellierungslogik sowie die damit einhergehende konzeptuelle Validierung wurde gemeinsam mit Experten aus 5 deutschen KMUs sowie zwei weiteren Forschungseinrichtungen wiederholt. Dabei wurden das Vorgehen, die Stakeholder-Cluster mit den zugehörigen Akteuren und deren Beziehungen vorgestellt. Anschließend wurden in einer offenen Diskussion die Nützlichkeit, Anwendbarkeit und Verbesserungsimpulse abgefragt. Das Feedback der Experten wurde ausgewertet und lieferte eine Grundlage für die Verbesserung des Modells, welche in dem aktuellen Stand integriert ist. Hierbei wurden zusätzliche Stakeholder ergänzt und einzelne Akteure präzisiert, wie beispielsweise die Differenzierung zwischen Ersatzteil-Lieferant und Lieferantennetzwerk.

Insgesamt fiel das Feedback positiv aus und sowohl die Nützlichkeit als auch die Anwendbarkeit des Modellierungsvorgehens wurden durch die Experten bestätigt. Die überarbeitete Version des Modellierungsansatzes wird in Abstimmung mit den Industrie-Experten zur Evaluation vorbereitet, sodass im Rahmen von Workshops die smart PSS zweier KMUs anhand der Logik modelliert werden.

4. Diskussion und Fazit

Das Modellierungsvorgehen erlaubt den Aufbau und die Strukturierung des smart PSS Wertschöpfungsnetzwerks, sowohl während der Entwicklung neuer smart PSS als auch bereits bestehender Netzwerke. Dabei ermöglicht es die Darstellung und Kommunikation wesentlicher Akteure sowie das Offenlegen potentieller Mehrwerte innerhalb des Netzwerks und entlang der Wertschöpfungskette. Zusätzlich können die zentralen Elemente der

Leistungserbringung im smart PSS (Daten- und Informationsbedarfe) erfasst werden, wodurch eine ziel- und handlungsorientierte Entwicklung von Produkt und Service unterstützt werden.

Nach Engelhardt und Wangler [33] zählen zu den Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen: Eine klare Kommunikation des Angebots, der zugehörigen Zielgruppen, der miteinander vernetzten Akteure und des jeweils verfolgten Ziels. Die Ergebnisse dieser Arbeit tragen genau zu diesen Faktoren bei. Die erarbeitete Modellierungslogik unterstützt Unternehmen dabei ein besseres Verständnis für die Funktionsweise und die Potenziale des Wertschöpfungs-netzwerkes smarter PSS zu erlangen, zielgerichtet smart PSS zu entwickeln und strukturierte Geschäftsmodelle auszuarbeiten. Durch die Erfassung wesentlicher Akteure können potentielle Kooperationen und Mehrwerte entlang der Wertschöpfungskette offengelegt werden. Zusätzlich erlaubt das Modell das Aufdecken möglicher Schwachstellen und Optimierungspotentiale in der Leistungserbringung. Hierdurch wird ermöglicht sowohl beim Kunden als auch entlang der Wertschöpfungskette einen höheren Mehrwert zu generieren.

Ausgehend von der vorgestellten Modellierungslogik können in der Zukunft weitere Elemente und Bestandteile hinzugefügt werden. Beispielsweise kann durch zukünftige Forschung eine Vertiefung des Modells von System auf Organisationsebene angestrebt werden, um die die internen Stakeholder innerhalb eines Unternehmens zu erfassen. Hierdurch können potentielle Synergien zwischen den Entwicklungs-Teams verschiedener Unternehmen offenbart werden. Zusätzlich kann das Modell durch eine ausführliche Modellierung der Daten- und Informationsströme erweitert werden, da die Daten die Grundlage für die Wertschöpfung im smart PSS darstellen. Ebenso können anhand der Modellierung die Datenverfügbarkeit und der Datenbedarf definiert werden, wodurch die beteiligten Stakeholder zusätzliche Services entwickeln und anbieten können. Für beide Forschungsrichtungen ist eine enge Zusammenarbeit mit der Praxis und eine Evaluation der Ergebnisse durch Experten unerlässlich, um die Relevanz und Anwendbarkeit in der Realität zu gewährleisten.

Danksagung

Diese Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung durch das Forschungsprojekt „bi.smart“ (Förderkennzeichen: 02J19B041) gefördert.

Literaturverzeichnis

- [1] Schiller, Christian; Friedrich, Michaela; Bucharth, Simon: Dissemination of smart product-service systems in the corporate world. In: *The Human Side of Service Engineering: AHFE International*, 2022, S. 279 - 285.
- [2] Verhoef, Peter et al. (2021): Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. In: *Journal of Business Research* 122, S. 889-901.
- [3] Goedkoop, Mark et al.: *Product Service systems, Ecological and Economic Basics*, 1999.
- [4] Valencia, Ana et al.: Challenges in the design of smart product-service systems (PSSs): Experiences from practitioners. In: *Proceedings of the 19th DMI: Academic Design Management Conference*, 2014.
- [5] Chowdhury, Soumitra; Haftor, Darek; Pashkevich, Natallia: Smart Product-Service Systems in Industrial Firms: A Literature Review. In: *Procedia CIRP* 73 (2018), S. 26-31.
- [6] Mont, O.K: Clarifying the concept of product-service system. In: *Journal of Cleaner Production* 10 (2002), Nr. 3, S. 237-245.
- [7] Kölsch, Patrick: *Agile Planung von Produkt-Service Systemen durch den Einsatz von Design Thinking*. Kaiserslautern, 2022. (Produktionstechnische Berichte aus dem FBK 2022, Band 01)
- [8] Meier, H.; Roy, R.; Seliger, G.: *Industrial Product-Service Systems—IPS 2*, 2010 (59), S. 607-627.
- [9] Paliyenko, Yevgeni et al.: Inquiry and Analysis of Challenges in the Development of Smart Product-Service Systems. In: *Proceedings of the Design Society (2022)*, S. 1935-1944.
- [10] Forte, Sven et al.: *Enabling Collaborative Lifecycle Engineering of Smart Products and Services by an Adaptive Innovation Infrastructure*. Cham: Springer, 2022, S. 347-357.
- [11] Martin, Dominik et al.: A Reference Architecture for Cyber-Physical Fluid Power Systems: Towards a Smart Ecosystem. In: *International Fluid Power Conference 12 (2020)*. S. 35-43.
- [12] Zheng, Maokuan et al.: Status Review and Future Perspectives on the Framework of Smart Product Service Ecosystem. In: *Procedia CIRP* 64 (2017), S. 181-186.

- [13] Idrissi, Nawfal Anka; Boucher, Xavier; Medini, Khaled: Generic Conceptual Model to Support PSS Design Processes. In: *Procedia CIRP* 64 (2017), S. 235–240.
- [14] Haber, Nicolas; Fagnoli, Mario: Design for product-service systems: a procedure to enhance functional integration of product-service offerings. In: *International Journal of Product Development* (2017), S. 135-164.
- [15] Sarancic, David et al.: Designing sustainable product-service systems: A generic process model for the early stages. In: *Sustainable Production and Consumption* 36 (2023). S. 397–414.
- [16] Biedermann et al.: *Forschungsmethodik in den Ingenieurwissenschaften*. Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung, München, 2012.
- [17] Frank, Ulrich; van Laak, Bodo L.: *Anforderungen an Sprachen zur Modellierung von Geschäftsprozessen*: Koblenz: Universität Koblenz-Landau, Institut für Wirtschaftsinformatik, 2003
- [18] Paliyenko, Yevgeni et al.: Requieremetns for a Smart Product Service System Development Framework. In: *Proceedings of the Design Society 3* (2023), S. 3085–3094
- [19] Sala, Roberto et al.: Decision-Support System-based Service Delivery in the PSS Context: Literature Review and Gap Analysis. In: *Procedia CIRP* 83 (2019), S. 126–131.
- [20] Boßlau, Mario: Business Model Engineering for Smart Product-Service Systems. In: *Procedia CIRP* 104 (2021), S. 565–570.
- [21] Poeppelbuss, Jens; Durst, Carolin: Smart Service Canvas – A tool for analyzing and designing smart product-service systems. In: *Procedia CIRP* 83 (2019), S. 324–329.
- [22] Vargo, Stephen L.; Lusch, Robert F.: Institutions and axioms: an extension and update of service-dominant logic. In: *Journal of the Academy of Marketing Science* 44 (2016), Nr. 1, S. 5–23.
- [23] Bastos, C.A.M et al.: Information Flow Modeling. A Tool to Support the Integrated Management of Information and Knowledge. In *Proceedings of the International Conference on Knowledge Management and Information Sharing* (2014), S. 76-86.
- [24] Stapel, Kai; Schneider, Kurt: *FLOW-Methode - Methodenbeschreibung zur Anwendung von FLOW*, 2012.
- [25] Echterhoff, Benedikt: *Methodik zur Einführung innovativer Geschäftsmodelle in etablierten Unternehmen*. Paderborn: Heinx Nixdorf Institut, Band 387, 2018, S. 89-101.
- [26] Floerecke, Sebastian: *Cloud-Computing-Ökosystem – Entwicklung eines Ökosystemmodells und Identifikation von erfolgswirksamen Geschäftsmodellcharakteristika*, 2019.
- [27] Falk, Svenja et al.: *Wertschöpfungsnetzwerke als Grundlage für digitale Geschäftsmodelle* (2021).
- [28] Anke, Jürgen; Poeppelbuss, Jens; Alt, Rainer: *Joining Forces: Understanding Organizational Roles in Inter-organizational Smart Service Systems Engineering*. 2020, S. 939–954.
- [29] Stecken, Jannis et al.: Digital Shadow Platform as an Innovative Business Model. In: *Procedia CIRP* 83 (2019), S. 204–209.
- [30] Mennenga, Mark et al.: Architecture and development approach for integrated cyber-physical production-service systems (CPPSS). In: *Procedia CIRP* 90 (2020), S. 742–747.
- [31] Reinhold, Jannik; Koldewey, Christian; Dumitrescu, Roman: Value Creation Framework and Roles for Smart Services. In: *Procedia CIRP* 109 (2022), S. 413–418.
- [32] Lindman, Juho; Kinnari, Tomi; Rossi, Matti: Business Roles in the Emerging Open-Data Ecosystem. In: *IEEE Software* 33 (2016), Nr. 5, S. 54–59.
- [33] Engelhardt, Sebastian; Wangler, Leo; Wischmann, Steffen: *Eigenschaften und Erfolgsfaktoren digitaler Plattformen. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)*, 2017.
- [34] Immonen, Anne; Ovaska, Eila; Paaso, Tuomas: Towards certified open data in digital service ecosystems. In: *Software Quality Journal* 26 (2018), Nr. 4, S. 1257–1297.
- [35] Lim, Chiehyeon et al.: From data to value: A nine-factor framework for data-based value creation in information-intensive services. In: *International Journal of Information Management* 39 (2018), S. 121–135.
- [36] Gelhaar, Joshua; Otto, Boris.: *Challenges in the Emergence of Data Ecosystems: Challenges in the Emergence of Data Ecosystems*. Systems, Dubai, UAE, (2020), S. 1-14.
- [37] Blaschke, Michael et al.: Design principles for digital value co-creation networks: a service-dominant logic perspective. In: *Electronic Markets* 29 (2019), Nr. 3, S. 443–472.
- [38] Azkan, Can et al.: Service Dominant Logic Perspective on Data Ecosystems - A Case Study based Morphology. In: *28th European Conference on Information Systems, Marakesh, Marokko*, (2020). S. 1-19.
- [39] Ferreira, Fabiana et al.: The transition from products to solutions: External business model fit and dynamics. In: *Industrial Marketing Management* 42 (2013), Nr. 7, S. 1093–1101.
- [40] Weking, Jörg et al.: Leveraging industry 4.0 – A business model pattern framework. In: *International Journal of Production Economics* 225 (2020), S. 1-17.
- [41] Senn, Tim: *Gestaltung Von Digitalisierten Service Ecosystems*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, (2020).
- [42] Otto, Boris; Jarke, Matthias: Designing a multi-sided data platform: findings from the International Data Spaces case. In: *Electronic Markets* 29 (2019), Nr. 4, S. 561–580.