

Status quo und Anforderungen an die Bewertung des Mehrwerts von Smart Services für Anwender

# Einführung von Smart Services in der Produktion

M. Schneider, E. Gross, T. Bauernhansl

**ZUSAMMENFASSUNG** Der unklare Mehrwert von Smart Services in der Produktion ist ein zentrales Hemmnis für deren Einsatz in produzierenden Unternehmen. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) benötigen aufgrund begrenzter Ressourcen eine zuverlässige Bewertung, um Investitionsentscheidungen abzusichern. In diesem Beitrag werden Anforderungen an eine Methodik zur Bewertung von Smart Services identifiziert, bestehende Ansätze bewertet und relevante Bausteine einer Methodik diskutiert.

## STICHWÖRTER

Digitalisierung, Investitionsplanung, Produktionsmanagement

## Implementation of smart services in manufacturing – Status quo and requirements for evaluating the added value of smart services for users

**ABSTRACT** The unclear added value of smart services in production is a key obstacle to their use in manufacturing companies. Due to limited resources, a reliable evaluation is particularly important for small and medium-sized enterprises (SMEs) to allow for secure investment decisions. This paper identifies requirements for a methodology to evaluate smart services, assesses existing approaches, and discusses relevant elements of a methodology.

## 1 Ausgangssituation und Motivation

Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes agieren in einem volatilen, unsicheren, komplexen und ambigen (VUKA) Umfeld [1]. Insbesondere produzierende Unternehmen müssen in einem Spannungsfeld bestehender Herausforderungen, wie der zunehmenden Globalisierung und dem daraus resultierenden Wettbewerbs- und Kostendruck sowie verkürzten Produktlebenszyklen und steigenden Variantenzahlen, in einem komplexen und mit hohen Unsicherheiten behafteten Umfeld erfolgreich agieren [2]. Diese steigende Komplexität zwingt produzierende Unternehmen, ihre Planungs- und Organisationsstrukturen weiter auszubauen, um sich schnell und wirtschaftlich an veränderte Rahmenbedingungen anpassen zu können [3]. Optimierungspotenziale sowie die Ursachen von Problemen sind aufgrund der komplexen Zusammenhänge nicht einfach zu identifizieren. So gelangen klassische Methoden an ihre Grenzen und die industrielle Wertschöpfung muss neu gedacht werden. Um den steigenden Herausforderungen gerecht zu werden und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten oder auszubauen, ist die Digitalisierung in produzierenden Unternehmen zwingend notwendig [4]. Die Sammlung und Verarbeitung von Daten in der Produktion zur Optimierung von Produkten, Prozessen und Systemen ist ein entscheidender Faktor auf dem Weg zur operativen Exzellenz [5].

In diesem Kontext bieten Smart Services hohe Potenziale für produzierende Unternehmen und sind essenziell für den Unternehmenserfolg. Den Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe ist die Bedeutung der durchgängigen Digitalisierung bewusst, dennoch stagniert die Umsetzung von Smart Services in der Produktion in vielen Unternehmen [6]. Die bislang geringe Verbreitung

von Smart Services in der Produktion, vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), ist auf eine Reihe von Herausforderungen zurückzuführen. In vielen Fällen ist für die Unternehmen der wirtschaftliche Mehrwert von Smart Services nicht erkennbar [7, 8]. Dies liegt zum einen daran, dass der Aufwand für die Einführung von Smart Services schwer abzuschätzen ist [4] und zum anderen, dass die Nutzenpotenziale verschiedener Smart Services oftmals unklar sind [9]. Gerade bei KMU, die ohnehin nur über begrenzte Ressourcen verfügen, führt dies zu einem hohen finanziellen Risiko und in der Folge unterbleiben Investitionen in Smart Services [10–12].

Darüber hinaus fehlt es den Unternehmen an Fachkräften für die Einführung und den Betrieb der Smart Services. Dies betrifft sowohl fehlende Kompetenzen im Bereich der Digitalisierung als auch begrenzte Kapazitäten der Mitarbeiter im Unternehmen [10]. Mitarbeiter mit entsprechenden Kompetenzen, vor allem im IT (Information Technology)- und OT (Operation Technology)-Bereich, sind meist stark in das operative Tagesgeschäft eingebunden und haben nur begrenzte Kapazitäten für Optimierungsprojekte.

Ein weiterer Aspekt ist der Reifegrad des Unternehmens in Bezug auf Smart Services. Beim organisatorischen Reifegrad müssen viele Unternehmen noch an der Prozessharmonisierung und Standardisierung arbeiten, bevor eine Digitalisierung erfolgen kann [4, 9]. Damit einher geht der technologische Reifegrad in Bezug auf Infrastruktur und technische Standards. Unternehmen benötigen eine Basisdigitalisierung und Schnittstellen zu relevanten Maschinen und Systemen [12]. Die Auswahl der passenden technischen Lösung ist eine weitere Herausforderung. Zahlrei-

Anbieterperspektive	Anwenderperspektive
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Externer Fokus               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ auf die Kunden gerichtet</li> <li>▪ Entwicklung/Produktmanagement verantwortlich</li> </ul> </li> <li>▪ Primäre Ziele               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Umsatzsteigerung</li> <li>▪ Kundenbindung</li> <li>▪ Diversifikation vom Wettbewerb</li> <li>▪ Sicherung/Zugewinn Marktanteile</li> </ul> </li> <li>▪ Schwerpunkte bei Umsetzung               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kundenanalyse</li> <li>▪ Angebotsdefinition</li> <li>▪ Geschäftsmodellentwicklung</li> <li>▪ Technische Umsetzung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interner Fokus               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ auf das eigene Unternehmen gerichtet</li> <li>▪ Produktion/Prozessoptimierung verantwortlich</li> </ul> </li> <li>▪ Primäre Ziele               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effizienz- und Produktivitätssteigerung</li> <li>▪ Kostenreduktion</li> <li>▪ Werkerunterstützung</li> <li>▪ Flexibilitätserhöhung</li> </ul> </li> <li>▪ Schwerpunkte bei Umsetzung               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Interne Prozessanalyse</li> <li>▪ Anforderungsdefinition</li> <li>▪ Mehrwertbewertung</li> <li>▪ Technische Umsetzung</li> </ul> </li> </ul>

Bild 1. Betrachtung von Smart Services aus Anbieter- und Anwenderperspektive. Grafik: Fraunhofer IPA

chen Unternehmen mangelt es an Transparenz über bestehende Lösungsmöglichkeiten und Technologien [9, 11].

Zusammenfassend ist festzustellen, dass den Unternehmen ein pragmatisches und strukturiertes Vorgehen zur fundierten Bewertung des Mehrwerts und der Auswahl von Smart Services in der Produktion fehlt. Insbesondere KMU benötigen hier ein methodisches Vorgehen, um Entscheidungssicherheit bei der Einführung von Smart Services zu erlangen und die begrenzten Ressourcen zielgerichtet und risikoarm einzusetzen [4, 8].

Viele Forschungsprojekte und wissenschaftliche Publikationen fokussieren derzeit die Gestaltung von Smart Services aus der Anbieterperspektive, etwa bei der Transformation eines Maschinen- und Anlagenbauers vom klassischen Hardwareanbieter zum Anbieter von Produkt-Service-Systemen (PSS) [13, 14]. Die Betrachtung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion aus Anwenderperspektive findet nur wenig Berücksichtigung [13]. So entsteht eine Lücke, da die Anwender von Smart Services aufgrund der unzureichenden Unterstützung das wachsende Angebot nicht wahrnehmen. Es ist dringend nötig, auch bei den Anwendern von Smart Services das Bewusstsein für den Mehrwert von Investitionen in Smart Services zu schärfen und diese beim Auswahlprozess zu unterstützen. Gelingt dies nicht, wird die Umsetzung von Smart Services lediglich Großunternehmen vorbehalten bleiben, die über ausreichend Kapital verfügen. Smart Services werden sich dann im KMU-Bereich, der die Breite der deutschen Wirtschaft ausmacht, nicht etablieren.

Um die Entwicklung einer Methodik zur Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion zu unterstützen, identifiziert dieser Beitrag in einem ersten Schritt Anforderungen an die Bewertung von Smart Services aus Anwendersicht und bewertet bestehende Ansätze zum Einsatz von Smart Services in der Produktion. Aus der Bewertung werden anschließend Bausteine für die Methodik abgeleitet und weitere Handlungsfelder für die Detaillierung der Methodik definiert. Die Methodik verfolgt das Ziel, produzierende Unternehmen bei der Umsetzung von Smart Services zu unterstützen.

## 2 Grundlagen zu Smart Services

Um die Grundlagen für Smart Services im Produktionskontext zu erläutern, erfolgt zunächst eine Definition und Beschreibung der Grundbestandteile von Smart Services. Anschließend werden die Potenziale von Smart Services aufgezeigt und die Ziele aus Anbieter- und Anwendersicht gegenübergestellt. Abschließend werden verschiedene Komplexitätsstufen von Smart Services und relevante Beispiele für die Produktion betrachtet.

Für „Smart Service“ gibt es in der wissenschaftlichen Literatur keine einheitlich festgelegte Definition. Im Sprachgebrauch existieren einige Begriffe wie „Digitale Services“, „Industrie-4.0-Anwendungsfälle“ oder „IoT- beziehungsweise IIoT-Use-Cases“, die teilweise synonym verwendet werden. In diesem Beitrag werden unter Smart Services datenbasierte, individuell konfigurierbare Dienstleistungsangebote verstanden, die Daten aus digital vernetzten physischen Objekten, sogenannten Smart Products, aggregieren, über integrierte Plattformen organisieren und bereitstellen, und auf dieser Basis einen Mehrwert generieren [15–17]. Dabei haben Smart Services vier Grundbestandteile:

- Bestandteile von Smart Services sind physische Objekte, die Daten erzeugen oder Informationen verarbeiten [15, 18].
- Smart Services verarbeiten und nutzen Daten, um aus den gewonnenen Informationen Mehrwerte zu generieren [16].
- Smart Services benötigen eine technische Infrastruktur in Form von digitalen Plattformen, um erfolgreich und skalierbar umgesetzt zu werden [17, 18].
- Smart Services können ein Geschäftsmodell umfassen [18].

Je nachdem, ob Smart Services aus der Anbieter- oder aus der Anwenderperspektive betrachtet werden, unterscheiden sich die Ausprägung der Grundbestandteile von Smart Services. Aus der Anbietersicht ist die Entwicklung von Geschäftsmodellen und die damit verbundene Ertragslogik und das Wertversprechen für Kunden ein zentraler Aspekt. Aus der Anwendersicht spielen die eigene technische Infrastruktur sowie die Datengewinnung und Datenverarbeitung zur internen Optimierung eine übergeordnete Rolle. Grundsätzliche Unterschiede bei der Betrachtung von Smart Services aus den beiden Perspektiven sind auf Basis von

Projekterfahrungen des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in **Bild 1** dargestellt.

Trotz der Unterschiede zwischen den beiden Perspektiven ist es wichtig, dass Anbieter von Smart Services auch die Perspektive der Anwender einnehmen, um relevante Anforderungen zu identifizieren und die Lösung nutzerorientiert zu entwickeln. Für produzierende Unternehmen als Anwenderunternehmen bringen Smart Services eine Reihe von Potenzialen, die essenziell für den Unternehmenserfolg sind. Smart Services erlauben die Steigerung der innerbetrieblichen Effizienz und einen Produktivitätszuwachs von insgesamt 30% [19]. Außerdem ermöglichen Smart Services eine signifikante Reduktion der Produktionskosten [20]. Die mit der Einführung von Smart Services einhergehende Prozessoptimierung und Unterstützung der Werker wirkt dem Fachkräftemangel positiv entgegen [6, 20]. Durch die Implementierung von Smart Services wird eine Datentransparenz geschaffen [4], die als Grundlage für Optimierungen, beispielsweise einer CO<sub>2</sub>-Reduktion, dient. Das ermöglicht datenbasierte Vorhersagen [21] und Entscheidungen in Echtzeit [22], beispielsweise zur Steigerung der operativen Resilienz. Darüber hinaus bieten Smart Services die Möglichkeit zur Umsetzung neuer datenbasierter Mehrwertdienste und Geschäftsmodelle [4, 22].

Smart Services umfassen ein breites Spektrum an Digitalisierungslösungen, die unterschiedliche betriebliche Ziele verfolgen und auf unterschiedliche Weise von Anwenderunternehmen genutzt werden können, zum Beispiel durch Einmalkauf oder durch die Nutzung von serviceorientierten Geschäftsmodellen. Beispiele häufig umgesetzter Smart Services sind das Monitoring von Qualitätskennzahlen, eine OEE (Overall Equipment Effectiveness)-Optimierung durch Überwachung der Maschinenaktivität, Predictive Maintenance oder Smart Services zur Optimierung des Energieverbrauchs durch ein Energieverbrauchsmonitoring in Kombination mit einer intelligenten Lastverschiebung. So gibt es Smart Services, die auf die Erfassung und Darstellung von Daten fokussieren, Smart Services, welche eine Analyse von Daten aus unterschiedlichen Datenquellen adressieren oder Smart Services, die auf Basis vorhandener Daten, etwa durch Machine-Learning-Algorithmen, eine autonome Entscheidungsfindung unterstützen. **Bild 2** zeigt einige charakteristische Smart Services aus Projekten des Fraunhofer IPA.

Smart Services lassen sich in verschiedene Komplexitätsstufen einteilen. Charakteristisch ist, dass mit steigendem Nutzen von Smart Services oft auch die Komplexität zunimmt. Produzierende Unternehmen starten meist mit weniger komplexen Smart Services, um Erfahrungen zu sammeln, und erweitern die Smart

### Relevante Smart Services

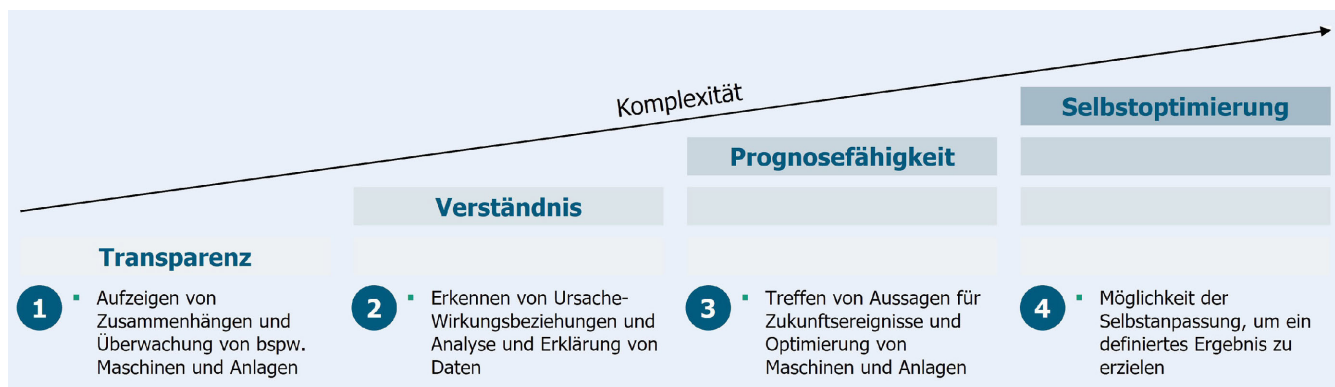
- 1 Monitoring von Qualitätskennzahlen
- 2 OEE-Optimierung durch Überwachung der Maschinenaktivitäten
- 3 Condition Monitoring von Verschleißteilen
- 4 Predictive Maintenance
- 5 Ermittlung von CO<sub>2</sub>-Emissionen
- 6 Energieverbrauchs-Monitoring
- 7 Intelligente Lastverschiebung
- 8 Transparenter Maschinen- und Produktauftragsstatus
- 9 Digitale Maschinenverwaltung
- 10 Remote-Zugriff und Remote Service

**Bild 2.** Relevante Smart Services für produzierende Unternehmen. Grafik: Fraunhofer IPA

Services sukzessive. Einfache Smart Services schaffen Transparenz durch das Aufzeigen von Zusammenhängen. In einem weiteren Schritt erzeugt der Einsatz von Smart Services Verständnis, indem Ursache-Wirkungszusammenhänge erkannt und Daten diagnostisch analysiert werden. Eine weitere Stufe ist die Prognosefähigkeit. Smart Services auf dieser Stufe können Aussagen über zukünftige Ereignisse treffen und so den Betrieb einer Anlage optimieren. In der letzten Komplexitätsstufe, der Selbstoptimierung, ermöglicht der Smart Service eine Selbstanpassung, um ein definiertes Ergebnis zu erreichen [21, 22]. Eine Übersicht der Komplexitätsstufen von Smart Services bietet **Bild 3**.

### 3 Beschreibung des Vorgehens zur systematischen Literaturanalyse

Das übergeordnete Ziel ist die Entwicklung einer Methodik, die es produzierenden Unternehmen, vor allem KMU, ermöglicht, den Mehrwert von Smart Services in der Produktion zu identifizieren und auf dieser Basis eine fundierte Auswahlentscheidung zu treffen. Vor diesem Hintergrund werden, gemäß dem gestaltungsorientierten Forschungsansatz des Design Science Research, relevante Herausforderungen und Anforderungen an die Methodik aus der Wissenschaft zu diesem Thema erhoben und zu einem späteren Zeitpunkt in der Praxis validiert [23].



**Bild 3.** Übersicht der Komplexitätsstufen von Smart Services. Grafik: in Anlehnung an [21, 22]

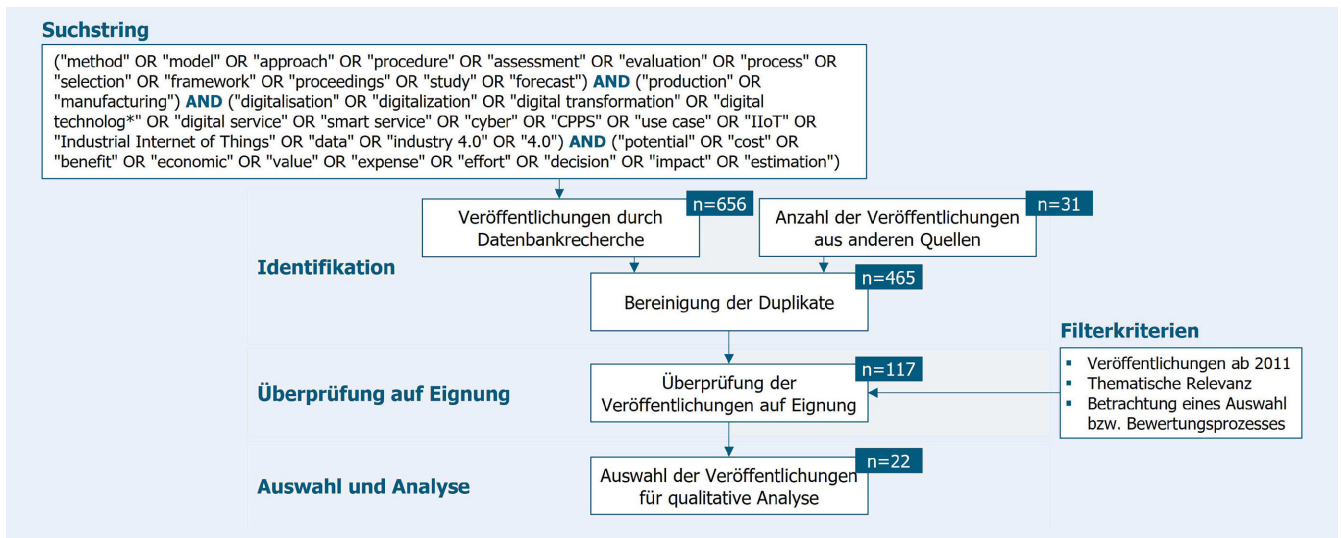


Bild 4. Systematische Literaturanalyse in Anlehnung an das Prisma-Verfahren. Grafik: in Anlehnung an [24]

Im Rahmen der Identifikation von Anforderungen an eine Methodik zur Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion wird eine systematische Literaturanalyse nach der „Prisma“-Methode durchgeführt [24]. Dazu werden die Datenbanken Scopus, Web of Science, IEEEExplore und ACM systematisch mit einem definierten Suchstring durchsucht. Der Suchstring besteht aus vier Komponenten, die den Betrachtungsraum eingrenzen und mit dem booleschen Operator „AND“ verknüpft werden. Die vier Komponenten stellen sicher, dass es sich um einen methodischen Ansatz handelt, der Betrachtungsbereich auf die Produktion beschränkt ist, Smart Services im weiteren Sinne betrachtet werden und eine Bewertung von Aufwand, Nutzen oder Potenzialen stattfindet. Innerhalb der Komponenten werden verschiedene Synonyme und ähnliche Begriffe mit dem Operator „OR“ verknüpft. Der Suchstring soll gewährleisten, dass nur Publikationen gefunden werden, die sich im weiteren Sinne mit einer Methode zur Betrachtung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion beschäftigen. Standardmethoden der Kostenrechnung, Investitions- oder ROI-Berechnungen werden nicht berücksichtigt, da sie nicht auf die spezifische Fragestellung ausgerichtet sind und davon auszugehen ist, dass weiterführende Ansätze auf diesen Standardmethoden aufbauen.

Neben der Datenbankrecherche werden auch relevante Dissertationen recherchiert, die nicht in den Datenbanken enthalten sind. Nach der Identifikation der Publikationen werden die Duplikate entfernt. Zunächst werden alle Publikationen entfernt, die älter als 2011 sind, da die Einführung des Begriffs Industrie 4.0 in diesem Jahr erfolgte und ältere Publikationen aufgrund des begrenzten technologischen Fortschritts zu dieser Zeit und der hohen Dynamik in diesem Themenbereich nicht relevant sind. Danach werden alle Publikationen entfernt, die im weiteren Sinne nicht mit dem Themenfeld Smart Services in der Produktion in Verbindung stehen. In der letzten Filterstufe werden alle Publikationen entfernt, die sich nicht mit einem Auswahl- oder Bewertungsprozess von Smart Services im weiteren Sinne in der Produktion beschäftigen. Bild 4 zeigt die Vorgehensweise in Anlehnung an das Prisma-Verfahren.

## 4 Anforderungsdefinition an die Methodik und Bewertung bestehender Ansätze

### 4.1 Anforderungsdefinition an die Methodik

Mit der systematischen Literaturanalyse gemäß Prisma-Methode wurden insgesamt 687 Publikationen identifiziert. Nach der Bereinigung um Duplikate, der Filterung nach Jahrgängen und der Eingrenzung auf das Themenfeld Smart Services in der Produktion im weiteren Sinne verblieben 117 Veröffentlichungen. Nach der Prüfung auf Eignung zur Betrachtung eines Auswahl- beziehungsweise Bewertungsprozesses verblieben 22 Publikationen für die qualitative Analyse. Aus diesen wurden acht Anforderungen identifiziert, die eine Methodik zur Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion erfüllen muss. Diese Anforderungen wurden aus den vorliegenden Publikationen qualitativ erhoben. Die ausgewählten und analysierten Publikationen wurden anschließend anhand der Anforderungen mit dreistufigen Harvey-Balls bewertet. Auf Basis der Anforderungen und der Bewertung der bestehenden Ansätze wurden Bausteine für die Methodik und weitere Forschungsbedarfe zur Detaillierung abgeleitet.

Die Anforderungen sind unterteilt in Anforderungen an den Betrachtungsbereich und Anforderungen an den Zielbereich. Die Anforderungen an den Betrachtungsbereich sind folgende:

- Smart Services:

Die Methodik bezieht sich ausschließlich auf Smart Services, wie sie zu Beginn dieses Beitrags definiert wurden [25]. Sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass ein Smart Product, wie etwa eine Maschine oder Anlage, ein Sensor oder ein anderes Equipment, Daten erfasst, auf deren Basis der Smart Service aufbaut. Andernfalls wäre der Betrachtungsumfang zu groß und die Methodik zu umfangreich für den pragmatischen Einsatz in produzierenden Unternehmen.

- Anwenderperspektive:

Die Methodik soll ausschließlich die Bewertung des Mehrwerts von Smart Services aus Sicht des Anwenders mit entsprechenden Zielgrößen betrachten [26]. Insofern ist die Entwicklung eines Geschäftsmodells für die Betrachtung nicht relevant. Die Nutzung verschiedener Geschäftsmodelle soll jedoch in der Bewertung des Aufwands berücksichtigt werden.



- **Produktion als Betrachtungsbereich:**  
Der zentrale Betrachtungsbereich für die Bewertung des Mehrwerts von Smart Services ist die Produktion [6]. Smart Services, die ihren Ursprung in anderen Bereichen haben, sind von der Betrachtung ausgeschlossen. Gehen Smart Services jedoch von der Produktion aus und haben eine horizontale Wirkung auf andere Bereiche, werden diese Auswirkungen berücksichtigt.
  - **Zeitabhängigkeit (Informationsverfügbarkeit):**  
Die Methodik soll die aktuelle Situation in den produzierenden Unternehmen hinsichtlich des organisatorischen und technologischen Reifegrades erfassen und bei der Bewertung berücksichtigen. Diese Zeitabhängigkeit der Informationsverfügbarkeit ist ein wichtiger Faktor für die Nutzenbewertung. Die Methodik soll durch ein kontinuierliches Wissensmanagement weiter anwendbar sein [22].
- Anforderungen an den Zielbereich:
- **Unternehmensspezifische Situationsanalyse:**  
Die Bewertung des Mehrwerts von Smart Services muss immer im unternehmensspezifischen Kontext erfolgen [11, 20]. Die Methodik soll daher auf die unternehmensspezifische Situation Bezug nehmen, diese erfassen und analysieren, um relevante Smart Services passend auswählen und deren Mehrwert zuverlässig bewerten zu können. Dies gilt vor allem für die Aufwandsschätzung, die durch eine Situationsanalyse an Genauigkeit gewinnt.
  - **Klassifizierung und Vorsegmentierung von Smart Services:**  
Eine weitere Anforderung ist die Klassifizierung und Vorsegmentierung von Smart Services. Smart Services haben unterschiedliche Komplexitätsstufen und adressieren verschiedene Zielgrößen im Unternehmen. Daher ist es notwendig, Smart Services zu klassifizieren, da sich die Mehrwertbetrachtung der verschiedenen Klassen unterscheidet [12]. Auf Basis der Klassifizierung kann für jede Smart-Service-Klasse in Kombination mit der unternehmensspezifischen Situationsanalyse eine passgenaue Bewertung des Mehrwerts erfolgen.
  - **Aufwandsermittlung (technische, organisatorische und strategische Faktoren):**  
Bei der Aufwandsermittlung ist es wichtig, neben den technischen Aufwänden für die Infrastruktur und die technische Umsetzung des Smart Service auch organisatorische und strategische Aufwandsfaktoren zu betrachten [4, 27]. Die organisatorischen Aufwandsfaktoren beziehen sich auf Umstellungen in der Organisation und personelle Aufwände im Veränderungsprozess durch die Einführung des Smart Service. An dieser Stelle sind auch strategische Aspekte zu berücksichtigen. Wenn beispielsweise ein Smart Service ein wichtiger Enabler für weitere Smart Services ist oder eine sehr hohe Skalierbarkeit oder ein sehr hohes Risiko aufweist, ist der Aufwand an dieser Stelle in Relation zu setzen. Die Aufwandsermittlung ist generell über den gesamten Lebenszyklus des Smart Service zu betrachten. In diesem Zusammenhang ist es auch ein strategisches Bewertungskriterium, ob der Smart Service eigenständig, mit strategischen Partnern oder als Fremdbezug von einem Lösungsanbieter umgesetzt wird, wobei auch das Geschäftsmodell des Lösungsanbieters eine wesentliche Rolle bei der Betrachtung des Aufwands spielt.
  - **Bewertung von quantitativen und qualitativen Nutzenpotenzialen:**  
Das letzte Kriterium ist die Bewertung des quantitativen und

qualitativen Nutzens. Dabei ist es von Bedeutung, dass im Rahmen der quantitativen Nutzenbetrachtung eine monetäre Bewertung erfolgt, die im Zusammenhang mit der Aufwandsbetrachtung eine Aussage darüber zulässt, ob eine Investition vorteilhaft ist und nach welcher Zeit eine Amortisation eintritt. Neben der rein monetären Betrachtung ist es zudem wichtig, zusätzlich weitere qualitative Nutzenpotenziale zu betrachten und zu bewerten [8]. Dazu zählen beispielsweise Aspekte der Mitarbeiterzufriedenheit, der positiven Außenwirkung oder der Erfüllung zukünftig in Kraft tretender regulatorischer Anforderungen. Die abschließende Nutzenbetrachtung ergibt sich aus dem Zusammenspiel qualitativer und quantitativer Bewertungskriterien.

## 4.2 Bewertung bestehender Ansätze

Bei der Bewertung wurden die 22 für die Analyse identifizierten Publikationen hinsichtlich der acht Anforderungskriterien bewertet. Die Bewertung erfolgte mithilfe von Harvey-Balls auf einer dreistufigen Skala. Ein vollständig gefüllter Harvey-Ball bedeutet, dass die Anforderung vollständig erfüllt ist, ein halb gefüllter Harvey-Ball, dass die Anforderung teilweise erfüllt ist und ein leerer Harvey-Ball, dass die Anforderung nicht erfüllt ist. Von den insgesamt 22 analysierten Publikationen sind diejenigen, die den entwickelten Ansatz hinreichend umfassend beschreiben und gleichzeitig eine große thematische Nähe zum Betrachtungsbereich aufweisen, in **Bild 5** dargestellt [4, 8, 9, 11, 12, 20, 21, 27–30].

Die Übersicht zeigt, dass keine der bisherigen Lösungsansätze die definierten Anforderungen an eine Methodik zur Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion vollständig erfüllt. Das liegt vor allem daran, dass keine der dargestellten Lösungsansätze exakt diese Problemstellung adressiert. Die Lösungsansätze adressieren verwandte Problemstellungen und verfolgen verschiedene Schwerpunkte in ihrer Betrachtung, weshalb einzelne Anforderungen durch die bisherigen Lösungsansätze vollständig erfüllt werden. Für eine anforderungsgerechte Bewertung von Smart Services in der Produktion können daher vermutlich einzelne Bestandteile der bisherigen Lösungsansätze kombiniert und erweitert werden.

## 5 Diskussion relevanter Bausteine einer Methodik

Auf Basis der identifizierten Anforderungen an die Methodik zur Bewertung von Smart Services in der Produktion wurden relevante Bausteine einer Methodik abgeleitet. Das Konzept umfasst fünf Bausteine, die in **Bild 6** dargestellt sind und im Folgenden beschrieben werden.

### Baustein 1: Unternehmensanalyse Fokusbereich Produktion

In diesem Baustein erfolgt die Erfassung der unternehmensspezifischen Situation, da die Bewertung von Smart Services immer nur im Kontext des Einsatzgebietes erfolgen kann. Dabei erfolgt eine Bewertung des digitalen Reifegrades im Unternehmen und eine Einordnung der Unternehmensstrategie, die strategische Ziele, Produktstruktur und Produktionstypologie umfasst.

		Bisherige Lösungsansätze										
		Leinweber 2023	Naumann 2022	Nöhning 2021	Scholz 2021	Richter 2021	Grünebaum 2021	Liebrecht 2020	Busse 2019	Kreutzer 2018	Begovic 2018	Kirazli 2017
Anforderungen an die Methodik	Betrachtungsbereich											
	Smart Services	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Anwenderperspektive	●	○	●	○	●	●	●	●	●	○	●
	Produktion als Betrachtungsbereich	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zeitabhängigkeit (Informationsverfügbarkeit)	●	●	●	○	●	○	○	○	●	○	○
	Unternehmensspezifische Situationsanalyse	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Klassifizierung und Vorsegmentierung von Smart Services	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○
	Zielbereich											
Aufwandsermittlung (techn., organ. und strat. Faktoren)	○	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	
Bewertung von quantitativen und qualitativen Nutzenpotenzialen	○	○	●	●	○	●	●	●	●	○	●	

● Anforderungen erfüllt

◐ Anforderungen teilweise erfüllt

○ Anforderungen nicht erfüllt

Bild 5. Bewertung bisheriger Lösungsansätze anhand der definierten Anforderungen an die Methodik. Grafik: Fraunhofer IPA

**Baustein 2: Analyse relevanter Smart Services**

Im Rahmen der Methodik soll eine strukturierte Erfassung verschiedener Smart Services erfolgen. Sie sollen den Anwenderunternehmen einen externen Impuls von erfolgreich umgesetzten Smart Services geben und den eigenen Kreativitätsprozess anstoßen. Dabei sollen die Smart Services in einer standardisierten Vorlage erfasst und beschrieben werden. Diese Beschreibung enthält eine Zuordnung der Zielgrößen, die durch den jeweiligen Smart Service adressiert werden. Auf Basis dieser standardisierten Beschreibung können Klassen von Smart Services gebildet werden, für die eine vergleichbare Aufwand-Nutzen-Betrachtung durchgeführt werden kann.

**Baustein 3: Segmentierung und Vorauswahl relevanter Smart Services**

Um die Methodik pragmatisch anwenden zu können und schnelle Ergebnisse in den produzierenden Unternehmen zu erzielen, erfolgt im nächsten Schritt eine Vorauswahl relevanter Smart Services. Diese kann durch eine grobe qualitative Abschätzung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses oder unter Berücksichtigung weiterer definierter Kriterien erfolgen. Ziel dieses Schrittes ist es, die Anzahl der in den weiteren Bausteinen zu evaluierenden Smart Services einzuzugrenzen.

- 1 Unternehmensanalyse Fokusbereich Produktion
- 2 Analyse relevanter Smart Services
- 3 Segmentierung und Vorauswahl relevanter Smart Services
- 4 Bewertung des Umsetzungsaufwands der Smart Services
- 5 Nutzenbewertung der Smart Services und Mehrwertermittlung

Bild 6. Bausteine der Methodik. Grafik: Fraunhofer IPA

**Baustein 4: Bewertung des Umsetzungsaufwands der Smart Services**

Bei der Aufwandsbewertung erfolgt zunächst eine Analyse des Betrachtungsbereichs, um Investitionen in digitale Technologien in Bezug auf den aktuellen digitalen Reifegrad bewerten zu können und einen Basisreifegrad für eine standardisierte Bewertung der Aufwände der jeweiligen Smart Services zur Verfügung zu stellen. Darauf aufbauend werden weitere organisatorische Aufwände betrachtet und Themen wie die strategische Bereitstellung und Nutzung von Geschäftsmodellen unterschiedlicher Service-Anbieter bewertet. Die Bewertung der Aufwände erfolgt unternehmensspezifisch auf Basis des digitalen Reifegrades und der Unternehmenstypologie in Kombination mit der Klassifizierung der Smart Services. Mit jeder Kombination ergibt sich ein individueller Bewertungspfad, welcher auf das Anwenderunternehmen zugeschnitten ist und eine differenzierte Aufwandsbetrachtung erfordert. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass eine unternehmensspezifische Aufwandsermittlung erfolgt, die eine hohe Reliabilität und Validität aufweist.

**Baustein 5: Nutzenbewertung der Smart Services und Mehrwertermittlung**

Bei der Nutzenbewertung wird der Wert des Smart Services unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien ermittelt. Da es sich bei der Nutzenbewertung um eine Prognose in die Zukunft handelt und für bestimmte Aspekte nur Annahmen getroffen werden können, ist hier eine Szenarioanalyse sinnvoll, da durch die Annahme verschiedener Werte das Risiko besser abgeschätzt werden kann. Dabei ist auch die Abschätzung des Skalierungspotenzials des Smart Service im Unternehmen wichtig. Neben der monetären Bewertung des Nutzens spielt die Berücksichtigung qualitativer Faktoren eine wichtige Rolle, da diese ebenfalls einen Nutzen stiften und sich auf schwer messbare Größen wie etwa die Mitarbeiterzufriedenheit und -produktivität oder eine positive Außenwirkung des Unternehmens auswirken, was positive Folgen für das Unternehmen haben kann. Durch den Einsatz von Smart Services in der Produktion ist es auch möglich, darauf aufbauend den eigenen Kunden zusätzliche Mehrwertdienste wie etwa eine transparente Auftragsverfolgung zur Verfügung zu stellen. Im

abschließenden Schritt werden alle quantitativen und qualitativen Nutzenpotenziale mit dem Aufwand zu einer ganzheitlichen Mehrwertbetrachtung aggregiert.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im diesem Beitrag wurden die Herausforderungen bei der Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion analysiert. Ziel ist es, eine Methodik zu entwickeln, die produzierende Unternehmen, insbesondere KMU, durch eine strukturierte Vorgehensweise unterstützt, die richtigen Smart Services für die Produktion zu identifizieren, um die eigenen Ressourcen zielgerichtet und risikoarm einzusetzen. Dazu wurden in einem ersten Schritt wichtige Anforderungen aus wissenschaftlichen Publikationen identifiziert, die in Anforderungen an den Betrachtungsbereich und den Zielbereich unterteilt wurden. Die Anforderungen an den Betrachtungsbereich legen fest, dass Smart Services in der Produktion aus der Perspektive eines Anwenders betrachtet werden und eine Zeitabhängigkeit in Bezug auf die Informationsverfügbarkeit berücksichtigt wird. Die Anforderungen an den Zielbereich umfassen die unternehmensspezifische Situationsanalyse, die Klassifizierung und Vorsegmentierung von Smart Services, die Aufwandsermittlung unter Berücksichtigung technischer, organisatorischer und strategischer Faktoren sowie die Bewertung der quantitativen und qualitativen Nutzenpotenziale. Die Bewertung bestehender Ansätze anhand einer systematischen Literaturanalyse zeigte, dass keiner dieser Ansätze alle Anforderungen an eine Methodik erfüllt. Daher ist es erforderlich, entweder eine neue Methodik zu entwickeln oder eine bestehende weiterzuentwickeln, die speziell auf die unternehmensspezifische Bewertung des Mehrwerts von Smart Services in der Produktion zugeschnitten ist. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden fünf Bausteine einer Methodik abgeleitet.

Im Zuge der weiteren Forschungsarbeiten ist es notwendig, die Anforderungen an eine Methodik, welche durch die wissenschaftlich-theoretische Betrachtung erhoben wurden, durch die Praxis zu validieren. Dies ist wichtig, da die Methodik in einem dynamischen Bereich wie der Produktion in der Praxis angewendet werden soll und in diesem Zusammenhang zusätzliche Anforderungen der Anwender aufgenommen werden müssen. Zudem ist es notwendig, die Bausteine der Methodik entsprechend der definierten Anforderungen weiter zu detaillieren, so dass Unternehmen einen Überblick über potenzielle Smart Services erhalten, diese entsprechend ihrer Zielsetzung auswählen können und nach der Erfassung des Reifegrades und der Unternehmenstypologie strukturiert durch die Bewertung des Mehrwerts geführt werden. Dabei müssen die Bausteine in ein schlüssiges methodisches Konzept überführt werden, das eine iterative und pragmatische Anwendbarkeit in Unternehmen ermöglicht.

### Literatur


- [1] Gläser, W.: „Glücklicherweise ist es nur VUKA!“ In: Altenfelder, K.; Schönfeld, D.; Krenkler, W. (Hrsg.): *Services Management und digitale Transformation*, S. 119–146. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2021
- [2] Schuh, G.; Schmidt, C.: *Produktionsmanagement*. Berlin: Springer Vieweg 2014
- [3] Vogel-Heuser, B.; Bauernhansl, T.; Hompel, M. ten (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0. Band 1: Produktion*. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2017
- [4] Naumann, V.: *Smarte Produkt-Service Systeme: Eine transformations- und kostenorientierte Untersuchung*. Dissertation, Universität Bamberg, 2021
- [5] Freitag, M.; Kück, M.; Ait Alla, A. et al.: *Potenziale von Data Science in Produktion und Logistik*. *Industrie 4.0 Management* 31 (2015) 6, S. 39–46
- [6] Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): *Themenfelder Industrie 4.0 – Forschungs- und Entwicklungsbedarfe für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0*. Stand: 2022. Internet: [www.acatech.de/publikation/themenfelder-i40-akt/download-pdf/?lang=de](https://www.acatech.de/publikation/themenfelder-i40-akt/download-pdf/?lang=de). Zugriff am 22.07.2024
- [7] Reinhold, J.; Ködding, P.; Scholtysik, M. et al.: *Identifying Value Creation Patterns for Smart Services*. *Procedia CIRP* 104 (2021), pp. 576–581
- [8] Liebrecht, C.: *Entscheidungsunterstützung für den Industrie 4.0-Methodeneinsatz. Strukturierung, Bewertung und Ableitung von Implementierungsreihenfolgen*. Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2020
- [9] Leineweber, S.: *Ansatz zur Unterstützung des Auswahlprozesses von digitalen Technologien für manuelle Montagesysteme*. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2023
- [10] Fischer, T.: *Hürden der Digitalisierung in KMU. Ursachenanalyse und Handlungsempfehlungen*. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 118 (2023) 3, S. 169–172
- [11] Scholz, P.: *Methodik zur potenzial- und risikobasierten Technologiebewertung*. Dissertation, RWTH Aachen, 2021
- [12] Nöhring, F.: *Ansatz zur zielgerichteten Gestaltung cyber-physischer Produktionssysteme für kleine und mittlere Unternehmen*. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2021
- [13] Neuhüttler, J.; Feike, M.; Kutz, J. et al.: *Digital Factory Transformation from a Servitization Perspective: Fields of Action for Developing Internal Smart Services*. *Sci* 5 (2023), 2, pp. 1–22, doi.org/10.3390/sci5020022
- [14] Gross, E.; Schrader, P.; Gramberg, T. et al.: *Identifikation und Auswahl von digitalen Services*. *wt Werkstatttechnik online* 113 (2023) 9, S. 376–381
- [15] Beverungen, D.; Müller, O.; Matzner, M. et al.: *Conceptualizing smart service systems*. *Electronic Markets* 29 (2017) 1, pp. 7–18
- [16] DIN SPEC 33453: *Entwicklung digitaler Dienstleistungssysteme*. Berlin: Beuth Verlag 2019
- [17] Bruhn, M.; Hadwich, K. (Hrsg.): *Smart Services. Konzepte – Methoden – Prozesse*. Wiesbaden: Springer Gabler 2022
- [18] Kampker, A.; Frank, J.; Schwartz, M. et al.: *Lernen von den Besten: Fünf Erfolgsfaktoren bei der Entwicklung von Smart Services*. In: Meyer, K.; Klingner, S.; Zinke, C. (Hrsg.): *Service Engineering*, S. 151–165. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2018
- [19] BMWi: *Digitale Strategie 2025*. Stand: 2016. Internet: [www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=1). Zugriff am 22.07.2024
- [20] Richter, T.: *Vorgehensmodell zur Implementierung von Industrie 4.0 im Kontext ganzheitlicher Produktionssysteme*. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 2021
- [21] Begovic, A.: *Datenbasiertes Wissensmanagement für Smart Services im Werkzeugbau*. Dissertation, RWTH Aachen, 2018
- [22] Gerl, S.: *Innovative Geschäftsmodelle für industrielle Smart Services. Ein Vorgehensmodell zur systematischen Entwicklung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2020
- [23] Hevner, A.; Chatterjee, S.: *Design Science Research in Information Systems*. In: Hevner, A.; Chatterjee, S. (eds.): *Design Research in Information Systems*. Boston, MA: Springer US 2010
- [24] Liberati, A.; Altman, D. G.; Tetzlaff, J. et al.: *The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration*. *Journal of clinical epidemiology* 62 (2009) 10, e1–34
- [25] Meiren, T.; Friedrich, M.; Gorovoj, A. et al.: *Smart Services als Erfolgsfaktor für Dienstleister*. Stand: 2022. Internet: [smart-service-bw.de/wp-content/uploads/2022/04/1-Smart-Services-als-Erfolgsfaktor-fuer-Dienstleister.pdf](https://www.smart-service-bw.de/wp-content/uploads/2022/04/1-Smart-Services-als-Erfolgsfaktor-fuer-Dienstleister.pdf). Zugriff am 22.07.2024
- [26] Arioli, V.; Ruggeri, G.; Sala, R. et al.: *A Methodology for the Design and Engineering of Smart Product Service Systems: An Application in the Manufacturing Sector*. *Sustainability* 15 (2023) 1, p. 64

- [27] Busse, A.: Ansatz zur quantitativen Bewertung der finanziellen Nutzenpotentiale von Zustandsdiagnosen und -prognosen in der industriellen Instandhaltung. Dissertation, Technische Universität Darmstadt, 2019
- [28] Grünebaum, T.: Methodik zur Gestaltung von Technologieketten und Prozessfolgen nach lebensphasenübergreifend ökologisch-ökonomischen Kriterien. Dissertation, RWTH Aachen, 2021
- [29] Kreuzer, R. J.: Methodik zur Bestimmung der Nutzenpotentiale von Felddaten cyber-physischer Systeme. Dissertation, RWTH Aachen, 2018
- [30] Kirazli, A.: Beitrag zur Analyse der Nutzenpotentiale von Industrie 4.0 in der Automobilindustrie. Am Beispiel des Supply Chain Risikomanagements. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2017



**Mirko Schneider, M. Sc.** 

Foto: Fraunhofer IPA  
mirko.schneider@ipa.fraunhofer.de

**Dr.-Ing. Erwin Gross** 

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl** 

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung IPA  
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart  
www.ipa.fraunhofer.de

#### LIZENZ



Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons  
Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)



