

Wache, Hendrik; Dinter, Barbara

Article — Published Version

Die Gestaltung gemeinsamer Wertschöpfung in Service Ökosystemen – Einsichten aus einem Digital Twin Projekt

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Wache, Hendrik; Dinter, Barbara (2022) : Die Gestaltung gemeinsamer Wertschöpfung in Service Ökosystemen – Einsichten aus einem Digital Twin Projekt, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, Vol. 59, Iss. 5, pp. 1411-1422,
<https://doi.org/10.1365/s40702-022-00901-9>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/309794>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Die Gestaltung gemeinsamer Wertschöpfung in Service Ökosystemen – Einsichten aus einem Digital Twin Projekt

Hendrik Wache  · Barbara Dinter

Eingegangen: 30. April 2022 / Angenommen: 11. August 2022 / Online publiziert: 12. September 2022
© Der/die Autor(en) 2022

Zusammenfassung Für die Digitalisierung der Fertigungsindustrie ist es notwendig, dass Unternehmen in neuen Partnerkonstellationen kollaborieren, um neuartige digitale Services anzubieten. Die Zusammenarbeit bei der Entwicklung von den entstehenden Service Ökosystemen hat einen großen Einfluss auf die später möglichen Geschäftsmodelle. Im vorliegenden Beitrag werden anhand eines Beispielsprojektes für die Entwicklung einer Digital Twin Plattform Spannungsfelder und Lösungsmechanismen vorgestellt, die beim Aufbau von digitalen Softwareplattformen und Service Ökosystemen auftreten können. Die Spannungsfelder erstrecken sich über alle Projektphasen und resultieren aus drei Faktoren: einer fehlenden gemeinsamen Weltansicht, dem Bedürfnis nach lokaler Optimierung sowie einem Fokus auf Effizienzsteigerungen statt Innovationen. Abschließend werden Leitfragen formuliert, mit denen Spannungsfelder identifiziert werden können, um Lösungsmechanismen zu entwickeln und somit die erfolgreiche Gestaltung eines Service Ökosystems sicherzustellen.

Schlüsselwörter Digital Twins · Digitale Zwillinge · Plattform-Ökosysteme · Smart Services · Geschäftsmodelle

Hendrik Wache (✉) · Barbara Dinter
Professur Wirtschaftsinformatik – Geschäftsprozess- und Informationsmanagement, Technische Universität Chemnitz, Reichenhainer Straße 41, 09126 Chemnitz, Deutschland
E-Mail: hendrik.wache@wirtschaft.tu-chemnitz.de

Barbara Dinter
E-Mail: barbara.dinter@wirtschaft.tu-chemnitz.de

Designing Value Co-Creation in Service Ecosystems—Insights from a Digital Twin Project

Abstract The digitization of the manufacturing industry requires companies to work together in new partner constellations to offer new types of digital services. Collaboration in the development of the emerging service ecosystems has a major influence on the business models that will subsequently be possible. This article uses an example project for the development of a digital twin platform to present areas of tension and solution mechanisms that can arise during the development of digital software platforms and service ecosystems. The areas of tension extend across all project phases and result from three factors: a lack of a common world view, the need for local optimization, and a focus on increasing efficiency instead of innovation. Finally, guiding questions are formulated that can be used to identify areas of tension in order to be able to develop solution mechanisms and thus ensure the successful design of a service ecosystem.

Keywords Digital twins · Platform ecosystems · Smart services · Business models

1 Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung führt in immer mehr Bereichen unserer Gesellschaft zu einem Wandel. Zahlreiche technische Innovationen und die Globalisierung verändern die Wirtschaft zunehmend. Kaum eine Branche in Deutschland ist von diesen Veränderungen mehr betroffen als der Maschinenbau. Bereits im Jahr 2011 wurde durch die Bundesregierung die Hightech-Strategie entwickelt, um die Digitalisierung und Automatisierung des Maschinenbausektors, genannt Industrie 4.0 (I4.0), voranzutreiben und den Wirtschaftsstandort zu sichern (Kagermann et al. 2013). Auch in der Wirtschaft sind zahlreiche I4.0 Initiativen mit diesem Ziel zu beobachten, wie die Open Industry Alliance 4.0 mit Industriegrößten wie Siemens, SAP, Kuka und Microsoft.

Dieser Wandel bedeutet für den Maschinenbau, wie für viele andere Branchen auch, dass die Unternehmen in neuen Partnerkonstellationen zusammenarbeiten müssen, um neuartige digitale Services anbieten zu können. Dies wird durch digitale Plattformen (Software-Kern mit komplementären Diensten) ermöglicht, die das Zentrum der entstehenden sogenannten Service Ökosysteme bilden, in denen verschiedene Akteure Services austauschen, um gemeinsam Wert zu schöpfen (Hein et al. 2019). Die Gestaltung dieser digitalen Plattformen prägt deren Nutzungsmöglichkeiten und damit die gemeinsame Wertschöpfung sowie die Geschäftsmodelle der Akteure im Ökosystem (Blaschke et al. 2019). Somit sind vor allem der Entwicklungsprozess von digitalen Plattformen und dessen Ergebnis von großer Bedeutung, da sie das spätere Zusammenwirken der Akteure im Ökosystem bestimmen. Studien bestätigen die Vermutung, dass Gestaltungsentscheidungen von Plattformbetreibern (wie zum Beispiel spezielle Funktionen) die Geschäftsaktivitäten der beteiligten Ökosystemakteure beeinflussen (Li et al. 2018), wobei ungünstige Entscheidungen auch den Geschäftsaktivitäten der Akteure schaden können. In Forschung und Pra-

xis ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die Gestaltung von digitalen Plattformen genauer zu untersuchen (De Reuver et al. 2018).

In diesem Kontext spielen Digitale Zwillinge, im englischen Digital Twins (DTs), als eine I4.0-Technologie, welche eine physische Maschine mit einem virtuellen Modell verbindet, um datengetriebene Dienste wie Vorhersagen oder Simulationen bereitzustellen, eine wichtige Rolle (Klostermeier et al. 2018; Tao et al. 2019). Somit stellen DTs eine Technologie dar, die verschiedene Akteure im Maschinenbau über Dienste verknüpft und die Entstehung eines Service Ökosystems mit neuen digitalen Geschäftsmodellen ermöglicht. Es zeigt sich jedoch, dass bisherige DT Implementierungen oft isoliert und zu technisch sind und die Ergebnisse oft auf prototypischem Niveau bleiben, statt in ein Geschäftsmodell zu münden (Klostermeier et al. 2018). Im Kontext von I4.0 führen Spannungsfelder zwischen heterogenen Stakeholdergruppen dazu, dass die Verwirklichung der Digitalisierungsvision oft nicht erfolgreich umgesetzt werden kann. Beispielsweise können soziale Spannungsfelder zwischen Mensch und Technik zu negativen Reaktionen und Ablehnungen von Mitarbeitern und anderen Interessensgruppen führen (Ludwig et al. 2016). Besonders kritisch für Digitalisierungsprojekte ist es, dass die Manifestierung von nicht adressierten Spannungsfeldern zu organisationaler Trägheit (engl. inertia) führen kann, die den digitalen Wandel blockiert (Vial 2019). In diesem Zusammenhang konnten wir in mehreren Entwicklungsprojekten unterschiedliche Spannungsfelder zwischen den heterogenen und interdisziplinären Akteuren in Entwicklerteams aus dem späteren Service Ökosystem beobachten. Zur Auflösung der Spannungen konnten dedizierte Lösungsmechanismen beitragen, um den erfolgreichen Aufbau der digitalen Plattformen und den umgebenden Service Ökosystemen zu gewährleisten.

In diesem Beitrag zeigen wir praxisnah an einem konkreten Entwicklungsprojekt einer DT Plattform (digitale Plattform für die Verwaltung von DTs im Wertschöpfungsnetzwerk) im Maschinenbaukontext exemplarisch auf, wie bei einer aktiven Mitgestaltung einer digitalen Plattform einerseits Spannungsfelder entstehen, die die Bildung des Ökosystems beeinflussen und andererseits neue digitale Geschäftsmodelle und neue Wege der gemeinsamen Wertschöpfung im Ökosystem sichergestellt werden. Damit beantworten wir die Forschungsfrage, welche Spannungsfelder bei der Entwicklung von DT Plattformen im Ökosystem entstehen und wie diese gelöst werden können.

2 Digital Twin Plattformen und Service Ökosysteme

DTs sind eine digitale Technologie, die eine Verbindung zwischen einem physischen Objekt (z. B. einer Maschine) und einem virtuellen Abbild herstellt, und intelligente Dienste wie Vorhersagen oder Simulationen auf Basis von Daten bietet (Klostermeier et al. 2018). Dabei werden verschiedene Daten und Modelle zu einem gesamtheitlichen System kombiniert (Rosen et al. 2015). Zum Aufbau eines DTs müssen mehrere Komponenten berücksichtigt werden: eine physische Komponente, eine virtuelle Komponente, digitale Services, die Daten und eine Verbindung zwischen all diesen Komponenten (Tao et al. 2019). Es gibt eine breite Reihe von Anwendungen für DTs, die von der Produktgestaltung und Produktion bis hin zur Optimierung

und Wartung reichen (Rosen et al. 2015; Tao et al. 2019). Ein Hauptschwerpunkt liegt dabei auf der datengetriebenen Steuerung, Simulation und Überwachung von Maschinen und Anlagen.

DTs in der I4.0 mit ihrem starken Fokus auf Services entlang der Wertschöpfungskette (Tao et al. 2019) sind ein Beispiel für den Trend der Plattformization, bei der die Bereitstellung von Zugriff und Interaktionsmöglichkeiten um eine zentrale Menge von Services für verschiedene Stakeholder beschrieben wird (Benlian et al. 2018). Digitale Plattformen sind softwarebasierte Artefakte, bestehend aus einem zentralen Softwarekern mit Basisfunktionen und der erweiterten Plattform, wo komplementäre digitale Dienste (Services) bereitgestellt werden (De Reuver et al. 2018). Diese Plattformen werden zumeist eingebettet in sogenannte digitale oder Service Ökosysteme beschrieben. Die Ökosysteme umfassen die verschiedenen Akteure vom Plattformanbieter über Komplementäre, wie beispielsweise Softwareentwickler, bis zu Käufern und Verkäufern, die über die Plattform Transaktionen abwickeln (Blaschke et al. 2019).

In dem in dieser Studie beschriebenen Forschungsprojekt war es das Ziel, eine Plattform (Softwarekern) zu entwickeln, die eine Bereitstellung und Verwaltung von DTs, deren Daten und Services (erweiterte Plattform) über mehrere Akteure hinweg ermöglicht. Somit können Lieferanten, Produzenten und Kunden in der Wertschöpfungskette digitale Services zu Maschinen erstellen und verwenden. Hierdurch entsteht in dem Projekt rund um die DT Plattform ein Service Ökosystem.

Zum gezielten Aufbau einer solchen digitalen Plattform und dem umgebenden Service Ökosystem sind Kollaborationen notwendig, nicht nur mit Partnern und Kunden, sondern zum Beispiel im Kontext der I4.0 mit verschiedenen Interessensgruppen wie Softwareentwicklern, Ingenieuren, Elektrotechnikern und Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen (Lasi et al. 2014). Insbesondere in diesen heterogenen Entwicklungsprojekten entstehen Spannungsfelder zwischen den technisch orientierten Entwicklern, den nutzungsorientierten Anwendern und den theoretisch orientierten Wissenschaftlern. Wir zeigen an einem konkreten drittmittelgeförderten Entwicklungsprojekt für eine DT Plattform im I4.0-Kontext auf, wie Spannungsfelder beim Aufbau von Service Ökosystemen entstehen und abgebaut werden können.

3 Methodisches Vorgehen

In diesem Beitrag betrachten wir in einer Fallstudie (Yin 2018) ein mehrjähriges Forschungs- und Entwicklungsprojekt, welches Anfang 2019 startete und bis Ende 2022 läuft. Yin (2018) zufolge liegt die Stärke von Fallstudien in der reichhaltigen empirischen Beschreibung spezifischer Fälle eines Phänomens in ihrem realen Kontext, welches ein tiefergehendes Verständnis des Sachverhalts ermöglicht. Es werden vier Maschinenbauunternehmen (MB-Unternehmen) bei der gemeinsamen Entwicklung einer digitalen Plattform für das Verwalten von DTs in einem Ökosystem mit Produzenten, Lieferanten und Kunden begleitet. Dabei wirkt ein heterogenes Entwicklungsteam bestehend aus mehreren Softwareentwicklungsunternehmen (SW-Entwickler) und Wissenschaftlern aus den Bereichen Maschinenbau, Management und Wirtschaftsinformatik mit. Durch diese gezielte Fallauswahl (engl. purposeful

Tab. 1 Informationen über die MB-Unternehmen

ID	Unternehmenstyp	Einsatzszenario des DTs	Mitarbeiterzahl
U1	Maschinenbau	Vertriebsunterstützung	Ca. 55
U2	Maschinenbau, Präzisionsfertigung, Material-service	Teilnachbestellung	Ca. 80
U3	Maschinen- und Anlagenbau		Ca. 850
U4	Anlagenbau	Serviceeinsatz	Ca. 195

sampling) wurde ein Entwicklungsteam betrachtet, bei dem eine reichhaltige Informationslage das Phänomen von Spannungsfeldern und Lösungsmechanismen im Kontext des Aufbaus von digitalen Softwareplattformen und Service Ökosystemen beleuchtet und daher umfangreiche Erkenntnisse erlaubt (Patton 2014).

Tab. 1 zeigt, welche Einsatzszenarien des DTs die vier MB-Unternehmen aus dem Entwicklungsteam planen. Nachfolgend werden die Szenarien der Studie kurz erläutert.

Der Maschinenbauer U1 plant, DTs zur Vertriebsunterstützung einzusetzen; hierbei sollen Virtual Reality (VR) Technologien genutzt werden, um den Kunden die späteren Sonderanfertigungen der Maschinen direkt vor Ort zeigen zu können. Diese Konfiguration wird als DT in der Planungsphase auf der digitalen Plattform gespeichert.

Maschinenbauer U2 und U3 arbeiten in einem Wertschöpfungsnetzwerk zusammen und planen, DTs für die Abbildung einer Lieferanten-Produzenten-Beziehung einzusetzen, bei der U3 Teile bzw. Baugruppen bei U2 anfertigen lässt. Dieses Zusammenspiel soll mit Hilfe der DT Plattform abgebildet werden. In diesem Szenario kommen DTs in der Produktionsphase einer Anlage zum Einsatz. Maschinenbauer U4 plant, DTs in der Betriebsphase einzusetzen. Dabei sollen Servicetechniker bei einem Serviceeinsatz an einer bei einem Kunden betriebenen Anlage durch von der DT Plattform zur Verfügung gestellten Daten wie Servicehistorie oder Wartungsverträge unterstützt werden.

Über die Laufzeit des Projektes hinweg fand eine Datensammlung und -auswertung statt. So wurden in der Planungsphase Fragebögen zur Anforderungsanalyse genutzt und Interviews und Workshops mit Mitarbeitern der vier MB-Unternehmen durchgeführt. In der Entwicklungsphase wurden Prototypen von VR-Anwendungen sowie Mock-Ups für Webanwendungen entwickelt und in der Nutzungsphase erneut Workshops und Interviews durchgeführt.

Um die im Projekt wahrgenommenen Hürden zu verstehen, wurden die auf verschiedene Art und Weise gesammelten Daten nach Events, die hinderlich wirken (Spannungsfelder) und nach Events, die förderlich wirken (Lösungsmechanismen) gecodet; diese Ergebnisse wurden durch eine Triangulation bestätigt (Yin 2018). Beispielsweise wurden bei Workshops unterschiedliche Softwarelösungen präsentiert; eine Analyse nachfolgender Interviews ergab jedoch, dass die MB-Unternehmen das Zusammenspiel dieser Softwarelösungen nicht wahrgenommen haben. In Beobachtungen z.B. in Projektmeetings konnte dieses wahrgenommene fehlende Zusammenspiel der Lösungen ebenfalls als wiederkehrendes Muster identifiziert

werden. Als Reaktion auf dieses Problem wurde im Projekt die Entscheidung für die Entwicklung eines Referenzmodells getroffen.

4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden in einer Fallstudie entlang der drei Projektphasen Planung, Entwicklung und Nutzung beobachtete Spannungsfelder, die beim Aufbau der DT Plattform und des umgebenden Service Ökosystems entstanden sind, beschrieben. Zu jedem Spannungsfeld wird der Lösungsmechanismus dargelegt, mit dem die Spannung im Projekt abgebaut wurde.

4.1 Die Planungsphase

Das erste Spannungsfeld (SF1) *heterogene DT Verständnisse* entstand, da SW-Entwickler sich sehr auf technische Einzelaspekte wie die Verwaltungsschale und z. B. bestimmte technische Protokolle fokussierten. Die MB-Unternehmen hingegen bezogen sich in ihrem DT Verständnis stark auf ihre eigenen Szenarien. Die wissenschaftlichen Mitglieder des Entwicklerteams definierten DTs abstrakter als sozio-technisches System. Dieses Spannungsfeld erschwerte grundsätzlich die gemeinsame Entwicklung und den Aufbau des Ökosystems. Als Lösungsmechanismus (LM1) wurde eine *Synchronisierung zum DT Verständnis* verwendet. Dabei wurde ein morphologischer Kasten erarbeitet (siehe Abb. 1), der DT Charakteristika aus der Literatur in Anlehnung an Arbeitssysteme, welche das Zusammenspiel von Menschen und Technik abbilden (Alter 2013), anordnet. Die MB-Unternehmen, SW-Entwickler und Wissenschaftler konnten in einer Fokusgruppendifkussion (15 Teilnehmer, 1–2 pro Entwicklungspartner, die jeweils das Projekt intern geleitet haben) ihr DT Verständnis in dem morphologischen Kasten durch Ankreuzen eintragen. In Abb. 1

Konzepte	Aspekte					
Strategische Einsatzkontexte	Produktlebenszyklus Management		Product-Service Systeme		Nachhaltigkeitsmanagement	Vertriebsmanagement
Prozesse & Aktivitäten	Planung		Entwicklung		Nutzung	
Akteure (Kunden & Teilnehmer)	Kunden		Produzenten/Intern		Lieferanten umspannend	
Produktebene	Komponente		Systemebene/ Maschine/Anlage		System aus Systemen/ Produktionsstraße/ Fabrik	
Informationen & Analyse	Deskriptive Information	Visualisierung	Diagnostik		Vorhersage und Optimierung	Empfehlung
Dienste & Funktionen	Zustandsüberwachung	Funktions-simulation	Voraus-schauende Wartung	Konfigu-ration & Vertrieb	Dienst-qualität	Wissensmanagement
Technologische Verknüpfung	Produktinhärent		Sensoren / unidirektional		Aktuatoren / bidirektional	
Infrastruktur	On-premise		Edge		Fog	
					Cloud	

Abb. 1 Morphologischer Kasten mit DT Charakteristiken

sind die Charakteristika, auf deren Relevanz sich die Teilnehmer einigen konnten, grau dargestellt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst. DTs werden in der Literatur in verschiedenen strategischen Einsatzkontexten diskutiert, darunter Produktlebenszyklus Management, Product-Service-Systeme, Nachhaltigkeitsmanagement oder Vertriebsmanagement (Kritzinger et al. 2018; Negri et al. 2017). Die Hauptverwendungszwecke oder -kontexte von DTs innerhalb des Entwicklungsteams sind die ersten beiden, d. h. eine Abbildung des Lebenszyklus eines Produkts ist der primäre Fokus. Im Kontext der DTs wird auf einem hohen Abstraktionsniveau von den Prozessphasen Planung, Entwicklung und Nutzung gesprochen. In den Prozessphasen werden unterschiedliche Aktivitäten diskutiert, wie die Simulation eines Produkts in der Planungsphase, die dynamische Reaktion auf unerwartete Ereignisse in der Entwicklungsphase oder die Zustandsüberwachung in der Nutzungsphase (Holler et al. 2016; Ríos et al. 2015). In der betrachteten DT Fallstudie ist vor allem die Planungsphase relevant. Zusätzlich wird vor allem eine interne Nutzung sowie eine DT Nutzung beim Kunden angestrebt.

DTs können auf verschiedenen Produktebenen existieren, der Ebene von Komponenten, Systemen oder Systemen aus Systemen (Tao et al. 2019). DTs können auf diesen Produktebenen verschachtelt existieren, d. h. ein DT auf Komponentenebene kann Teil eines DTs auf System-Ebene sein. Die Fokusgruppe zeigte, dass für die geplante Plattform DTs auf der mittleren und der unteren Ebene wichtiger sind.

Informationen sind ein wichtiges Element der heutigen Wertschöpfung, zum Beispiel in Form von Aufträgen, Rechnungen, oder Stammdaten, die zur Erzeugung von Produkten und Dienstleistungen verwendet werden. Im Diskurs über DTs liegt der Schwerpunkt auf den Daten und Analysen, die mit einem DT erzeugt werden können. In der betrachteten Fallstudie ist vor allem die Visualisierung von deskriptiven Analysen neben Diensten wie Zustandsüberwachung aber auch Konfiguration relevant.

Für DTs ist die technologische Verknüpfung zwischen dem physischen Produkt und dem virtuellen Modell essentiell. Eine unidirektionale Verbindung ermöglicht entweder ein digitales Auslesen einer Maschine oder eine physische Veränderung einer Maschine durch einen digitalen Befehl, während eine bidirektionale Verbindung beide beschriebenen Szenarien zulässt (Kritzinger et al. 2018). Die Diskussion zeigte, dass eine umfassende Interkonnektivität zwischen den Hälften der DTs noch nicht geplant wird und stattdessen bereits vorhandene Funktionen der Maschinen verwendet werden, um DT Charakteristika zu realisieren. Zusätzlich wurde das Bereitstellen der digitalen Modelle im MB-Unternehmen oder bei Cloud-Anbietern als relevant eingestuft. Die Einigung auf die wichtigsten DT Charakteristika trug deutlich zur Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses von DTs für das Entwicklungsteam bei.

4.2 Die Entwicklungsphase

In der Entwicklungsphase wurden drei weitere Spannungsfelder identifiziert. Im zweiten Spannungsfeld (SF2) konnten wir beobachten, dass eine gemeinsame Vi-

sion der zu entwickelnden digitalen Plattform fehlte. Durch die Anlehnung an die internen digitalen Infrastrukturen der MB-Unternehmen entstanden darüber hinaus die Spannungsfelder (SF3) *spezialisierte Einzellösungen*, die noch technisch zu integrieren waren und (SF4) *fehlende nutzungsorientierte Gestaltung*.

Das zweite Spannungsfeld (SF2) der *fehlenden gemeinsamen Visionen* der zu entwickelnden digitalen Plattform begründet sich zum Teil durch das heterogene DT Verständnis und zum Teil durch das Fehlen von gemeinsamen Gestaltungsleitsätzen.

Als Lösungsmechanismus (LM2) einigte man sich auf drei *übergeordnete Gestaltungsprinzipien* für die DT Plattform (Wache and Dinter 2021). Das erste Prinzip lautet Cyber-physische (Re-) Konfigurierbarkeit. Dieses Prinzip beschreibt, dass die DT Plattform ein Konfigurationssystem umfassen soll, welches zum einen die physische Maschine und zum anderen die damit verbundenen Dienste konfigurierbar macht.

Als zweites Gestaltungsprinzip verständigte sich das Entwicklungsteam auf Produkt Smartness. Dieses Prinzip beschreibt, dass die Maschinen und Anlagen, die über die DT Plattform verwaltet werden, mit konkreten daten-getriebenen Diensten verknüpft werden sollen. Durch diese Dienste, die dann die Akteure abrufen können, wird die Maschine oder Anlage smart.

Als drittes Gestaltungsprinzip legte das Entwicklungsteam fest, dass es eine digitale Plattform als zentrales Verbindungselement geben soll. Durch die Fokussierung dieses Gestaltungsprinzips auf die unternehmensübergreifende Plattform statt auf einzelne DT Implementierungen in getrennten MB-Unternehmen wird der Aufbau eines digitalen Ökosystems gefördert. Es konnte ein Bogen zwischen der technischen Sicht auf den DT, den nutzungsbezogenen Diensten und der ganzheitlichen Sicht des DTs in einem Ökosystem mit vielen Akteuren geschaffen werden.

Als Lösungsmechanismus (LM3) zu den verschiedenen spezialisierten Lösungen (SF3) wurden die Best Practices des Entwicklungsteams durch die *Integration der Lösungsansätze zu einem Referenzmodell* zusammengeführt. Eine Anwendungsfall-sicht im Modell erfasst die konkreten Szenarien der Unternehmen und eine Architektur-Sicht bildet die konkreten technischen Lösungen der Entwickler ab (Wache et al. 2022). Durch die Integration der verschiedenen Instanzbestandteile im Referenzmodell und die integrierte Weiterentwicklung der Einzellösungen wurde auch das angestrebte übergreifende Konzept der wissenschaftlichen Partner adressiert.

Als Lösungsmechanismus (LM4) *nutzungsorientierte Ausarbeitung über Oberflächenprototypen* wurden die implementierten Einzelentwicklungen, wie VR-Konfigurator, Ersatzteilnachbestellung oder Service-Fall-Abwicklung, zunächst in einem Web-Anwendungsprototypen zusammengezogen, wodurch die Unternehmen entlang der Nutzungsszenarien, vom Kunden über den Produzenten zum Lieferanten navigieren konnten (Wache and Dinter 2021). Hierdurch konnte das Entwicklungsteam die technischen Einzellösungen erstmals im Nutzungskontext evaluieren und mögliche Einsatzzwecke, die vielleicht vorab nicht geplant wurden, durchdenken.

4.3 Die Nutzungsphase

In der Nutzungsphase entstand das Spannungsfeld (SF5) *mangelnde Integration in die Geschäftsmodelle*. Das Entwicklungsteam stellte sich die Frage, ob das Ziel einer

sofortigen Effizienzsteigerung des aktuellen oder eine zukünftige strategische Veränderung des Geschäfts besser wäre. Als Lösungsmechanismus (LM5) wurden Geschäftsmodellworkshops durchgeführt (Gassmann et al. 2015), um eine *Exploration und Navigation von Geschäftsmodell-Optionen* zu DT Plattformen zu ermöglichen.

Obwohl U1 zunächst die Optimierung des operativen Vertriebsprozesses durch die Nutzung von VR-Technologie anvisiert hatte, wurde in den Workshops festgestellt, dass darüber hinaus ebenfalls das Experience Selling, bei dem das Kundenerlebnis im Vordergrund steht, relevant ist. So könnte der Kunde bei einer geführten Konfiguration mit Hilfe einer VR-Brille die spätere Anlage erleben, während der Vertriebsmitarbeiter die Anforderungen des Kunden in Echtzeit mittels Veränderungen an der virtuellen Anlage umsetzt.

U2 und U3 zielten vor allem auf die Vereinfachung der Teilenachbestellung. So bietet U3 seinen Kunden eine Webseite an, auf der der Status einer Anlage eingesehen und Ersatzteile nachbestellt werden können. In den Workshops wurde dieser Fokus um die Sichtweise des Object Self Services erweitert. Dabei wird eine Anlage dazu befähigt, ihren Status selbstständig einschätzen und im Bedarfsfall Ersatzteile nachbestellen oder andere Services im Ökosystem auslösen zu können.

U4 plante eine datengestützte Verbesserung seines operativen Wartungsprozesses. Durch die Workshops identifizierte U4 die Möglichkeit neuer Wertversprechen in ihrer Wertschöpfungskette. Statt einer reinen Datenunterstützung des vorigen Wartungsprozesses, bei der ein Servicetechniker vor Ort auf relevante Daten zugreifen kann, setzt U4 nun eine Volldigitalisierung des Wartungsprozesses mittels Fernwartung um. Neben den beschriebenen wurden ebenfalls weitere Modelle wie Revenue Sharing, Pay What You Want oder Single Point of Contact für die zukünftige Gestaltung des Ökosystems diskutiert.

Durch diesen Ansatz konnte eine Balance zwischen Kurz- und Langzeitstrategie für die Nutzung zwischen den MB-Unternehmen erarbeitet werden. Es zeigte sich als Ergebnis, dass über die konkreten Entwicklungen hinaus Geschäftsmodellanpassungen, z. B. das Positionieren des eigenen Betriebes hin zum digitalen Dienstleister diskutiert wurden.

5 Diskussion und Fazit

Durch die agile Entwicklung der DT Plattform überschritten sich die Phasen Planung, Entwicklung und Nutzung und wurden zyklisch durchlaufen. Daraus resultiert unsere Beobachtung, dass auch die Spannungsfelder zyklisch durchlaufen wurden. Somit musste während des Aufbaus der DT Plattform und des darum entstehenden Ökosystems immer wieder geprüft werden, welche Spannungen zwischen den Akteuren abgebaut werden mussten.

Die beobachteten Spannungsfelder entstanden, da die verschiedenen Mitglieder aus dem Entwicklungsteam, die das zukünftige Service Ökosystem aufbauen, unterschiedliche Interessen verfolgten. Die beteiligten MB-Unternehmen strebten nach individuellen Szenarien, oft mit dem Fokus spezifische vorhandene Dienste oder Produkte zu optimieren oder zu ergänzen. Die SW-Entwickler strebten nach konkreten technischen Lösungen und der Integration neuer technischer Schlüsselressourcen

in die Wertschöpfung. Die wissenschaftlichen Partner strebten nach übergreifenden Konzepten und Implementierungen und fokussierten das veränderte Zusammenwirken der Akteure im Service Ökosystem.

Wir konnten die fünf Spannungsfelder (SF1) *heterogene DT Verständnisse*, (SF2) *fehlende gemeinsame Visionen*, (SF3) *spezialisierte Einzellösungen*, (SF4) *fehlende nutzungsorientierte Gestaltung*, und (SF5) *mangelnde Integration in die Geschäftsmodelle* identifizieren. Zusätzlich zeigen wir auf, dass fünf Lösungsmechanismen in dem DT Entwicklungsprojekt unserer Fallstudie die Spannungen abbauen und somit Störungen im Aufbau der DT Plattform und dem umgebenden Ökosystem beheben konnten. Die Lösungsmechanismen (LM1) *Synchronisierung zum DT Verständnis*, (LM2) *übergeordnete Gestaltungsprinzipien*, (LM3) *Integration der Lösungsansätze zu einem Referenzmodell*, (LM4) *nutzungsorientierte Ausarbeitung über Oberflächenprototypen*, und (LM5) *Exploration und Navigation von Geschäftsmodell-Optionen* sind fallspezifische Lösungen.

Auch in anderen Projekten zum Aufbau von DT Plattformen oder verwandten digitalen Plattformen und Ökosystemen sind ähnliche Spannungsfelder zu erwarten (Klostermeier et al. 2018). Sie werden nach unseren Beobachtungen im DT Beispiel in digitalen Ökosystem- statt in unternehmensinternen Projekten verursacht, da hier die fehlende gemeinsame Weltsicht die Zusammenarbeit stark beeinflusst (Lusch and Nambisan 2015). Zusätzlich wird bei Digitalisierungsprojekten in Ökosystemen oft ein lokales Optimum für das eigene Unternehmen statt der besten Lösung im Gesamtsystem angestrebt (Hein et al. 2019) und des Weiteren auf Effizienzsteigerung statt Geschäftsmodellinnovation durch digitale Technologien gesetzt (Vial 2019). Bei dem Projekt in unserer Fallstudie entstanden daraus sowohl technikbezogene (SF1/3/5) als auch nutzungsbezogene (SF2/4/5) Spannungsfelder (siehe Tab. 2).

Um ihre Perspektiven zu synchronisieren, sollten sich die Entwicklungsteams wiederkehrend die folgenden Leitfragen stellen, welche die Erfahrungen aus dem von uns beobachteten Entwicklungsprojekt bündeln, um sich die Spannungsfelder im Ökosystemaufbau bewusst zu machen, damit sie gelöst werden können. Die Fragen können in einem Workshop genutzt werden, indem zunächst die derzeitigen und ggf. die zukünftigen Stakeholder die jeweils eigene Perspektive beantworten, diskutieren und dann gemeinschaftlich die Ökosystemperspektive entwickeln. Als mögliche Abwandlung könnte nach der Diskussion der eigenen Perspektive jeder Stakeholder eine eigene Ökosystemperspektive entwickeln, bevor eine Zusammenführung erfolgt.

Tab. 2 Klassifizierung der beobachteten Spannungsfelder beim Ökosystemaufbau

Ursache	Technikbezug	Nutzungsbezug
<i>Fehlende gemeinsame Weltsicht</i>	SF1: Heterogene DT Verständnisse LM1: Synchronisierung zum DT Verständnis	SF2: Fehlende gemeinsame Visionen LM2: Übergeordnete Gestaltungsprinzipien
<i>Lokale Optimierung</i>	SF3: Spezialisierte Einzellösungen LM3: Integration der Lösungsansätze zu einem Referenzmodell	SF4: Fehlende nutzungsorientierte Gestaltung LM4: Nutzungsorientierte Ausarbeitung über Oberflächenprototypen
<i>Effizienzfokus</i>	SF5: Mangelnde Integration in die Geschäftsmodelle LM5: Exploration und Navigation von Geschäftsmodell-Optionen	

Unternehmensperspektive

- SF1: Welches Verständnis der digitalen Technologie haben wir?
- SF2: Welche Zielvision haben wir?
- SF3: Wie stellen wir uns das Gesamtsystem mit allen Akteuren im Ökosystem vor?
- SF4: Wie wollen wir die digitale Plattform im Ökosystem nutzen?
- SF5: Welche Geschäftsmodelle ermöglicht uns die digitale Plattform?

Ökosystemperspektive

- SF1: Was ist unser gemeinsames Verständnis der digitalen Technologie?
- SF2: Was ist unsere gemeinsame Zielvision?
- SF3: Führen unsere Vorstellungen und Einzelentwicklungen zu einem stimmigen Gesamtsystem?
- SF4: Wie wollen wir gemeinsam die digitale Plattform im Ökosystem nutzen?
- SF5: Wie führt die gemeinsame Wertschöpfung mit der digitalen Plattform zu einem übergeordneten Geschäftsmodell?

Durch die Stellung und Beantwortung dieser Leitfragen in den Spannungsfeldern können Entwicklungsprojekte eigene Lösungsmechanismen entwickeln, um Störungen des Aufbaus der digitalen Plattform zu adressieren.

Unsere Erkenntnisse basieren auf einem einzelnen Entwicklungsprojekt, welches sich auf DTs als digitale Technologie in der Branche des Maschinen- und Anlagenbaus fokussiert. Obwohl möglicherweise nicht alle Erkenntnisse auf andere DT oder sogar I4.0 Projekte übertragbar sind, denken wir, dass die Spannungsfelder und Lösungsmechanismen wichtige Anhaltspunkte für ähnliche Projekte bieten können, um Spannungen während des Aufbaus von digitalen Plattformen und Service Ökosystemen abzubauen.

In zukünftiger Forschung wäre es interessant und wichtig herauszuarbeiten, inwieweit diese Spannungen Hindernisse in den Entwicklungsprojekten darstellen oder ob der Wechsel zwischen Spannung und Auflösung ein Erfolgsfaktor ist, der die verschiedenen Parteien im Projekt und im Ökosystem synchronisiert.

Förderung Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt Co-TWIN wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (Förderkennzeichen 02P17D146) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Alter S (2013) Work system theory: overview of core concept, extensions, and challenges for the future. *J Assoc Inf Syst* 14(2):72–121
- Benlian A, Kettinger WJ, Sunyaev A, Winkler TJ (2018) Special section: the transformative value of cloud computing: A decoupling, platformization, and recombination theoretical framework. *J Manag Inf Syst* 35(3):719–739
- Blaschke M, Riss U, Haki K, Aier S (2019) Design principles for digital value co-creation networks: A service-dominant logic perspective. *Electron Markets* 29(3):443–472
- De Reuver M, Sørensen C, Basole RC (2018) The digital platform: a research agenda. *J Inf Technol* 33(2):124–135
- Gassmann O, Frankenberger K, Csik M (2015) The business model navigator: 55 models that will revolutionise your business. FT Publishing International, Upper Saddle River
- Hein A, Weking J, Schrieck M, Wiesche M, Böhm M, Krcmar H (2019) Value co-creation practices in business-to-business platform ecosystems. *Electron Mark* 29(3):503–518
- Holler M, Uebnickel F, Brenner W (2016) Digital twin concepts in manufacturing industries—A literature review and avenues for further research. In: 18th International Conference on Industrial Engineering (IIIE), S 1–9
- Kagermann H, Wahlster W, Helbig J (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 working group
- Klostermeier R, Haag S, Benlian A (2018) Digitale Zwillinge – Eine Explorative Fallstudie Zur Untersuchung von Geschäftsmodellen. *HMD* 55(2):297–311
- Kritzinger W, Karner M, Traar G, Henjes J, Sihm W (2018) Digital twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. *IFAC-PapersOnLine* 51(11):1016–1022
- Lasi H, Fettke P, Feld T, Hoffmann M (2014) Industry 4.0. *Bus Inf Syst Eng* 6(4):239–242
- Li L, Su F, Zhang W, Mao JY (2018) Digital transformation by SME entrepreneurs: a capability perspective. *Info Systems J* 28(6):1129–1157
- Ludwig T, Kotthaus C, Stein M, Durt H, Kurz C, Wenz J, Doublet T, Becker M, Pipek V, Wulf V (2016) Arbeiten Im Mittelstand 4.0 – KMU Im Spannungsfeld Des Digitalen Wandels. *HMD* 53(1):71–86
- Lusch RF, Nambisan S (2015) Service innovation: a service-dominant logic perspective. *MISQ* 39(1):155–175
- Negri E, Fumagalli L, Macchi M (2017) A review of the roles of digital twin in CPS-based production systems. *Procedia Manuf*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.198>
- Patton MQ (2014) Qualitative research and evaluation methods, 4. Aufl. SAGE, Thousand Oaks
- Ríos J, Hernández JC, Oliva M, Mas F (2015) Product avatar as digital counterpart of a physical individual product: Literature review and implications in an aircraft. *Adv Transdiscipl Eng* 2(1):657–666
- Rosen R, Von Wichert G, Lo G, Bettenhausen KD (2015) About the importance of autonomy and digital twins for the future of manufacturing. *IFAC-PapersOnLine* 28(3):567–572
- Tao F, Zhang M, Nee AYC (2019) Digital twin driven smart manufacturing. Academic Press, London
- Vial G (2019) Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *J Strateg Inf Syst* 28(2):118–144
- Wache H, Dinter B (2021) Digital Twins at the Heart of Smart Service Systems—An Action Design Research Study. In: 29th European Conference on Information Systems, Marrakech, S 1–17
- Wache H, Hübner JE, Hönigsberg S, Dinter B (2022) Closing the Implementation Gap of Digital Twins. In: 28th Americas Conference on Information Systems, Minneapolis, S 1–10
- Yin RK (2018) Case study research and applications: design and methods. SAGE, Los Angeles