

Krüger, Kim; Böttcher, Timo; Krcmar, Helmut

Article — Published Version

Digitale Zwillinge als Enabler Multipler Transformation: Eine Triple Bottom Line Fallstudie zur nachhaltigen Vertriebsinnovation

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Provided in Cooperation with:

Springer Nature

Suggested Citation: Krüger, Kim; Böttcher, Timo; Krcmar, Helmut (2026) : Digitale Zwillinge als Enabler Multipler Transformation: Eine Triple Bottom Line Fallstudie zur nachhaltigen Vertriebsinnovation, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Vol. 63, Iss. 1, pp. 181-198,
<https://doi.org/10.1365/s40702-026-01241-8>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/336708>

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/deed.de>



Digitale Zwillinge als Enabler Multipler Transformation: Eine Triple Bottom Line Fallstudie zur nachhaltigen Vertriebsinnovation

Kim Krüger · Timo Böttcher · Helmut Krcmar

Eingegangen: 26. September 2025 / Angenommen: 29. Dezember 2025 / Online publiziert: 19. Januar 2026
© The Author(s) 2026

Zusammenfassung Industrieunternehmen stehen zunehmend vor der Herausforderung, digitale, nachhaltige und organisationale Transformationen nicht isoliert, sondern gleichzeitig und in wechselseitiger Abhängigkeit zu bewältigen. Dieses komplexe Zusammenspiel, in der Literatur als multiple Transformation bezeichnet, erfordert neue Mechanismen, um divergierende Logiken zwischen Fachbereichen zu koordinieren. Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie die Rolle digitaler Zwillinge im industriellen B2B-Vertrieb. Auf Basis einer qualitativen Einzelfallstudie bei einem global agierenden Energietechnologiekonzern, die zehn Experteninterviews und einen Workshop mit einem Beratungsunternehmen umfasst, zeigen die Ergebnisse, dass digitale Zwillinge weit über die Funktion eines technischen Simulationswerkzeugs hinausgehen. Entlang der Triple Bottom Line werden ökonomische Effekte (z. B. beschleunigte Angebotszyklen, Kostensenkungen), ökologische Wirkungen (z. B. Vermeidung physischer Prototypen, frühzeitige Integration von Nachhaltigkeitskriterien) und soziale Implikationen (z. B. Entlastung von Mitarbeitenden, neue Kompetenzanforderungen, verbesserte funktionsübergreifende Zusammenarbeit) sichtbar. Zugleich zeigt die Studie, dass der digitale Zwilling als Boundary Object fungiert und damit einen theoretischen Beitrag zur IS-Forschung leistet, indem er digitale Artefakte als koordinierende Elemente multipler

✉ Kim Krüger · Timo Böttcher · Helmut Krcmar
School of Computation, Information and Technology, Technische Universität München,
Friedrich-Ludwig-Bauer-Str. 5, 85748 Garching, Deutschland
E-Mail: kim.krueger@tum.de

Timo Böttcher
E-Mail: timo.boettcher@sap.com

Helmut Krcmar
E-Mail: helmut.krcmar@tum.de

Timo Böttcher
SAP SE, Friedrich-Ludwig-Bauer-Str. 5, 85748 Garching, Deutschland

Transformation konzeptualisiert. Die Ergebnisse bieten zudem praxisorientierte Implikationen für die strategische Nutzung digitaler Schlüsseltechnologien.

Schlüsselwörter Digitaler Zwilling · Multiple Transformation · Triple Bottom Line · Nachhaltige Digitalisierung · Boundary Object

Digital Twins as Enablers of Multiple Transformation: A Triple Bottom Line Case Study of Sustainable Sales Innovation

Abstract Industrial firms increasingly face the challenge of addressing digital, sustainable, and organizational transformations not in isolation but simultaneously and in interdependent ways. This phenomenon, described in the literature as multiple transformation, requires new mechanisms to bridge divergent logics across functional domains. This study examines the role of digital twins in industrial B2B sales, a context where high complexity, long sales cycles, and growing sustainability demands create strong needs for integrated solutions. Drawing on a qualitative single-case study at a global energy technology company, which included ten expert interviews and a workshop with a consulting firm, the findings show that digital twins extend far beyond their role as technical simulation tools. Along the triple bottom line, the study identifies economic effects (e.g., accelerated quotation cycles, cost reductions), ecological impacts (e.g., reduced need for physical prototypes, early integration of sustainability metrics), and social implications (e.g., employee relief, new competence requirements, enhanced cross-functional collaboration). Moreover, the study demonstrates that the digital twin acts as a boundary object, contributing to IS research by conceptualizing digital artifacts as coordinating mechanisms of multiple transformation. The findings also provide practical implications for the strategic deployment of digital technologies in transformation contexts.

Keywords Digital Twin · Multiple Transformation · Triple Bottom Line · Sustainable Digitalization · Boundary Object

1 Warum der industrielle B2B-Vertrieb mehr als eine Transformation braucht

Industrieunternehmen sehen sich heute einem tiefgreifenden Wandel ausgesetzt. Technologische Innovationen wie Künstliche Intelligenz, Internet of Things oder immersive Simulationen treiben die digitale Transformation voran und verändern grundlegende Wertschöpfungslogiken in Unternehmen (Hinings et al. 2018; Nambisan et al. 2020). Gleichzeitig steigt der Druck durch ökologische Anforderungen, regulatorische Vorgaben sowie Erwartungen gesellschaftlicher Stakeholder, Nachhaltigkeitsstrategien umfassend und langfristig zu verankern (Bansal und Song 2017; Böttcher et al. 2024). Diese Entwicklungen erfordern erhebliche organisatorische Anpassungen, da bestehende Strukturen, Routinen und Rollen mit den neuen technologischen und ökologischen Anforderungen oft nicht mehr kompatibel sind (Tum-

bas et al. 2018). Diese gleichzeitige Überlagerung von digitalen, nachhaltigen und organisationalen Veränderungsprozessen wird in der Literatur zunehmend als multiple Transformation diskutiert (Schoormann und Kutzner 2020; Wessel et al. 2021). Sie beschreibt das komplexe Zusammenspiel verschiedener Veränderungstreiber, die nicht sequenziell, sondern gleichzeitig und oft interdependent auftreten.

Besonders deutlich zeigt sich diese Dynamik im industriellen B2B-Vertrieb. Unternehmen agieren hier mit technisch hochkomplexen Angeboten, langen Verkaufszyklen und intensiven Abstimmungsprozessen zwischen mehreren Fachbereichen sowie externen Stakeholdern. Traditionelle Angebotsprozesse sind häufig durch manuelle Kalkulationen, statische Dokumentationen und isolierte Fachlogiken geprägt, was zu Ineffizienzen, Missverständnissen und hohen Prozesskosten führt. Gleichzeitig steigt der Druck von Kunden, regulatorischen Institutionen und gesellschaftlichen Stakeholdern, nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische und soziale Kriterien bereits in frühen Projektphasen transparent zu berücksichtigen (Evans et al. 2017). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit integrierter Ansätze, die technologische Effizienzgewinne, Nachhaltigkeitsziele und organisationale Transformation miteinander verbinden und somit eine funktionsübergreifende Koordination ermöglichen (Bharadwaj et al. 2013).

Vor diesem Hintergrund rücken digitale Zwillinge als Schlüsseltechnologie in den Fokus. Während sie in Forschung und Praxis bisher vor allem in Produktion, Wartung oder Supply Chain Management diskutiert wurden (Ivanov 2023; Tao et al. 2019), zeigen sich im Kontext des Vertriebs bislang kaum untersuchte Potenziale. Ein digitaler Zwilling ermöglicht die virtuelle Abbildung komplexer Systeme und dient damit nicht nur der technischen Simulation, sondern auch als geteilte visuelle und datenbasierte Grundlage für funktionsübergreifende Zusammenarbeit (Holopainen et al. 2024; Sharma et al. 2022). Da vertriebsrelevante Entscheidungen in industriellen Kontexten in hohem Maße von technischen, wirtschaftlichen und zunehmend auch nachhaltigkeitsbezogenen Informationen abhängen, erfordert der Vertriebsprozess eine enge Abstimmung zwischen unterschiedlichen Wissensdomänen. Digitale Zwillinge können in diesem Zusammenhang als Boundary Objects fungieren, die divergierende Perspektiven integrieren und organisationsübergreifende Koordination ermöglichen (Fang et al. 2022; Levina und Vaast 2005). In der bisherigen Forschung wurde die Rolle des digitalen Zwillings jedoch vorwiegend aus einer technischen oder prozessualen Perspektive betrachtet (Fett et al. 2025; Reim et al. 2023), während seine Funktion als Boundary Object im Sinne der Triple Bottom Line¹ bislang kaum Beachtung gefunden hat. Um digitale Zwillinge in diesem erweiterten Verständnis zu erfassen, ergibt sich folgende Forschungsfrage: *Welche ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen entfaltet der Einsatz eines digitalen Zwillings im industriellen B2B-Vertrieb, und wie kann er als Boundary Object zur Koordination multipler Transformation beitragen?*

Um diese Frage zu adressieren, wird in der vorliegenden Studie die Rolle des digitalen Zwillings im B2B-Vertrieb eines global agierenden Industriekonzerns mit

¹ Das Konzept der Triple Bottom Line wurde von Elkington (1997) eingeführt und beschreibt die integrierte Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Wirkungsdimensionen in unternehmerischen Entscheidungsprozessen.

Schwerpunkt Energietechnologie (im Folgenden *Unternehmen Alpha*) untersucht. Anhand einer qualitativen Einzelfallstudie werden zehn Experteninterviews mit Mitarbeitenden aus Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement sowie die Ergebnisse eines von einem internationalen Beratungsunternehmen durchgeführten Workshops ausgewertet, der speziell auf die Digitalisierung im Vertriebsumfeld des Unternehmens ausgerichtet war. Der Beitrag leistet damit sowohl einen theoretischen Impuls für die Diskussion um digitale Artefakte als Enabler multipler Transformation als auch praxisorientierte Einsichten für Unternehmen, die digitale Schlüsseltechnologien strategisch in Transformationsprozessen verankern wollen.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt. Zunächst wird der theoretische Bezugsrahmen zu multipler Transformation sowie zur Rolle digitaler Artefakte als Boundary Objects entwickelt. Darauf aufbauend wird das qualitative Forschungsdesign einschließlich des empirischen Settings sowie der Datenerhebung und -analyse erläutert. Anschließend werden die empirischen Ergebnisse der Fallstudie entlang der Dimensionen der Triple Bottom Line dargestellt und im Hinblick auf die Rolle des digitalen Zwillings als Enabler multipler Transformation diskutiert. Den Abschluss bildet ein Fazit, das zentrale Erkenntnisse zusammenfasst sowie Implikationen für Forschung und Praxis, Limitationen der Studie und Ansatzpunkte für zukünftige Forschung aufzeigt.

2 Multiple Transformation und die Rolle digitaler Artefakte

Industrieunternehmen stehen zunehmend vor der Herausforderung, digitale, nachhaltige und organisationale Veränderungen gleichzeitig zu bewältigen. Digitale Transformation verändert durch neue Technologien Geschäftsprozesse und Wertschöpfungsketten (Hund et al. 2021), während Nachhaltigkeitsanforderungen eine strategische Neuausrichtung in Richtung ökologischer Effizienz und sozialer Verantwortung notwendig machen (Schoormann und Kutzner 2020). Parallel dazu müssen bestehende Strukturen, Routinen und kulturelle Muster kontinuierlich angepasst werden, um diese Entwicklungen erfolgreich aufnehmen zu können (McCarthy et al. 2025). Vor diesem Hintergrund verfolgt das Kapitel das Ziel, die theoretische Basis für das Verständnis dieser ineinandergreifenden Transformationsdynamiken zu schaffen. Abschn. 2.1 diskutiert die Bedeutung organisationalen Wandels und digitaler Innovation sowie die Rolle digitaler Artefakte als Boundary Objects in Koordinationsprozessen. Abschn. 2.2 vertieft darauf aufbauend das Konzept digitaler Zwillinge, ihre technologischen Grundlagen und ihr Potenzial als integrative Schnittstellen in komplexen organisationalen Kontexten.

2.1 Boundary Objects vor dem Hintergrund des organisationalen Wandels und der digitalen Innovation

Organisationaler Wandel beschreibt tiefgreifende Anpassungen von Strukturen, Prozessen, Routinen und Kulturen in Unternehmen. Er ist keine einmalige Reaktion auf externe Auslöser, sondern ein kontinuierlicher Prozess, in dem Organisationen ihre Arbeitsweisen und Geschäftsmodelle an veränderte Rahmenbedingungen anpassen

(vom Brocke et al. 2021). Digitale Technologien spielen dabei eine zunehmend zentrale Rolle. Sie schaffen neue Möglichkeiten, Informationen zu verarbeiten, Geschäftsprozesse zu gestalten und Kundenbeziehungen zu organisieren (Riasanow et al. 2019). In der Literatur wird daher zwischen IT-getriebener Transformation, also der Weiterentwicklung bestehender Strukturen und digitaler Transformation, einem grundlegenden Wandel von Identität, Wertversprechen und Organisation unterschieden (Wessel et al. 2021). Für Unternehmen bedeutet das, dass digitale Technologien sowohl inkrementelle Prozessverbesserungen als auch grundlegende Neuausrichtungen auslösen können. Gerade im industriellen B2B-Vertrieb, wo komplexe Produkte und funktionsübergreifende Abstimmungsprozesse dominieren, wirken solche technologisch initiierten Veränderungen besonders stark, da digitale Systeme Koordination und Entscheidungsfindung maßgeblich mitgestalten.

In diesem Zusammenhang ist digitale Innovation von besonderer Bedeutung und bezieht sich auf die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, die durch digitale Technologien ermöglicht oder transformiert werden (Yoo et al. 2010). Durch die Rekombinierbarkeit und Kontextsensitivität digitaler Komponenten eröffnen digitale Innovationen vielfältige Gestaltungsoptionen (Hund et al. 2021). Gleichzeitig erfordern sie organisatorische Anpassungen, da bestehende Prozesse, Rollen und Entscheidungsstrukturen nicht zwangsläufig mit den neuen Möglichkeiten übereinstimmen (Nambisan et al. 2017). Organisationen müssen daher sowohl Veränderungen in Kunden-, Markt- und Umweltbedingungen frühzeitig wahrnehmen als auch diese in tragfähige Geschäftsoptionen übersetzen (Böttcher et al. 2022). Dies macht digitale Innovationen zu einem sozio-kognitiven Phänomen, das intensive Wissensintegration über Fachbereichsgrenzen hinweg erfordert (McCarthy et al. 2025). Gerade hier setzen digitale Artefakte wie digitale Zwillinge an und schaffen gemeinsame Referenzpunkte, unterstützen funktionsübergreifende Zusammenarbeit und wirken in Transformationsprozessen als verbindende Elemente, die technologische, ökonomische und organisationale Logiken miteinander koordinieren.

Eine entscheidende Rolle in diesen Transformationsprozessen übernehmen digitale Artefakte. Als technische Repräsentationen, Plattformen oder Simulationstools wirken sie nicht nur als neutrale Werkzeuge, sondern als aktive Mediatoren organisationaler Praxis, die vor allem in hochgradig verteilten oder heterogenen Teams als Mechanismen der Wissenskoordination fungieren (Fang et al. 2022). Dabei schaffen sie gemeinsame Referenzpunkte, die es ermöglichen, fragmentiertes Wissen aus unterschiedlichen Fachbereichen zusammenzuführen. Digitale Artefakte sind somit nicht nur Hilfsmittel zur Informationsverarbeitung, sondern strukturieren die Art und Weise, wie Organisationen zusammenarbeiten, Probleme lösen und Entscheidungen treffen.

Dieses Verständnis führt direkt zum Konzept des Boundary Objects, das in der IS-Forschung vielfach genutzt wird, um die Rolle digitaler Artefakte als verbindende Elemente zwischen verschiedenen Wissensdomänen zu beschreiben (Barrett et al. 2016). Boundary Objects zeichnen sich dadurch aus, dass sie flexibel genug sind, um den spezifischen Bedürfnissen unterschiedlicher Akteursgruppen zu entsprechen, gleichzeitig jedoch stabil genug bleiben, um eine gemeinsame Grundlage der Verständigung zu sichern (Levina und Vaast 2005). Damit fungieren sie als Über-

setzungsmechanismen zwischen Wissensdomänen und schaffen geteilte Bedeutungen, ohne dass vollständige Homogenisierung erforderlich ist. Im Kontext digitaler Innovation können digitale Artefakte diese Funktion übernehmen, indem sie technische, ökonomische und organisationale Perspektiven miteinander verbinden (Fang et al. 2022). Für die Praxis organisationaler Transformation ergibt sich daraus, dass digitale Innovationen nicht primär durch ihre technischen Eigenschaften, sondern durch ihre Funktion als integrative Schnittstellen verstanden werden sollten, die Zusammenarbeit zwischen Abteilungen mit unterschiedlichen Logiken ermöglichen und neue Formen interdisziplinärer Entscheidungsfindung eröffnen (McCarthy et al. 2025).

2.2 Digitale Zwillinge

Digitale Zwillinge beschreiben die digitale Repräsentation eines physischen Objekts, Prozesses oder Systems, die in Echtzeit mit Daten aus der realen Welt verbunden ist (Fuller et al. 2020). Durch die Integration von Sensordaten, historischen Informationen und Simulationstechniken entsteht ein virtuelles Modell, das nicht nur den aktuellen Zustand des physischen Gegenstücks widerspiegelt, sondern auch die Prognose zukünftiger Szenarien ermöglicht (Tao et al. 2019). Ursprünglich aus der Produktentwicklung und dem Ingenieurwesen hervorgegangen (Grieves und Vickers 2016), gilt der digitale Zwilling heute als eine Schlüsseltechnologie der Industrie 4.0 und gewinnt zunehmend auch in unternehmensübergreifenden Management- und Dienstleistungskontexten an Bedeutung (Uhlemann et al. 2017).

Die Funktionsweise digitaler Zwillinge basiert auf der Kopplung mehrerer technologischer Bausteine. Zunächst werden physische Systeme durch Sensoren und IoT-Geräte kontinuierlich erfasst und die gewonnenen Daten über Plattformen oder Cloud-Infrastrukturen bereitgestellt (Haße et al. 2022). Diese Daten können durch Methoden wie Simulation, Visualisierung oder Machine Learning erweitert werden und bilden so ein dynamisches Abbild, das sowohl aktuelle Zustände überwacht als auch mögliche Entwicklungen unter unterschiedlichen Annahmen testbar macht (Tao et al. 2019). Im Gegensatz zu klassischen CAD- oder 3D-Modellen liegt der Mehrwert eines digitalen Zwillings in der permanenten Synchronisation zwischen physischer und digitaler Welt.

Für Unternehmen ergeben sich daraus vielfältige Mehrwerte. Auf operativer Ebene ermöglichen digitale Zwillinge eine genauere Planung, effizientere Ressourcennutzung und die frühzeitige Erkennung von Problemen (Fuller et al. 2020; Ivanov 2023). Strategisch können sie als Plattform für Datenintegration und Wissensmanagement dienen, indem sie Informationen aus verschiedenen Abteilungen bündeln und in einer gemeinsamen virtuellen Umgebung verfügbar machen (Korotkova et al. 2023). Dadurch tragen sie nicht nur zur Effizienzsteigerung bei, sondern eröffnen auch neue Formen von Zusammenarbeit und Entscheidungsfindung, insbesondere in komplexen Projekten mit vielen Beteiligten.

Im Kontext dieses theoretischen Verständnisses ist hervorzuheben, dass auch der bei Alpha eingesetzte digitale Zwilling bereits erste Ausprägungen eines integrierten virtuellen Modells aufweist. Alpha nutzt digitale Zwillingskonzepte insbesondere im Rahmen der Angebots- und Projektvorbereitung, um komplexe Energiesysteme vir-

tuell zu veranschaulichen und technische Parameter für interne und externe Stakeholder zugänglich zu machen. Die bestehende Lösung ermöglicht es, Systemverhalten zu simulieren, Varianten zu vergleichen und Auswirkungen technischer Anpassungen sichtbar zu machen, insbesondere in Ausschreibungsphasen, in denen physische Demonstrationen bislang ressourcenintensiv waren. Auch wenn der aktuelle digitale Zwilling bei Alpha noch nicht vollständig in alle Daten- und Prozesslandschaften integriert ist, fungiert er bereits als zentrales Artefakt zur Visualisierung komplexer Systemzusammenhänge und bildet damit eine geeignete Grundlage für die nachfolgende Analyse. Vor diesem Hintergrund richtet sich Kap. 3 der Studie auf das methodische Vorgehen, mit dem die Wirkungen dieses digitalen Zwillings empirisch untersucht werden.

3 Methodisches Vorgehen

Um die Rolle des digitalen Zwillings als Enabler multipler Transformationen im industriellen B2B-Vertrieb zu untersuchen, wurde ein qualitatives, fallbasiertes Forschungsdesign gewählt (Eisenhardt 1989; Yin 2018). Diese Vorgehensweise eignet sich besonders zur Analyse neuartiger und wenig erforschter Phänomene in ihrem realweltlichen Kontext, da sie eine tiefgehende Erfassung organisationaler Praktiken, Wahrnehmungen und Spannungsfelder ermöglicht (Myers und Avison 2002). Dies ist im vorliegenden Fall von hoher Relevanz, da die Einführung des digitalen Zwillings technologische, ökologische und organisationale Dimensionen zugleich betrifft. Die folgenden Abschnitte stellen die Datenerhebung sowie die Schritte der Datenanalyse dar und erläutern, wie aus Interviews, Workshopmaterial und Dokumenten die theoretischen Kategorien der Untersuchung entwickelt wurden.

Das empirische Setting der Studie ist ein global agierender Industriekonzern mit Schwerpunkt Energietechnologie (Alpha). Zum Zeitpunkt der Untersuchung befand sich das Unternehmen in der Implementierung eines digitalen Zwillings zur Simulation von Energieprojekten im Vertrieb. Ziel war es, nicht nur die Effizienz in Angebots- und Ausschreibungsprozessen zu erhöhen, sondern zugleich Nachhaltigkeitsziele zu integrieren und die funktionsübergreifende Zusammenarbeit zwischen Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement zu fördern.

3.1 Datenerhebung

Die Datenerhebung basiert auf leitfadengestützten Experteninterviews und einem funktionsübergreifenden Workshop. Im Rahmen des qualitativen Fallstudiendesigns folgt die Studie den methodischen Empfehlungen von Yin (2018), der Interviews und Workshops als zentrale Evidenzquellen hervorhebt, um komplexe Phänomene in ihrem organisationalen Kontext ganzheitlich zu erfassen. Insgesamt wurden zehn semi-strukturierte Interviews mit Stakeholdern aus Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement geführt, die maßgeblich an der Nutzung oder strategischen Einbettung des digitalen Zwillings beteiligt sind. Durch gezielte Auswahl (*purposive sampling*, (Patton 2002)) wobei drei Kriterien berücksichtigt wurden: (1) direkte Beteiligung an der Nutzung, Entwicklung oder strategischen Implementierung des

Tab. 1 Übersicht der Interviewpartner

ID	Funktion	Rolle in Unternehmen Alpha	Bezug zum digitalen Zwilling
P1	Vertrieb	Senior Sales Manager	Pilotprojektleitung
P2	Vertrieb	Proposal Engineer	Nutznug von Simulationstools
P3	Engineering	Lead Engineer	Systemmodellierung
P4	Engineering	Technischer Experte	Datenintegration
P5	Nachhaltigkeit	Umweltanalyst	Bewertung von CO ₂ -Kennzahlen
P6	Nachhaltigkeit	Strategiemanager	Verknüpfung von KPIs mit Vertrieb
P7	Digitalisierung	IT-Architekt	Plattformintegration
P8	Digitalisierung	Projektmanager	Rollout-Koordination
P9	Vertrieb	Key Account Manager	Kundeninteraktion
P10	Management	Vertriebsdirektor	Gesamtverantwortung

digitalen Zwillings, (2) Zugehörigkeit zu organisationalen Funktionen, die im Angebotsprozess zusammenwirken, und (3) unterschiedliche Perspektiven auf technische, ökonomische und ökologische Aspekte. Die Gespräche wurden zwischen Mai 2024 und Juni 2025 virtuell durchgeführt und dauerten jeweils 45 bis 75 min. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Interviewteilnehmenden, einschließlich ihrer Funktion, ihrer Rolle im Unternehmen sowie ihrer Rolle bzw. Beziehung zum digitalen Zwilling.

Der Leitfaden umfasste drei Schwerpunkte: (1) bisherige Erfahrungen mit Angebots- und Ausschreibungsprozessen, (2) wahrgenommene Chancen und Herausforderungen durch den Einsatz des digitalen Zwillings sowie (3) Auswirkungen auf ökonomische, ökologische und organisationale Dimensionen. Die halbstrukturierte Form ermöglichte es, sowohl eine Vergleichbarkeit der Interviews sicherzustellen als auch flexibel auf neu auftkommende Themen einzugehen.

Zusätzlich zu den Interviews wurde ein halbtägiger Workshop mit 15 Teilnehmenden und in Zusammenarbeit mit einem international tätigen Beratungsunternehmen durchgeführt, das auf digitale Strategien spezialisiert ist und folgte ebenfalls der Logik multipler Evidenzquellen für Fallstudien (Yin 2018). Der Workshop war auf die spezifischen Digitalisierungsanforderungen des Vertriebs von Unternehmen Alpha zugeschnitten und diente dazu, Use Cases für den Einsatz des digitalen Zwillings zu konkretisieren sowie unterschiedliche Stakeholder-Perspektiven einzubeziehen. In Kleingruppen wurden Anwendungsfälle simuliert, potenzielle Vorteile und Herausforderungen diskutiert und konkrete Einsatzszenarien ausgearbeitet. Die Ergebnisse wurden in Form von Protokollen festgehalten. Der Workshop erlaubte es, neben individuellen Sichtweisen auch kollektive Aushandlungsprozesse sichtbar zu machen.

3.2 Datenanalyse

Die Auswertung erfolgte nach der Gioia-Methologie (Gioia 2021), die in der Wirtschaftsinformatik etabliert ist, um aus empirischem Material theoriebildend vorzugehen (Gioia et al. 2013). Der Analyseprozess war induktiv ausgerichtet. In einem ersten Schritt wurden die Interviewtranskripte und Workshopprotokolle offen codiert. Dabei wurden Formulierungen der Befragten möglichst nah am Original über-

nommen. So berichtete ein Vertriebsmitarbeiter etwa: „*Früher haben wir Wochen gebraucht, um Excel-Tabellen zu aktualisieren*“ (P2), während ein Nachhaltigkeits-experte erklärte: „*Das Modell hilft uns, Nachhaltigkeitsmetriken so zu visualisieren, dass Kunden sie auch wirklich verstehen*“ (P5). Solche Aussagen wurden als erste Ordnungskonzepte erfasst. Im zweiten Schritt wurden die insgesamt 28 First-Order-Codes zu acht übergeordneten Second-Order-Themen gebündelt, darunter u. a. *Prozesseffizienz, Kundeninteraktion, Integration von Nachhaltigkeit und neue Kompetenzanforderungen*. Diese Themen reflektieren unterschiedliche Wirkungsdimensionen des digitalen Zwillings, die später im Ergebnisteil entlang der Triple Bottom Line beschrieben werden. Im dritten Schritt wurden die Second-Order-Themen in drei theoretische Dimensionen abstrahiert. Diese Aggregation orientiert sich am Triple-Bottom-Line-Rahmen (Adams et al. 2013) und bildet zugleich die Grundlage dafür, die Rolle des digitalen Zwillings als Boundary Object zu interpretieren. Die empirischen Kategorien wurden mit zentralen Konzepten der Boundary-Object-Forschung systematisch verknüpft, insbesondere der gleichzeitigen Flexibilität und Stabilität digitaler Artefakte (Levina und Vaast 2005) sowie ihrer Rolle als Übersetzungs- und Koordinationsmechanismen zwischen heterogenen sozialen Welten (Barrett et al. 2016). So wurde z. B. das Thema „vereinheitlichte Datengrundlagen“ mit dem Stabilitätskriterium von Boundary Objects verknüpft, während „Szenarioflexibilität für unterschiedliche Stakeholder“ dem Flexibilitätskriterium zugeordnet wurde. Um Validität und Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, wurden die Codes von zwei Forschenden unabhängig entwickelt und anschließend abgeglichen. Abweichungen wurden im Diskurs bereinigt und Kategorien iterativ weiterentwickelt.

4 Ergebnisse

Ausgehend von der Forschungsfrage, welche ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen der digitale Zwilling im industriellen B2B-Vertrieb entfaltet und wie er als Boundary Object zur Koordination multipler Transformation beitragen kann, stellt dieses Kapitel die zentralen empirischen Befunde der Fallstudie dar. Die Ergebnisse sind entlang der drei Dimensionen der Triple Bottom Line gegliedert und umfassen (1) ökonomische Wirkungen, (2) ökologische Wirkungen und (3) soziale Wirkungen.

Die Untersuchung des Einsatzes eines digitalen Zwillings bei Unternehmen Alpha verdeutlicht, dass die Technologie weit über eine reine Prozessdigitalisierung hinausgeht. Der digitale Zwilling zur Simulation von Energieprojekten wirkt nicht nur auf die technische Abbildung von Systemen, sondern verändert grundlegend die ökonomischen, ökologischen und sozialen Dimensionen des Angebotsprozesses. Entlang der Triple Bottom Line wird deutlich, dass die Einführung des digitalen Zwillings eine integrierte Form multipler Transformation ermöglicht. Sie synchronisiert technologische, nachhaltigkeitsbezogene und organisationale Veränderungen an einer gemeinsamen Referenz (Modell, Daten, Visualisierung) und verschiebt Entscheidungslogiken bereits in die frühe Vertriebsphase.

4.1 Ökonomische Wirkungen

Die ökonomischen Effekte des digitalen Zwillings zeigen sich vor allem in der grundlegenden Transformation des Angebots- und Ausschreibungsprozesses. Vor der Einführung war dieser Prozess durch eine Vielzahl manueller, oft Excel-basierter Berechnungen geprägt, die mit umfangreichen Dokumentationen und wiederholten Abstimmungsschleifen zwischen Vertrieb und Engineering verbunden waren. Dies führte nicht nur zu langen Durchlaufzeiten, sondern auch zu erheblichen Kosten. Ein Interviewpartner beschrieb, dass *„die Angebotserstellung teilweise über Monate hinweg lief, weil jede Änderung mehrfach in unterschiedliche Dokumente eingetragen werden musste“* (P1). Durch die Einführung des digitalen Zwillings werden diese statischen Artefakte ersetzt: Das Modell integriert technische Systeme, Kostenparameter und Konfigurationsoptionen in Echtzeit und ermöglicht sofortige Anpassungen. Änderungen, die zuvor zeitaufwändig und fehleranfällig waren, können nun im digitalen Modell durchgeführt und unmittelbar im Team oder mit Kunden visualisiert werden.

Dadurch verkürzen sich die Angebotszyklen erheblich, was von mehreren Befragten bestätigt wurde. So wurde berichtet, dass *„die Entscheidungsgeschwindigkeit auf Kundenseite steigt, weil Anpassungen sofort sichtbar sind“* (P7). Diese Beschleunigung schafft nicht nur kurzfristige Effizienzgewinne, sondern wirkt sich auch auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens aus. Hinzu kommt die Standardisierung und Wiederverwendbarkeit einzelner Modellbausteine, die es ermöglicht, wiederkehrende Projektarten schneller zu bearbeiten. Ein Workshop-Teilnehmer betonte, dass durch die Modularisierung der Modelle eine Art Bibliothek entsteht, die bei künftigen Ausschreibungen eingesetzt werden kann.

Ein weiterer Effekt betrifft die Kostenseite. Da physische Prototypen, Testaufbauten oder aufwendige Präsentationsmaterialien zunehmend durch virtuelle Simulationen ersetzt werden, sinken die Ausgaben für Material, Fertigung und Logistik. Zudem verringert sich die Fehleranfälligkeit, weil Inkonsistenzen zwischen verschiedenen Dokumenten nicht mehr entstehen. Für das Unternehmen ergibt sich daraus nicht nur ein kurzfristiger Effizienzgewinn, sondern auch ein nachhaltiger Wettbewerbsvorteil. In den Interviews wurde dieser Aspekt wiederholt hervorgehoben: *„Wir können uns durch die Transparenz und Geschwindigkeit im Angebot klar von Wettbewerbern abheben“* (P9).

4.2 Ökologische Wirkungen

Die ökologischen Effekte des digitalen Zwillings sind eng mit der Veränderung des Angebotsprozesses verknüpft. Indem physische Demonstratoren und Prototypen durch virtuelle Modelle ersetzt werden, sinkt der Ressourcenverbrauch signifikant. Dies betrifft sowohl Rohstoffe für den Bau von Testsystemen als auch indirekte Ressourcen wie Energie und Transport. Ein Mitarbeiter aus dem Engineering erläuterte, dass *„früher teilweise komplette Anlagenkomponenten für Vorführungen gebaut oder transportiert wurden – das entfällt nun vollständig“* (P1). Damit trägt der digitale Zwilling direkt zur Reduktion des ökologischen Fußabdrucks bei.

Darüber hinaus ermöglicht die Technologie, Nachhaltigkeitskriterien bereits in der Angebotsphase systematisch zu berücksichtigen. Während ökologische Aspekte traditionell erst in späteren Projektphasen adressiert wurden, erlaubt das Simulationsmodell, verschiedene Konfigurationen hinsichtlich Energieeffizienz, CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung zu vergleichen. Ein Vertriebsexperte wies darauf hin, dass *„Kunden zunehmend auch ökologische Kennzahlen einfordern, und wir diese nun direkt im Angebotsprozess bereitstellen können“* (P6). Damit stärkt der Digitale Zwilling nicht nur die ökologische Bottom Line, sondern etabliert Nachhaltigkeit als integralen Bestandteil des Verkaufsarguments.

Ein konkretes Beispiel aus der Fallstudie zeigt, wie Kunden mithilfe des Modells Szenarien durchspielen konnten, in denen ökologische und ökonomische Faktoren kombiniert wurden. So ließen sich höhere Investitionskosten für nachhaltigere Technologien in Relation zu langfristigen Einsparungen bei Betriebskosten und Emissionen transparent darstellen. Ein Kunde habe laut einem Befragten *„erst durch die Simulation verstanden, dass sich die nachhaltigere Lösung über die Lebenszeit tatsächlich rechnet“* (P5). Damit entwickelt sich der digitale Zwilling zu einem Instrument, das ökologische Zielsetzungen aktiv in die Entscheidungsprozesse von Kunden integriert. Gleichzeitig wurde in mehreren Interviews darauf hingewiesen, dass die Technologie auch einen zusätzlichen Energiebedarf für IT-Infrastruktur und Simulationen verursacht. Dennoch bestand Einigkeit darüber, dass die Gesamteinsparungen überwiegen. Wie ein Experte zusammenfasste: *„Natürlich braucht die Simulation Rechenleistung, aber die eingesparten Transporte und Materialien sind um ein Vielfaches höher“* (P8).

4.3 Soziale Wirkungen

Die sozialen Wirkungen des digitalen Zwillings sind ebenfalls deutlich erkennbar und betreffen sowohl die Mitarbeitenden als auch die Zusammenarbeit mit Kunden. Zunächst führt die Technologie zu einer Entlastung im Arbeitsalltag. Repetitive Tätigkeiten wie die manuelle Anpassung von Angebotsunterlagen oder das wiederholte Durchführen ähnlicher Berechnungen werden automatisiert. Dadurch sinkt die Arbeitsbelastung, und es entstehen Freiräume für höherwertige Aufgaben wie Beratungen oder die Entwicklung neuer Lösungen. Ein Mitarbeiter im Vertrieb bemerkte: *„Wir verbringen deutlich weniger Zeit mit Excel und können uns stattdessen stärker auf den Kunden konzentrieren“* (P1).

Parallel dazu verändern sich die Kompetenzanforderungen. Mitarbeitende benötigen zunehmend Fähigkeiten im Umgang mit Simulationsmodellen, in der Interpretation komplexer Daten und in der Visualisierung von Ergebnissen. Auch kommunikative Fähigkeiten gewinnen an Bedeutung, da die Modelle aktiv in Kundengesprächen eingesetzt werden. Mehrere Befragte (P2, P5, P8, P9) betonten, dass sich das Kompetenzprofil im Vertrieb spürbar verändert und datenbezogene Fähigkeiten deutlich an Bedeutung gewinnen. Konkret wies ein Vertriebsmitarbeiter darauf hin, dass *„die Rolle des Vertriebsberaters datengetriebener wird“* (P9). Für das Unternehmen bedeutet dies, dass Weiterbildungsprogramme und gezielte Kompetenzentwicklung unverzichtbar werden, um die Technologie langfristig erfolgreich zu implementieren.

Darüber hinaus wirkt der Digitale Zwilling als Katalysator für interdisziplinäre Zusammenarbeit. Während zuvor Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement oft in getrennten Datenwelten operierten, schafft das Modell eine gemeinsame visuelle und datenbasierte Referenz. Ein Teilnehmer des Workshops hob hervor, dass *„alle Beteiligten nun am gleichen Bild arbeiten – das macht Diskussionen schneller und klarer“*. Mitarbeitende berichten, dass Missverständnisse deutlich reduziert werden und Diskussionen auf eine sachlichere Grundlage gestellt werden. Auch die Interaktion mit Kunden verändert sich grundlegend. Kunden können im Modell unterschiedliche Szenarien nachvollziehen, eigene Anforderungen einbringen und deren Auswirkungen sofort visualisiert sehen. Ein Befragter stellte fest, dass *„Kunden durch den digitalen Zwilling viel stärker in die Lösungsentwicklung eingebunden werden“* (P10). Damit trägt die Technologie nicht nur zur internen Integration bei, sondern stärkt auch die Kundenbeziehung und schafft eine neue Qualität von Transparenz und Vertrauen im Verkaufsprozess.

5 Der Digitale Zwilling als Boundary Object und Enabler multipler Transformation

Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass der digitale Zwilling im industriellen B2B-Vertrieb weit über eine rein technische Simulationslösung hinausgeht. Vielmehr fungiert er als koordinierendes Artefakt, das unterschiedliche Funktionslogiken wie technische Machbarkeit, wirtschaftliche Zielgrößen und ökologische Anforderungen auf einer gemeinsamen Grundlage integriert. Damit wird er zu einer Plattform für Verständigung und Koordination, die es erlaubt, divergierende Anforderungen sichtbar und handhabbar zu machen.

Das Konzept eines Boundary Objects beschreibt Artefakte, die sowohl flexibel genug sind, um von verschiedenen Akteursgruppen unterschiedlich genutzt und interpretiert zu werden, als auch stabil genug, um eine gemeinsame Referenzbasis für die Koordination zu schaffen (Barrett et al. 2016; Levina und Vaast 2005). In bestehender Literatur wurde wiederholt gezeigt, dass digitale Artefakte eine solche Doppelrolle übernehmen können, indem sie zwischen heterogenen Domänen vermitteln, Wissensintegration ermöglichen und kooperative Handlungen strukturieren (Fang et al. 2022; Nicolini et al. 2012). Unsere Ergebnisse legen nahe, den digitalen Zwilling im industriellen B2B-Vertrieb auf dieselbe Weise zu konzeptualisieren.

Als visuelles und datenbasiertes Referenzmodell verankert er technische Parameter (z. B. Systemkonfigurationen, Leistungskennzahlen), betriebswirtschaftliche Größen (z. B. Kosten, Zeit) und Nachhaltigkeitsmetriken (z. B. Energieeffizienz, CO₂-Einsparpotenziale) in einem einzigen Artefakt, das von Ingenieuren, dem Vertrieb und dem Nachhaltigkeitsmanagement gleichzeitig genutzt werden kann. Diese Integrationsleistung reduziert Interpretationsdivergenzen in frühen Phasen des Vertriebsprozesses, macht Zielkonflikte explizit und erlaubt Aushandlungsprozesse auf Basis desselben Modells. Damit erfüllt der digitale Zwilling zentrale Kriterien wirksamer Boundary Objects, indem er als gemeinsames Bezugssystem ohne notwendige Homogenisierung fungiert (Levina und Vaast 2005).

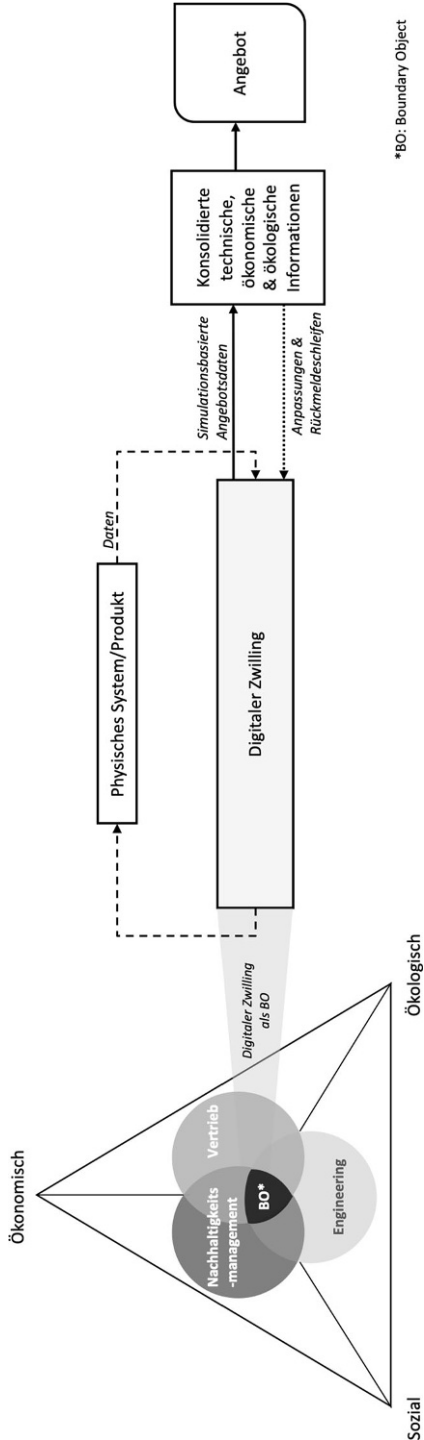


Abb. 1 Der digitale Zwilling als Boundary Object im industriellen B2B-Vertrieb

Abb. 1 veranschaulicht diese Koordinationsfunktion, indem sie zeigt, dass der digitale Zwilling nicht als isoliertes technisches Werkzeug zu verstehen ist, sondern als integratives Artefakt, das heterogene Fachlogiken in einem konsolidierten Prozessrahmen zusammenführt. Die drei organisationalen Bereiche *Vertrieb*, *Engineering* und *Nachhaltigkeitsmanagement* liefern jeweils unterschiedliche technische, ökonomische und ökologische Informationen, die in den digitalen Zwilling einfließen. Der digitale Zwilling fungiert somit als *Boundary Object*, das diese Informationen in einer konsistenten Modellumgebung bündelt und eine gemeinsame Datenbasis schafft, die für die Angebotserstellung entscheidungsrelevant ist. Auf dieser Grundlage können Mitarbeitende der beteiligten Bereiche nicht nur eigene Perspektiven einbringen, sondern ihre jeweiligen Zielsetzungen mit den Anforderungen der anderen Funktionslogiken abgleichen, was die funktionsübergreifende Koordination substantiell verbessert.

Die Abbildung verdeutlicht zudem die zirkuläre Dynamik dieses Prozesses. Der digitale Zwilling integriert Daten aus dem physischen System sowie funktionspezifische Informationen aus Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement und erzeugt simulationsbasierte Angebotsdaten. Diese werden zu konsolidierten Informationen zusammengeführt, die technische, wirtschaftliche und ökologische Aspekte bündeln und als Grundlage für die Angebotserstellung dienen. Anpassungen und Rückmeldungen aus dem Angebotsprozess fließen in den digitalen Zwilling zurück und ermöglichen einen kontinuierlichen Rückkopplungsprozess. In diesem Prozess können technologische Machbarkeit (also der Fähigkeit, technische Systemkonfigurationen, Leistungskennzahlen, räumliche oder infrastrukturelle Anforderungen sowie technische Risiken realitätsnah zu prüfen und zu validieren), wirtschaftliche Effizienz und ökologische Nachhaltigkeit (in der Grafik als Pole des Dreiecks *ökonomisch*, *sozial* und *ökologisch* visualisiert) gemeinsam verhandelt und transparent bewertet werden. Zugleich lässt sich diese Beobachtung mit aktuellen Arbeiten verbinden, die zeigen, dass digitale Technologien wie digitale Zwillinge nicht nur Koordinationsinstrumente darstellen, sondern auch dazu beitragen können, ökologische Nachhaltigkeit stärker in das Zentrum von Geschäftsmodellen zu integrieren (Böttcher et al. 2024). Dadurch wird der digitale Zwilling nicht nur zum Werkzeug der Systemdarstellung, sondern zum Aushandlungsraum multipler Transformation.

Damit unterstützt der digitale Zwilling multiple Transformation in zweifacher Hinsicht. Erstens wirkt er technologisch-prozessual. Er institutionalisiert neue Praktiken im Angebotsprozess (interaktive Simulation statt statischer Dokumente), schafft Wiederverwendungslogiken für Modellbausteine und etabliert datengetriebene Entscheidungsroutrinen (Hund et al. 2021). Zweitens wirkt er strategisch-organisational, indem er Kompetenzprofile verschiebt (Daten-/Visualisierungskompetenzen im Vertrieb), Nachhaltigkeitsziele anschlussfähig für kommerzielle Argumentationen macht und funktionsübergreifende Kollaboration als Normalfall verankert (Wessel et al. 2021; Yoo et al. 2010). In Summe entsteht eine koordinierende Infrastruktur (Dietz und Pernul 2020), die digitale, nachhaltige und organisationale Veränderung nicht sequenziell, sondern gleichzeitig und damit im Sinne eines multiple Transformation-Ansatzes adressiert. Indem er Markt- und Kundensignale in konkrete Modellvarianten übersetzt und deren Machbarkeit sichtbar macht, schafft

er eine Grundlage, um potenzielle Innovationen frühzeitig zu identifizieren und in umsetzbare Geschäftsoptionen zu überführen (Böttcher et al. 2022).

Besonders wichtig ist, dass diese Koordination nicht allein aus der Rechen- oder Visualisierungsleistung des digitalen Zwillings resultiert, sondern aus seiner Verwendungsform in Organisationen. Digitale Artefakte können insbesondere dann Wissenskoordination leisten, wenn sie gemeinsame Bezugspunkte erzeugen, die lokal anpassbar bleiben (Fang et al. 2022; Star und Griesemer 1989) und gleichzeitig governance-fähig sind, etwa durch klare Prinzipien für Nutzung, Versionierung und Rollenrechte (Haße et al. 2022). Damit positioniert sich der digitale Zwilling als dynamisches Boundary Object, das nicht nur technologische Effizienz, sondern auch organisationale Lernprozesse und nachhaltige Wertschöpfungslogiken ermöglicht und somit in besonderer Weise geeignet ist, multiple Transformationen in technologieintensiven Industrien zu unterstützen.

6 Fazit

Die vorliegende Studie zeigt, dass digitale Zwillinge im industriellen B2B-Vertrieb weit über ihre Funktion als technische Simulationsmodelle hinausgehen. Auf Basis einer qualitativen Einzelfallstudie bestehend aus zehn Experteninterviews und einem funktionsübergreifenden Workshop wurde deutlich, dass der digitale Zwilling als Boundary Object wirkt, das technische Machbarkeit, ökonomische Effizienz und ökologische Zielsetzungen in einem gemeinsamen Referenzrahmen integriert. Dadurch erleichtert er funktionsübergreifende Verständigung, beschleunigt Entscheidungsprozesse und ermöglicht die frühzeitige Berücksichtigung nachhaltigkeitsbezogener Anforderungen. Digitale Zwillinge werden damit zu Katalysatoren multipler Transformationen, weil sie technologische Innovation, organisatorischen Wandel und Nachhaltigkeitsorientierung gleichzeitig unterstützen.

Für die Praxis verdeutlichen die Ergebnisse, dass Unternehmen digitale Zwillinge im industriellen B2B-Vertrieb nicht ausschließlich als Effizienzwerkzeug verstehen sollten, sondern als strategische Infrastruktur, die funktionsübergreifende Koordination strukturiert und die gleichzeitige Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und nachhaltigkeitsbezogener Anforderungen bereits in frühen Phasen des Angebots- und Ausschreibungsprozesses ermöglicht. Der empirische Befund legt nahe, digitale Zwillinge frühzeitig im Vertriebsprozess zu verankern und organisatorisch so auszugestalten, dass sie von Vertrieb, Engineering und Nachhaltigkeitsmanagement gemeinsam genutzt werden können, etwa durch abgestimmte Datenstandards, klare Rollenverteilungen und geeignete Governance-Strukturen. Zugleich zeigt die Studie, dass der erfolgreiche Einsatz digitaler Zwillinge mit veränderten Kompetenzanforderungen im Vertrieb einhergeht, insbesondere im Umgang mit simulationsbasierten Modellen, datengetriebenen Argumentationen und der Visualisierung komplexer Systemzusammenhänge gegenüber Kunden. Entsprechend sollten Qualifizierungs- und Weiterbildungsmaßnahmen integraler Bestandteil der Implementierungsstrategie sein. Insgesamt wird deutlich, dass der Mehrwert digitaler Zwillinge weniger aus ihrer isolierten technischen Leistungsfähigkeit resultiert als aus ihrer organisationalen Einbettung und Nutzung als koordinierendes Artefakt.

Auf theoretischer Ebene leistet die Studie drei Beiträge. Erstens erweitert sie die Forschung zu Boundary Objects indem sie den digitalen Zwilling als dynamisches, simulationsbasiertes und datenzentriertes Koordinationsartefakt im industriellen Vertrieb konzeptualisiert (Barrett et al. 2016; Levina und Vaast 2005). Zweitens trägt sie zur Literatur zu multipler Transformation bei, indem sie zeigt, wie digitale Artefakte parallel digitale, nachhaltige und organisationale Veränderungslogiken unterstützen können (Wessel et al. 2021). Drittens ergänzt sie Arbeiten zu digitaler Innovation, indem sie den digitalen Zwilling als Aushandlungsraum in frühen Phasen der Wertschöpfung positioniert und dessen Rolle für die Integration ökologischer Nachhaltigkeit hervorhebt.

Gleichzeitig weist die Studie Limitationen auf. Erstens basiert sie auf einer einzigen Fallstudie, wodurch die Generalisierbarkeit eingeschränkt ist (Eisenhardt 1989; Yin 2018). Des Weiteren bildet die Untersuchung primär eine frühe Phase der Implementierung ab; langfristige Entwicklungen, mögliche Pfadabhängigkeiten oder organisatorische Widerstände konnten nicht vollständig erfasst werden. Zudem wurde ausschließlich ein organisationsinterner Anwendungsfall betrachtet, während interorganisationale Perspektiven nicht vollständig berücksichtigt wurden.

Daraus ergeben sich mehrere Ansatzpunkte für zukünftige Forschung. Erstens wären vergleichende Multi-Case-Studien geeignet, um zu untersuchen, wie unterschiedliche Branchen digitale Zwillinge als koordinierende Artefakte nutzen und welche organisationalen Bedingungen ihre Wirkung beeinflussen (Eisenhardt 1989; George und Bennett 2005). Zweitens würden sich longitudinale Studien anbieten, um die Entwicklung von Rollen, Kompetenzprofilen und Koordinationsmechanismen über einen längeren Zeitraum hinweg zu analysieren. Drittens sollte die Forschung stärker systematische Wechselwirkungen zwischen digitalen Zwillingen und verwandten digitalen Artefakten betrachten. Beispielsweise stellen digitale Produktpässe einen relevanten zukünftigen Forschungsgegenstand dar, da sie anders als der hier untersuchte simulationsbasierte digitale Zwilling auf unternehmensübergreifende Datenweitergabe und Nachverfolgbarkeit abzielen (Ducuing und Reich 2023). Auch wenn sie nicht Gegenstand der vorliegenden Studie sind, könnte künftig untersucht werden, wie Daten aus digitalen Zwillingen als Input für digitale Produktpässe genutzt werden können oder ob sie in bestimmten Kontexten alternative oder ergänzende Boundary Objects darstellen.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse, dass digitale Zwillinge ein vielschichtiges Potenzial für multiple Transformationen in technologieintensiven Industrien besitzen. Als Boundary Objects ermöglichen sie nicht nur Effizienzsteigerungen, sondern schaffen grundlegende strukturelle Voraussetzungen für funktionsübergreifende Kooperation, organisationale Lernprozesse und nachhaltige Wertschöpfung.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Interessenkonflikt K. Krüger, T. Böttcher und H. Krcmar geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

- Adams C, Frost G, Webber W (2013) Triple bottom line: a review of the literature
- Bansal P, Song H-C (2017) Similar but not the same: differentiating corporate sustainability from corporate responsibility. *Acad Manag Ann* 11(1):105–149. <https://doi.org/10.5465/annals.2015.0095>
- Barrett M, Oborn E, Orlikowski W (2016) Creating value in online communities: the sociomaterial configuring of strategy, platform, and stakeholder engagement. *Inf Syst Res* 27(4):704–723. <https://doi.org/10.1287/isre.2016.0648>
- Bharadwaj A, El Sawy OA, Pavlou PA, v. Venkatraman N (2013) Digital business strategy: toward a next generation of insights. *MISQ*: 471–482
- Böttcher TP, Weking J, Hein A, Böhm M, Krcmar H (2022) Pathways to digital business models: the connection of sensing and seizing in business model innovation. *J Strateg Inf Syst* 31(4):101742. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2022.101742>
- Böttcher TP, Empelmann S, Weking J, Hein A, Krcmar H (2024) Digital sustainable business models: using digital technology to integrate ecological sustainability into the core of business models. *Inf Syst J* 34(3):736–761. <https://doi.org/10.1111/isj.12436>
- vom Brocke J, Schmid AM, Simons A, Safrudin N (2021) IT-enabled organizational transformation: a structured literature review. *BPMJ* 27(1):204–229. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0423>
- Dietz M, Pernul G (2020) Digital twin: empowering enterprises towards a system-of-systems approach. *Bus Inf Syst Eng* 62(2):179–184. <https://doi.org/10.1007/s12599-019-00624-0>
- Ducuing C, Reich RH (2023) Data governance: digital product passports as a case study. *Compet Regul Netw Ind* 24(1):3–23. <https://doi.org/10.1177/17835917231152799>
- Eisenhardt KM (1989) Building theories from case study research. *AMR* 14(4):532–550
- Elkington J (1997) The triple bottom line. *Environ Manag Read Cases* 2:49–66
- Evans S, Vladimirova D, Holgado M, Van Fossen K, Yang M, Silva EA, Barlow CY (2017) Business model innovation for sustainability: Towards a unified perspective for creation of sustainable business models. *Bus Strat Env* 26(5):597–608
- Fang Y, Neufeld D, Zhang X (2022) Knowledge coordination via digital artefacts in highly dispersed teams. *Info Systems J* 32(3):520–543. <https://doi.org/10.1111/isj.12358>
- Fett M, Wilking F, Goetz S, Wartzack S, Kirchner E (2025) Practical insights into the perception of digital twins: an analysis of surveys. *Forsch Ingenieurwes* 89(1):99. <https://doi.org/10.1007/s10010-025-00879-y>
- Fuller A, Fan Z, Day C, Barlow C (2020) Digital twin: enabling technologies, challenges and open research. *IEEE Access* 8:108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- George AL, Bennett A (2005) Case studies and theory development in the social sciences
- Gioia D (2021) A systematic methodology for doing qualitative research. *J Appl Behav Sci* 57(1):20–29. <https://doi.org/10.1177/0021886320982715>
- Gioia DA, Corley KG, Hamilton AL (2013) Seeking qualitative rigor in inductive research: notes on the Gioia methodology. *Organ Res Methods* 16(1):15–31. <https://doi.org/10.1177/1094428112452151>
- Grieves M, Vickers J (2016) Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: *Transdisciplinary perspectives on complex systems: new findings and approaches*. Springer, S 85–113 https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
- Haße H, van der Valk H, Möller F, Otto B (2022) Design principles for shared digital twins in distributed systems. *Bus Inf Syst Eng* 64(6):751–772. <https://doi.org/10.1007/s12599-022-00751-1>
- Hinings B, Gegenhuber T, Greenwood R (2018) Digital innovation and transformation: an institutional perspective. *Inf Organ* 28(1):52–61. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.004>
- Holopainen M, Saunila M, Rantala T, Ukko J (2024) Digital twins' implications for innovation. *Technol Analysis Strateg Manag* 36(8):1779–1791. <https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2115881>
- Hund A, Wagner H-T, Beimbom D, Weitzel T (2021) Digital innovation: review and novel perspective. *J Strateg Inf Syst* 30(4):101695. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2021.101695>

- Ivanov D (2023) Intelligent digital twin (iDT) for supply chain stress-testing, resilience, and viability. *Int J Prod Econ* 263:108938. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108938>
- Korotkova N, Benders J, Mikalef P, Cameron D (2023) Maneuvering between skepticism and optimism about hyped technologies: building trust in digital twins. *Inf Manag* 60(4):103787. <https://doi.org/10.1016/j.im.2023.103787>
- Levina N, Vaast E (2005) The emergence of boundary spanning competence in practice: implications for implementation and use of information systems. *MISQ*. <https://doi.org/10.2307/25148682>
- McCarthy S, O'Raghallaigh P, Kelleher C, Adam F (2025) A socio-cognitive perspective of knowledge integration in digital innovation networks. *J Strateg Inf Syst* 34(1):101871. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2024.101871>
- Myers MD, Avison D (2002) Qualitative research in information systems: a reader. SAGE
- Nambisan S, Lyytinen K, Majchrzak A, Song M (2017) Digital innovation management. *MISQ* 41(1): 223–238 (<https://www.jstor.org/stable/26629644>)
- Nambisan S, Lyytinen K, Yoo Y (2020) Digital innovation: towards a transdisciplinary perspective. In: *Handbook of digital innovation*. Edward Elgar Publishing, S 2–12
- Nicolini D, Mengis J, Swan J (2012) Understanding the role of objects in cross-disciplinary collaboration. *Organ Sci* 23(3):612–629. <https://doi.org/10.1287/orsc.1110.0664>
- Patton MQ (2002) Qualitative research and evaluation methods 3rd. ed. SAGE
- Reim W, Andersson E, Eckerwall K (2023) Enabling collaboration on digital platforms: a study of digital twins. *Int J Prod Res* 61(12):3926–3942. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2116499>
- Riasanow T, Setzke DS, Böhm M, Krcmar H (2019) Clarifying the notion of digital transformation: a trans-disciplinary review of literature. *J Competences Strateg Manag* 10(1):5–31
- Schoormann T, Kutzner K (2020) Towards understanding social Sustainability: an information systems research-perspective. Forty-First International Conference on Information Systems.
- Sharma A, Kosasih E, Zhang J, Brintrup A, Calinescu A (2022) Digital twins: state of the art theory and practice, challenges, and open research questions. *J Ind Inf Integr* 30:100383. <https://doi.org/10.1016/j.jji.2022.100383>
- Star SL, Griesemer JR (1989) Institutional ecology, 'translations' and boundary objects: amateurs and professionals in berkeley's museum of vertebrate zoology, 1907–39. *Soc Stud Sci* 19(3):387–420
- Tao F, Qi Q, Wang L, Nee A (2019) Digital twins and cyber-physical systems toward smart manufacturing and industry 4.0: correlation and comparison. *Engineering* 5(4):653–661. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.01.014>
- Tumbas S, Berente N, v. Brocke J (2018) Digital Innovation and Institutional Entrepreneurship: Chief Digital Officer Perspectives of their Emerging Role. *J Inf Technol* 33(3):188–202. <https://doi.org/10.1057/s41265-018-0055-0>
- Uhlemann TH-J, Lehmann C, Steinhilper R (2017) The digital twin: realizing the Cyber-physical production system for industry 4.0. *Procedia Cirp* 61:335–340. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.152>
- Wessel L, Baiyere A, Ologeanu-Taddei R, Cha J, Blegind-Jensen T (2021) Unpacking the difference between digital transformation and IT-enabled organizational transformation. *J Assoc Inf Syst* 22(1):102–129. <https://doi.org/10.17705/1jais.00655>
- Yin RK (2018) Case study research and applications Bd 6. SAGE, Thousand Oaks
- Yoo Y, Henfridsson O, Lyytinen K (2010) Research commentary—the new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research. *Inf Syst Res* 21(4):724–735. <https://doi.org/10.1287/isre.1100.0322>

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.