Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15

Resiliente Wertschöpfung und Agilität

Resilienz in Wertschöpfungsnetzwerken

D. Marrenbach, J. Mack

ZUSAMMENFASSUNG Resilienz entsteht durch die vertrauensvolle und agile Zusammenarbeit von Menschen, um alltägliche und krisenhafte Situationen in Wertschöpfungsnetzwerken zu bewältigen. Angesichts zunehmender Dynamik und Komplexität industrieller Ökosysteme stellt dieser Beitrag Konzepte zum Aufbau und Betrieb resilienter Netzwerke vor, mit einem besonderen Fokus auf die BMBF-geförderten Projekte „Resiplat“ und „ResiNet“. Die Ergebnisse der Projekte liefern praxisrelevante Lösungen für die resiliente Gestaltung industrieller Wertschöpfung und tragen zur wissenschaftlichen Diskussion über adaptive Netzwerke bei.

STICHWÖRTER

Resilienz, Mensch und Technik, Forschung

Resilience in value creation networks

ABSTRACT Resilience arises from the trusting and agile cooperation of people in order to overcome everyday and crisis situations in value creation networks. Against the background of increasing dynamics and complexity in industrial ecosystems, this article presents approaches for developing and operatingresilient networks, with a particular focus on the BMBF-funded „Resiplat“ and „ResiNet“ projects. The results of the projects provide practical solutions for the resilient design of industrial value creation and contribute to the scientific discussion on adaptive networks.

1 Einleitung

Wertschöpfungssysteme sind in konkurrenz- und wettbewerbsorientierten Marktwirtschaften die eigentlichen Leistungseinheiten. Sie befriedigen die Bedürfnisse von Kunden durch materielle und immaterielle Güter. Sie befassen sich mit der zielgerichteten Entwicklung, Herstellung und Bereitstellung von marktfähigen Produkten und Dienstleistungen. Zu diesem Zweck schließen sich spezialisierte Unternehmen zu Wertschöpfungssystemen zusammen, um gemeinsam die zuverlässige Versorgung der richtigen Kunden mit den richtigen Artefakten, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, mit den richtigen Informationen und mit dem richtigen Personal sicher zu stellen [1, 2].

Wertschöpfungssysteme agieren in einem Umfeld, das durch wachsende Beschleunigung, Dynamik, Turbulenz und Komplexität gekennzeichnet ist. Das tradierte Management von Wertschöpfungsnetzwerken ist in Zeiten hoher Stabilität entwickelt und etabliert worden. Es beruht auf guter Prognostizierbarkeit und damit guter Planbarkeit aller Ereignisse, Prozesse und Systeme. Diese Randbedingungen konnten durch einfache lineare Modelle abgebildet werden. Diese einfachen Modelle bilden die Basis des Denkens und Handelns im Management. Die systematische Digitalisierung aller Bereiche der Wertschöpfung in Kombination mit der Anwendung leistungs- und lernfähiger Algorithmen hat die Grenzen der Prognostizierbarkeit und Planbarkeit weiter hinausgeschoben. Dennoch kommen die tradierten linearen Managementansätze infolge der stetigen Beschleunigung und damit verbundener steigender Dynamik, Turbulenzen und Komplexitäten an ihre methodischen Grenzen. [3]

Die bewährten Managementansätze funktionieren unter den skizzierten Bedingungen nicht mehr. Die Mitarbeitenden behelfen sich durch den intuitiven Einsatz ihrer besonderen kreativen, kognitiven, kommunikativen und kooperativen Fähigkeiten, um die auftretenden Probleme trotz aller Hindernisse zu bewältigen. Auf diese Weise erhalten die Wertschöpfungsnetzwerke wieder ein menschliches Gesicht und erlauben den Aufbau von vertrauensvollen, fruchtbaren Beziehungen [4]. In hierarchischen Organisationsansätzen sind situative Bewältigungsansätze auf Basis von reflektierter lernender Selbstorganisation nicht vorgesehen. [5]

Anhand eines Überblicks der Organisation von industriellen Wertschöpfungssystemen werden in diesem Beitrag generelle Merkmale resilienter Wertschöpfungsnetzwerke vorgestellt und deren mögliche Umsetzungen anhand der beiden BMBF-Forschungsvorhaben „Resiplat“ und „ResiNet“ konzipiert.

2 Organisationsformen von Wertschöpfungssystemen

Wertschöpfungsartefakte entstehen im abgestimmten Zusammenspiel der Partner des Wertschöpfungsnetzwerks. Das gezielte Zusammenspiel der Wertschöpfungspartner ist entscheidend für die Einhaltung der gemeinsam definierten Ziele in Bezug auf Qualität, Zeit, Kosten und Flexibilität. Die Organisation des Wertschöpfungssystems bestimmt die Art und Weise, wie die Wert-

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

schöpfungspartner zusammenarbeiten und legt somit die Rahmenbedingungen zur Erfüllung der äußeren Anforderungen fest. Derzeit können drei Grundformen der Organisation von Wertschöpfungssystemen unterschieden werden [5]:

2.1 Traditionell hierarchische Wertschöpfungssysteme

In traditionell hierarchischen Wertschöpfungssystemen sind alle Schritte der Wertschöpfung unter einem Dach vereinigt. Die Organisation der Wertschöpfung erfolgt auf Basis des Taylorismus, Fordismus und Bürokratismus. Die Käufer haben die Wahl zwischen den angebotenen Produkten. Das Sortiment beschränkt sich auf eine überschaubare Anzahl variantenarmer Massengüter. Innovationen werden zentral geplant und implementiert. Innovationen dienen zur systematischen Minimierung der Personalkosten. Aufgrund ihrer langen bürokratischen Informations- und Entscheidungswege zeichnen sich diese traditionellen Wertschöpfungssysteme durch hohe Koordinations- und Abstimmungsaufwände aus.

2.2 Moderne leistungsorientierte Wertschöpfungssysteme

Die traditionell hierarchischen Wertschöpfungssysteme wurden nach dem zweiten Weltkrieg infolge des Wandels in Richtung Käufermarkt schrittweise umstrukturiert: Moderne leistungsorientierte Wertschöpfungssysteme basieren auf einer Hierarchie spezialisierter Unternehmen, die im Auftrag des federführenden Unternehmens zielgerichtet Dienstleistungen und Güter zuliefern. Die Wertschöpfungssysteme werden mittels Lean Management in der Aufbau- und Ablauforganisation systematisch verschlankt. Das flexible und effiziente Angebot von variantenreichen Serienprodukten ist die Domäne dieser Wertschöpfungssysteme. Kunden können aus einem Katalog von vordefinierten Produkten und Dienstleistungen auswählen. Innovationen werden primär durch das federführende Unternehmen initiiert und implementiert. So übt das federführende Unternehmen Kontrolle über die Prozesse und Produkte der Partner aus. Das federführende Unternehmen sichert damit seine zentrale Stellung im Wertschöpfungssystem.

2.3 Pluralistische, wertorientierte Wertschöpfungssysteme

Das Outsourcing infolge der Reduktion auf Kernkompetenzen führt zur systematischen Spezialisierung innerhalb der Zulieferebnen und damit zur Verteilung von Wissen auf einige wenige Systemlieferanten. Diese entwickeln ihre Komponenten und die benötigten Technologien zunehmend eigenständig weiter. Auf diese Weise können sich Zulieferer auf jeder Ebene der Wertschöpfungshierarchie generell technologisch vom federführenden Unternehmen abkoppeln und eine Stellung erreichen, die sie für die Zukunftsfähigkeit des Wertschöpfungssystems unverzichtbar macht. Diese herausragende Position kann aber durch substituierende Innovationen gefährdet werden. Pluralistische Wertschöpfungssysteme setzen sich aus einer Hierarchie von Unternehmen zusammen, die von einem koordinierenden Unternehmen geleitet werden. Als Leitinstrument fungieren in diesem Wertschöpfungssystem gemeinsame Werte. Die einzelnen Unternehmen sind weitestgehend autonom und bringen ihre Ressourcen zur zielgerichteten Generierung von Produkten und Dienstleistungen ein. Kunden werden zunehmend in alle Phasen der Wertschöpfung integriert. Die Kundenintegration beschränkt sich nicht nur auf konfigurierbare Produkte, sondern schließt die gemeinsame Entwicklung von individuellen Lösungen mit ein. Zu diesem Zweck finden Experimente mit der agilen Entwicklung von Lösungen innerhalb einer hierarchischen Organisationsstruktur statt. Auf diese Weise kann das angebotene Sortiment stark erweitert werden. Das intelligente Zusammenspiel von agiler Organisation und Lean Management ermöglicht das Angebot individuell gestalteter Lösungen in Losgröße 1. Viele traditionelle und leistungsorientierte Wertschöpfungssysteme haben große Schwierigkeiten, ihre tradierten Werte zu überwinden, da dies für Führungskräfte und Management mit – auch gefühlten – Verlusten an Prestige, Einkommen und Einfluss verbunden ist. Gleichzeitig scheuen viele Mitarbeitende aus traditionellen und modernen Wertschöpfungssystemen die Übernahme von Verantwortung für ihr Handeln. Pluralistische Wertschöpfungssysteme sind lernende Organisationen und befinden sich in einem permanenten Abstimmungs- und Verhandlungsprozess. Eine stupide Anwendung agiler Vorgehensweisen und Methoden führt nicht automatisch zu einem pluralistischen Wertschöpfungssystem.

Diese drei Typen hierarchisch strukturierter Wertschöpfungssysteme setzen auf Planung, Anweisung, Ausführung und Kontrolle und streben eine marktbeherrschende Stellung an. In diesem Kontext werden Innovationen als Gefährdung angesehen, da sie die eingespielten Machtverhältnisse und Routinen zerstören können. Die Entwicklung und Implementierung von Innovationen werden dementsprechend strategisch geplant und gelenkt, um Überraschungen zu vermeiden [5].

In der industriellen Praxis haben sich branchenspezifische Mischformen der drei vorgestellten idealtypischen Organisationsformen industrieller Wertschöpfung entwickelt. Unternehmen agieren heute in einem Umfeld, das durch wachsende Beschleunigung, Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität gekennzeichnet ist. Hierarchische Wertschöpfungssysteme haben systemimmanente Schwierigkeiten, sich ständig den sich divergierend verändernden Umfeldbedingungen anzupassen. Permanente, lernende Organisationen scheitern bei vielen hierarchisch organisierten Wertschöpfungssystemen an den bestehenden Strukturen, Routinen und Machtverhältnissen. In der Praxis konnte sich keine der drei oben skizzierten idealtypischen Organisationsformen durchsetzen. Vielmehr sind in Industrie, Handel, Dienstleistung und Staat zahlreiche Mischformen entstanden. Wachsende Dynamik, Turbulenz und Komplexität sind für alle Typen der Organisation eine permanente Herausforderung: Die einzig verbliebene Konstante ist die Veränderung inklusive der Veränderung der Veränderung!

Zur Überwindung der skizzierten Schwächen hierarchisch organisierter Wertschöpfungssysteme entwickeln sich derzeit neue Formen industrieller Wertschöpfung. Diese Wertschöpfungssysteme verstehen sich grundsätzlich als komplexe dynamische Systeme, die sich permanent verändern müssen. Ein Beispiel dafür sind integral evolutionäre Wertschöpfungssysteme.

2.4 Integral evolutionäre Wertschöpfungssysteme

Integrale, evolutionäre Wertschöpfungssysteme setzen sich aus temporären Netzwerken von gleichberechtigten Partnern zusammen [6]. Die Wertschöpfungspartner schließen sich zusammen, um gemeinsam mit ihren Kunden individuelle Produkte zu entwickeln, herzustellen, bereitzustellen, zu nutzen und zu recyceln. Die Kunden werden vollständig in alle Phasen des Produktlebenszyklus integriert. Jedes Unternehmen initiiert und implementiert seine eigenen Innovationen, um den Bedürfnissen seiner Kunden gerecht zu werden. Innovationen werden grundsätzlich begrüßt,

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

da sie dem Kunden bessere Produkte oder Dienstleistungen bescheren. So können Kunden langfristig an das Wertschöpfungssystem gebunden werden. Die Intensivierung der Beziehungen zwischen den Wertschöpfungspartnern und den Kunden erzeugt nicht nur ein besseres gemeinsames Verständnis von den Problemen, den vorhandenen Ressourcen und Möglichkeiten, sondern erlaubt auch die gezielte Entwicklung und Implementierung von Innovationen. Grundlage hierfür bildet eine offene, sinnstiftende, vertrauensvolle, fehlertolerante und lernförderliche Arbeitsumgebung. Die permanente Verbesserung der individuellen wie gemeinsamen Adaptions- und Lernfähigkeit ist der Zielrahmen für interne Innovationen. Kunden profitieren durch eine intensivere Zusammenarbeit. Den Partnern in diesen Wertschöpfungsnetzwerken ist bewusst, dass sie allein nicht mehr über die nötigen Kenntnisse und Ressourcen verfügen, um ihre Kunden zu befriedigen. Sie sind auf die anderen Partner angewiesen und können sich keine Übervorteilungen mehr leisten.

Zukünftig werden Wertschöpfungssysteme analog zu biologischen Systemen als lebensfähige Netzwerke aufgefasst: Wertschöpfungssysteme sind als dezentral strukturierte und sich selbst organisierende temporäre Netzwerke aufgebaut, in dem autonom agierende Einheiten (Unternehmen) sich zusammenfinden, um ein Wertschöpfungsartefakt gemeinsam mit den Kunden zu entwickeln, herzustellen, bereitzustellen, zu nutzen und zu recyceln [7].

3 Resiliente Wertschöpfungssysteme

Das Internet der Personen, Daten, Dinge und Dienste eröffnet jedem Menschen auf der Erde die Möglichkeit, mit anderen Menschen zusammen, zu jeder Zeit und an jedem Ort Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, herzustellen, anzubieten und zu nutzen. Das Internet stellt dazu die benötigten Informationen, Kredite, Maschinen, Materialien, Personen und Dienstleistungen zur Verfügung. Es entsteht ein Netzwerk aus Netzwerken, über das Personen, Maschinen, Materialien, Institutionen und Unternehmen miteinander in Echtzeit interagieren, um gemeinsam Produkte und Dienstleistungen zu planen, herzustellen, anzubieten und zu nutzen [8].

Die vollständige Digitalisierung von Wertschöpfungsnetzwerken auf Grundlage des Internets der Daten, Dinge und Dienste gilt weltweit als probates Mittel zur Steigerung der Produktivität sowie zur Verbesserung von Verfügbarkeit, Qualität und Servicegrad durch Standardisierung und Synchronisation. Produktivitätssteigerungen und Kostensenkungen infolge von Digitalisierung, Standardisierung und Synchronisation sind heute allgemein bekannte Maßnahmen und stellen daher kein leicht zu kopierendes Alleinstellungsmerkmal mehr da.

Zukünftig nimmt die Bindung der Kunden in alle Interaktionen des Wertschöpfungsnetzwerks eine immer größere Rolle ein. Der Kunde wird als vollständiger Partner direkt in die Entwicklung, Herstellung, Bereitstellung, Nutzung und Erhaltung der Artefakte eingebunden. Die vollständige Integration von Kunden in Wertschöpfungssysteme ist nur durch eine Intensivierung der Zusammenarbeit mit den Kunden zu erreichen. Die kundenspezifische Individualisierung von Artefakten stellt den derzeit letzten Schritt in der Evolution industrieller Wertschöpfung dar. Kundennähe, Service, Agilität, Flexibilität und Wandlungsfähigkeit zeichnen zukunfts- und überlebensfähige Wertschöpfungssysteme aus.

Stakeholder garantieren mit ihren besonderen analytischen, operativen, kognitiven, kommunikativen und kooperativen Fähigkeiten die kurz-, mittel- und langfristige Zukunfts- und Überlebensfähigkeit, Kundennähe und Serviceleistungen sind dementsprechend präventiv und proaktiv den sich stetig verändernden Anforderungen der Märkte und den Wünschen der Kunden anzupassen. Kreativität, Intuition, Einfühlungsvermögen, Empathie, Vertrauen und Wertschätzung können nicht durch cyberphysische Systeme und deren Algorithmen oder künstliche Intelligenz ersetzt werden. Erkennung, Entwicklung, Entfaltung und Erhalt dieser besonderen menschlichen Fähigkeiten stehen heute und in Zukunft im Mittelpunkt einer präventiven Gestaltung von Wertschöpfungssystemen.

Der gemeinsamen lernenden Adaption von Wertschöpfungsnetzwerken kommt eine besondere Bedeutung zu. Die Adaptionsfähigkeit beschränkt sich dabei nicht nur auf die proaktive und reaktive Adaption auf sich dynamisch verändernde Kunden- und Marktanforderungen, sondern vor allem auf die schnelle, präzise, proaktive wie reaktive Adaption auf kleinere oder größere interne Veränderungen. Die Verbesserung der Fähigkeiten von Personen, Unternehmen und Wertschöpfungssystemen zur Steigerung ihrer eignen Adaptionsfähigkeit ist eine permanente Herausforderung, die durch die Prinzipien, Denkmodelle, Leitsätze, Grundsätze, Vorgehensweisen und Methoden des Resilienz-Managements abgedeckt werden sollen.

Problembewusstes und zielgerichtetes Denken und Handeln in Kombination mit der gemeinschaftlichen Entwicklung, der Herstellung und dem Einsatz situativ angepasster materieller und immaterieller Werkzeuge hat zur Entwicklung der industriellen Moderne geführt. Die Befähigung zum kooperativen, kommunikativ abgestimmten gemeinsamen Handeln sowie zum schnellen Adaptieren und Lernen gehören zu den Erfolgsrezepten der Menschheit.

Zurzeit werden Organisations- und Managementsysteme für resiliente Wertschöpfungssysteme entwickelt und erprobt. Sie sollen den Unternehmen nicht nur ein Überleben sichern, sondern ihnen eine gestärkte Zukunft ermöglichen. Der Begriff „Resilienz“ hat seinen Ursprung in der Physik und beschreibt die Fähigkeit eines Materials, nach einer Verformung wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurückzukehren. In den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften hat der Begriff eine breitere Bedeutung erlangt. Er beschreibt die Fähigkeit von Systemen, Personen oder Organisationen, Krisen und Störungen zu bewältigen, sich anzupassen und gestärkt daraus hervorzugehen. In Wertschöpfungs-, Produktions- und Logistiknetzwerken bezieht sich Resilienz auf die Fähigkeit, trotz Störungen und Veränderungen die Funktionalität und Leistungsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Dies umfasst die Fähigkeit:

- Störungen zu antizipieren und sich auf sie vorzubereiten: Risiken und potenzielle Schwachstellen frühzeitig erkennen und entsprechende Maßnahmen ergreifen.
- Störungen zu absorbieren: Die Auswirkungen von Störungen minimieren und die Funktionsfähigkeit des Netzwerks aufrecht erhalten.
- Sich an Veränderungen anzupassen: Flexibel auf neue Gegebenheiten reagieren und Prozesse anpassen.
- Sich von Störungen zu erholen: Schnell zum Normalbetrieb zurückkehren oder einen neuen Gleichgewichtszustand erreichen.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

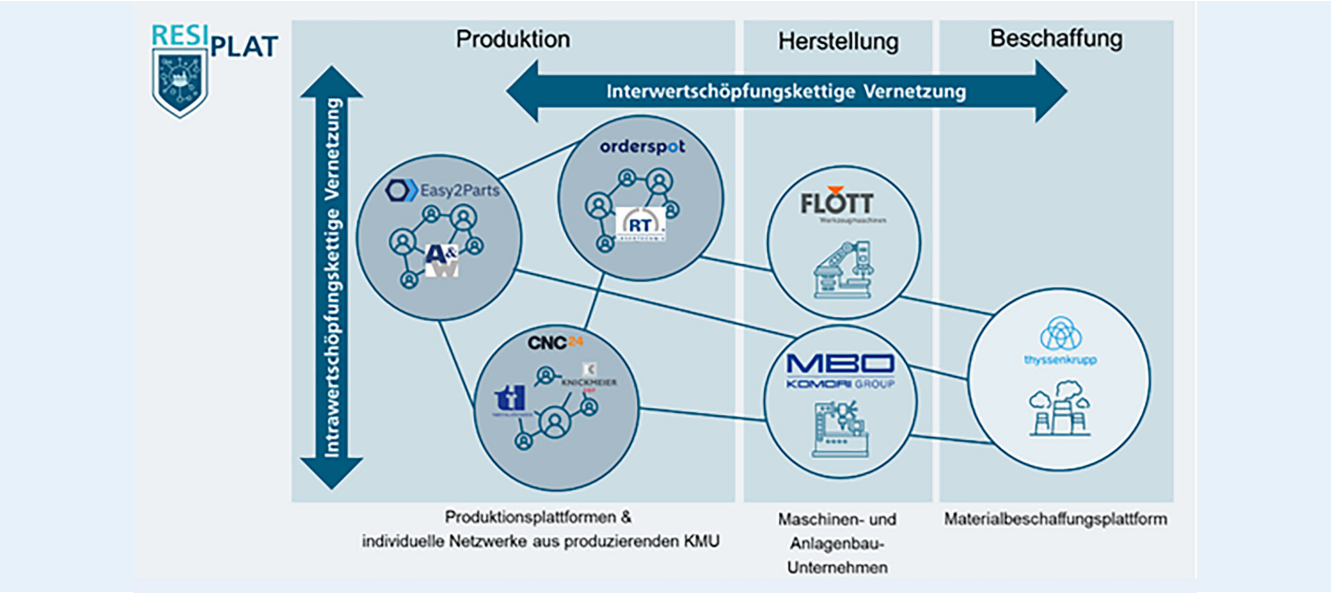

Bild 1. Komponenten des Resiplat-Resilienz-Managementsystems. *Grafik: eigene Darstellung*

In resilienten Wertschöpfungssystemen spielen Menschen eine zentrale Rolle, um mit Störungen adäquat, schnell und präzise umgehen zu können. Das Internet bildet die echtzeitfähige Informationsplattform, um störungsüberwindende Handlung zu planen, zu überwachen, zu evaluieren und zu reflektieren. Grundlage für die Eindämmung, Überwindung und Adaption von Störungen bildet eine agile atmende Organisation, die im Störungsfall entsprechende Personen und Ressourcen zusammenführt. Ziel ist es, den „Normalbetrieb" so schnell wie möglich wieder in Gang zu setzen, die aus einer Störung resultierenden Einschränkungen zu minimieren und aus einer Störung reflektiert zu lernen.

3.1 Resilienzsteigerung („Resiplat")

Im BMBF Forschungsvorhaben „Resilienzsteigerung in metallbe- und -verarbeitenden Unternehmen durch ein vernetztes Plattform-Ökosystem (Resiplat)" entwickeln das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart zusammen mit ihren Partnern ein datengetriebenes Resilienz-Managementsystem für ein industrielles Ökosystem.

Das Ziel des Forschungsprojekts Resiplat ist die Entwicklung einer ganzheitlichen Lösung zur Resilienzsteigerung produzierender Unternehmen: Unternehmensübergreifend wird – weltweit einmalig – ein Plattform-Ökosystem aufgesetzt, das Produktionsplattformen mit unterschiedlichsten Fertigungs- und Montageschwerpunkten zu einer Bauteil- und Komponentenverfügbarkeitsplattform digital orchestriert. Diese wird mit einer Materialverfügbarkeitsplattform vernetzt, die mithilfe von Produktions- und Bestandsinformationen aktuelle Materialverfügbarkeiten und -bedarfe über unterschiedliche Wertschöpfungsschritte in Echtzeit aggregiert. Diese Plattformen matchen Angebot und Nachfrage im Plattform-Ökosystem und sorgen somit für eine geglättete Kapazitätsauslastung in den produzierenden Unternehmen und für geringere Einkaufspreise durch die Erreichung von Skaleneffekten sowie für eine höhere Qualität und Resilienz durch die Verteilung von Aufträgen an Spezialisten im Plattform-Ökosystem.

Für das unternehmensinterne Management von Resilienz, wird ein Resilienz-Managementsystem entwickelt, das als zentrale Schnittstelle im Plattform-Ökosystem gilt. Über das Resilienz-Managementsystem haben Unternehmen Zugriff auf die Bauteil- und Komponentenverfügbarkeits- und die Materialverfügbarkeitsplattform. Darüber hinaus umfasst das Resilienz-Management ein Resilienz-Dashboard mit einer Anzeige des unternehmensspezifischen Resilienz-Reifegrads, Resilienz-KPIs und einem Frühwarnsystem. In diesem Dashboard fließen unternehmensinterne und -externe Echtzeitinformationen zusammen. Grundlage für die Entwicklung des Resilienz-Dashboards ist die konzeptionelle Analyse von Schocks und deren Auswirkungen sowie die Ableitung von Resilienzfaktoren.

Als weitere Applikation enthält das Resilienz-Managementsystem eine Applikationsplattform für digitale Services. Hier können resilienzsteigernde digitale Services (wie etwa zur Transparenzsteigerung und Prädiktion von Ereignissen) im Unternehmen bewertet und umgesetzt werden. Wichtig für den Erfolg des Plattform-Ökosystems und des Resilienz-Managementsystems ist die erfolgreiche Integration in die Organisation. Daher enthält das Resilienz-Managementsystem eine Applikationsplattform für die agile atmende Organisation zur organisationalen Maßnahmenverfolgung, basierend auf konzeptionellen Untersuchungen über eine agile atmende Organisation, Kompetenzentwicklung und eines Interventionskreislaufs für Mitarbeitende im Kontext der Resilienz. Die Grobstruktur und die Funktionen beziehungsweise Applikationen des Resilienz-Managementsystems sind in **Bild 1** dargestellt.

Innerhalb des Resiplat-Konsortiums konzentriert sich das IAT auf Fragestellungen rund um die Entwicklung und Etablierung einer agilen atmenden Organisation und den arbeitenden Menschen in dynamischen, turbulenten und komplexen Umgebungen:

1. Entwicklung einer Vorgehensweise zum systematischen Umgang mit Störungen, Krisen beziehungsweise Katastrophen
2. Entwicklung und Etablierung eines konzeptionellen Modells zur Orientierung und Navigation in außergewöhnlichen Situationen

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

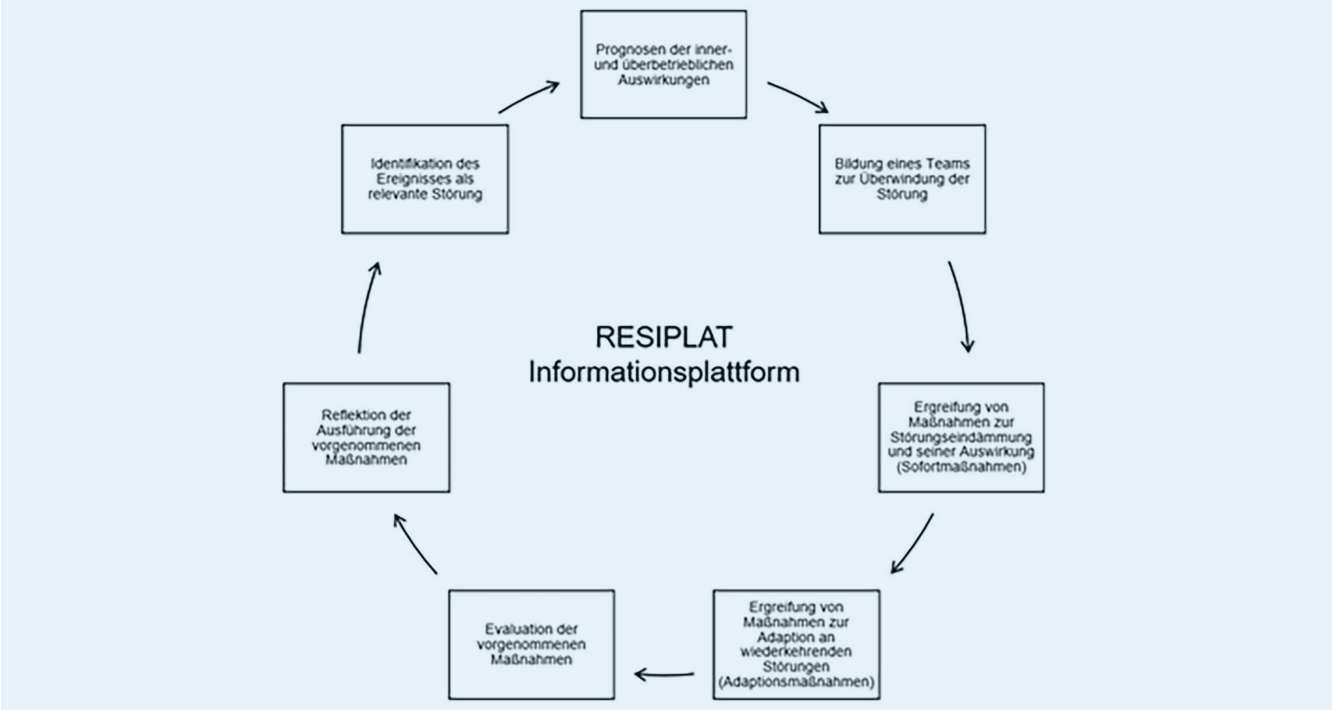

Bild 2. Interventionskreislauf. *Grafik: eigene Darstellung*

3. Entwicklung und Etablierung eines Wissensspeichers zum schnellen und präzisen Umgang mit außergewöhnlichen Situationen. Stakeholder verfügen in arbeitsteilig und hierarchisch organisierten Systemen grundsätzlich nicht über das Wissen und die Erfahrungen, um mit allen Arten von Störungen, Krisen und Katastrophen adäquat umgehen zu können. Die Kommunikation innerhalb und zwischen Unternehmen wird zusätzlich durch fach- und abteilungsspezifische Begriffe, Perspektiven und Ressentiments erschwert. Die gemeinsame Überwindung von Störungen setzt ein gemeinsames Verständnis der Strukturen, Systemen und Prozessen voraus. An dieser Stelle setzen konzeptionelle Modelle an, die Stakeholdern helfen, sich zu verstehen, zu orientieren und zu navigieren.

Nachfolgend werden ausgewählte Elemente der agilen atmenden Organisation kurz vorgestellt.

Die schnelle und präzise Überwindung von außergewöhnlichen Situationen setzt eine abgestimmte Vorgehensweise bei allen Stakeholdern voraus. Grundlage für den Aufbau eines Resilienz-Management-Systems bildet der Resiplat-Interventionskreislauf, der allen Stakeholdern ein methodisches Fundament zum Umgang mit Ereignissen, Störungen und Krisen bietet. **Bild 2** zeigt die Phasen des Resiplat-Interventionskreislaufs schematisch.

Der skizzierte Interventionskreislauf stellt eine Verschmelzung des bekannten und bewährten PDCA (Plan-Do-Check-Act)-Zyklus mit dem aus der agilen Softwareentwicklung bekannten Scrum-Framework dar. Die lernende Adaption setzt sich generell aus den Phasen Analyse, Prognose, Eindämmung, Überwindung und Adaption zusammen und wird durch eine Evaluation und Reflektion ergänzt, die vor allem dem Lernen dienen. Im Mittelpunkt steht ein Interventionsarbeitsplatz, in dem ein kleines Team Ereignisse analysiert und klassifiziert. Die Auswirkungen identifizierter Störungen werden prognostiziert und Maßnahmen zu deren Eindämmung, Überwindung und Adaption geplant, initiiert, durchgeführt, reflektiert und evaluiert. Abhängig von der identifizierten Störung wird das Interventionsteam situativ durch andere Stakeholder erweitert, um schnell und präzise in die „Normalität" zurückzukehren.

Ziel aller Interventionen resilienter Managementsysteme ist es, die durch die Störung auftretenden Beeinträchtigungen für den normalen Geschäftsbetrieb so gering wie möglich zu halten. Im Zuge dieser Bestrebungen muss eine agile Organisation das Interventionsteam zielgerichtet unterstützen, um das Auswirken minimal zu halten. Im Zuge des Rückgriffs auf Beschäftigte zur schnellen Überwindung einer Störung kommt es somit zu einer Reorganisation des geplanten Personaleinsatzes. In diesem Kontext kommt es zu kurzfristigen Arbeitsplatzwechseln oder Arbeitszeitverlängerungen oder -verkürzungen. In anderen Fällen werden Aufträge verschoben oder an andere Wertschöpfungspartner abgegeben. Im Falle eines kurzfristigen Arbeitsplatzwechsels können mithilfe des konzeptionellen Modells sowohl geeignete Mitarbeitende anhand ihres Arbeitsplatz- und Mitarbeiterprofils für das Interventionsteam identifiziert als auch geeignete Ansätze zur Kompensation des temporären Ausfalls von Mitarbeitern entwickelt werden. Zur Bewältigung der auftretenden Adaptionsaufgaben müssen unterschiedliche Stakeholder gezielt zusammenarbeiten, um Wertschöpfungssysteme permanent anzupassen. Zur schnellen und präzisen Adaption müssen Stakeholder auf ein umfangreiches Wissen zurückgreifen können. In diesem Kontext erlauben Muster die systematische Speicherung von Erfahrungen und Wissen in einfacher Form.

Konzeptionelle Modelle dienen zur systematischen Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses sowie einer gemeinsamen Sprache der auftretenden Probleme, ihren möglichen internen wie externen Ursachen, ihren Lösungen und den auftretenden Wirkungen. In der gemeinschaftlichen Entwicklung von resilienten Wertschöpfungsnetzwerken bilden konzeptionelle Modelle ein zentrales Instrument zur systematischen Analyse, Orientierung und Navigation. Das konzeptionelle Modell beruht auf einem

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

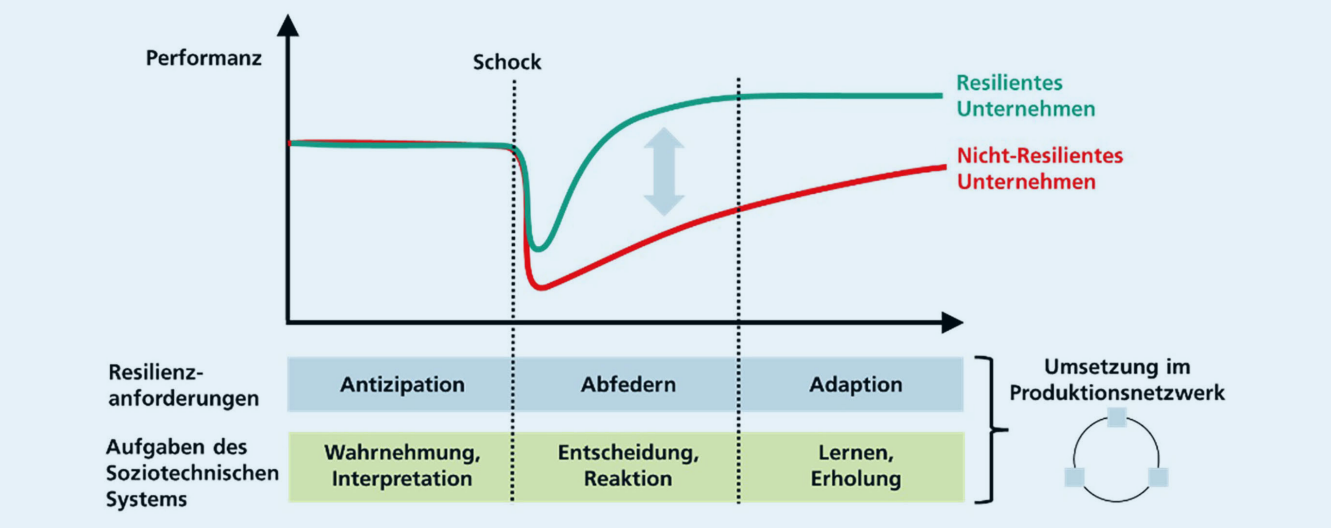

Bild 3. Wechselnde Anforderungen an das soziotechnische System im Verlauf der Resilienzphasen. *Grafik: adaptiert nach [9] und [10]*

organisationalen Modellierungsansatz, der um geeignete soziotechnische Modelle ergänzt wird: Das Viable System Model (VSM) ist ein isomorphes Referenzmodell zur Analyse und Gestaltung von Systemen aller Art. Es bildet Systeme als ein Netzwerk über Informationskanäle verbundener Ressourcen, Managementsysteme und Umwelt ab. Es gliedert jede Organisation in fünf Subsysteme – Operation, Koordination, Administration/Disposition, Planung und Identität. Die verschiedenen Subsysteme sind über Regelkreise miteinander gekoppelt. Die drei unteren Subsysteme – Operation, Koordination und Administration/Disposition - dienen primär der Abwicklung des Tagesgeschäfts, also der physischen Tätigkeiten eins Unternehmens.

Die drei oberen Ebnen entsprechen dem Managementsystem eines Unternehmens und dienen der operativen, taktischen und strategischen Führung des Unternehmens. Zielsetzung ist die Steigerung der Überlebensfähigkeit durch Selbstorganisation. Überlebensfähigkeit ist das Maß für die Fähigkeit einer Organisation sich kurz-, mittel und langfristig proaktiv und reaktiv den Turbulenzen der Umwelt anpassen zu können. Dabei hält ein System eine innere Varietät vor, die den Umgang mit der äußeren Varietät ermöglicht. Gemäß dem Gesetz von Ashby muss die innere Varietät größer sein als die äußere Varietät, um überleben zu können. Im Mittelpunkt dieses konzeptionellen System- und Organisationsmodells steht die Entwicklung lebensfähiger, sich selbst organisierender Netzwerke [2].

Die Grundlage für das VSM bilden (teil-)autonome Organisationseinheiten (OE), die bestimmte Aufgaben oder Funktionen innerhalb einer Systemebene erfüllen. Zusätzlich werden zur Entwicklung resilienter Wertschöpfungsnetzwerke die OE als soziotechnische Arbeitssysteme aufgefasst. Die Work System Theory bietet mit dem Work System Framework einen bewährten Modellierungsrahmen zur einheitlichen Beschreibung von Arbeitssystemen in Haushalten, Organisationen und Institutionen. In einem Arbeitssystem arbeiten Menschen mit anderen Menschen unter Nutzung von Maschinen zielgerichtet zusammen, um gemeinsam Aufgaben oder Probleme zu lösen. In einem Arbeitssystem wird auf Basis von Prozessen ein definierter Input in einen definierten Output transformiert. Mitarbeitende treten in diesen Arbeitssystemen als operative, planende, überwachende, kontrollierende, kooperierende und kommunizierende Akteure auf. Die einheitliche Abbildung von Organisationseinheiten als soziotechnische Arbeitssysteme ermöglicht die systematische Nutzung bewährter Kennwerte- und Kennzahlensysteme zur Analyse der funktionalen Leistung von Logistiksystemen (SCOR, MTM, REFA, etc.).

Die Abbildung von Mitarbeitenden als miteinander interagierende Akteure in soziotechnischen Arbeitssystemen ermöglicht es, einen Prozess aus relationaler Perspektive in das VSM zu integrieren. Die Interaktionen zwischen Menschen erfolgen gleichzeitig auf einer funktionalen Sachebene und einer relationalen Beziehungsebene. Das traditionelle VSM adressiert die sachlich funktionale Perspektive auf die uns umgebende Wirklichkeit. Im Gegensatz dazu begreift die prozess-relationale Philosophie von Alfred North Whitehead die Wirklichkeit nicht als Ansammlung statischer Objekte, sondern als dynamisches Netzwerk miteinander verwobener Prozesse und Relationen.

Das VSM bildet somit in Verbindung mit der Work-System-Theorie und der prozess-relationalen Philosophie von Alfred North Whitehead einen geeigneten konzeptionellen Rahmen für die Entwicklung resilienter Wertschöpfungsnetzwerke.

3.2 Resilienz in agilen Produktionsnetzwerken (ResiNet)

Motivation des BMBF Projekts ResiNet ist es, kleine und mittelständische Wertschöpfungsnetzwerke in die Lage zu versetzen, in unterschiedlichen Resilienzphasen (Antizipation, Abfedern, Adaption, **Bild 3,** [9, 10]) die jeweils benötigten Fähigkeiten zu aktivieren und Resilienzmaßnahmen auf mehreren Ebenen des soziotechnischen Systems umzusetzen.

Die Zielsetzung der Forschungsarbeiten besteht darin, typische Engpassfaktoren der Resilienz von Produktionsnetzwerken zu überwinden:

1. Die Einschätzung externer Turbulenzen und der eigenen Resilienzfähigkeit,
2. die Fähigkeit, in Resilienzsituationen agil Lösungen für neuartige Problemlagen zu entwickeln,
3. die flexible Einsetzbarkeit von Material, Maschinen und Mitarbeitenden sowie
4. das geschlossene Handeln der Netzwerkpartner, das auf einer gemeinsamen Sichtweise der Prioritäten und Abläufe in Resilienzsituationen basiert.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

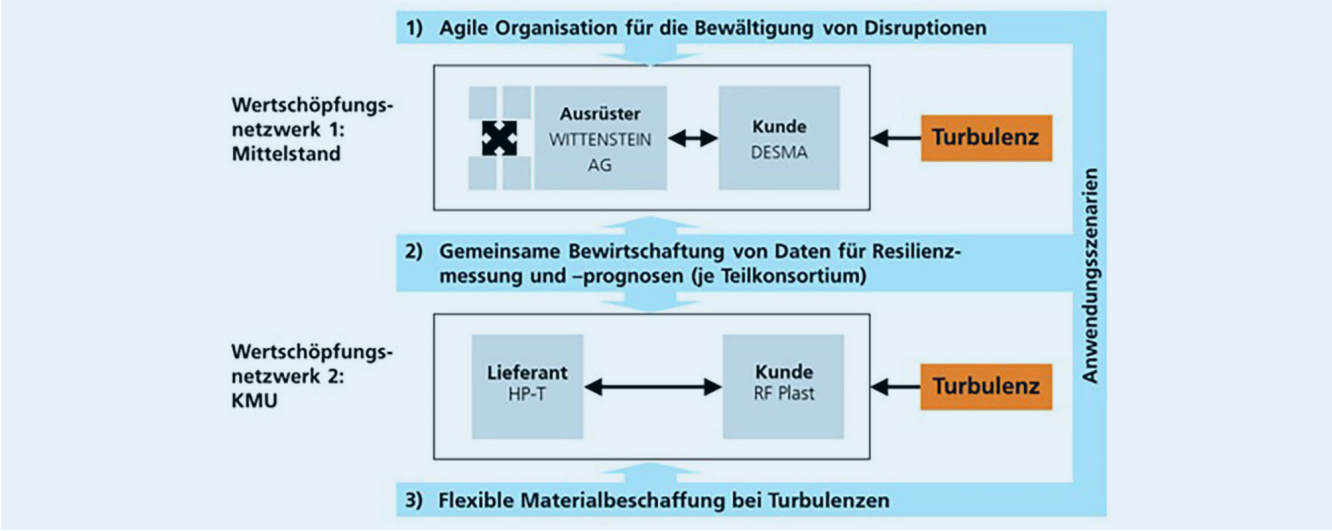

Bild 4. Anwendungsszenarien von „ResiNet“ und ihre Zuordnung zu den Anwendungsunternehmen. *Grafik: eigene Darstellung*

Die Vorgehensweise von ResiNet umfasst drei Anwendungsszenarien (**Bild 4**):

- In Szenario 1) (Fokus: mittelstandsorientiert) werden die entwickelten agilen Organisationsmodelle und Arbeitsweisen für standortübergreifende Abstimmung und Produktion in den Unternehmen implementiert.
- Szenario 2) (KMU- und mittelstandsorientiert) zielt auf die Schaffung eines gemeinsamen Datenraumes, die Entwicklung von resilienzbezogenen Indikatoren und die Entwicklung eines partizipativen Informationssystems.
- Inhalt von Szenario 3) (KMU-orientiert) ist die flexible Materialbeschaffung bei Turbulenzen durch einen optimierten Informations- und Materialfluss.

Das Ziel von ResiNet ist es, Engpassfaktoren der Resilienz in Produktionsnetzwerken zu beheben, um Netzwerkpartner in die Lage zu versetzen, koordiniert in die Resilienzphasen einzutreten. Dabei wird auf datenbasierte Vorhersagen zurückgegriffen, werden Organisationen agil angepasst, Ressourcen flexibel eingesetzt und Mitarbeitende aktiv in Entscheidungsprozesse eingebunden. Maßnahmen zur Förderung einer gemeinsamen Sichtweise auf Resilienz werden ergriffen, um die Koordination der Netzwerkpartner und beteiligten Mitarbeitenden und Führungskräfte zu stärken.

Das geplante Ergebnis von ResiNet umfasst:

- Die ResiNet-Plattform, die zum einen externe Daten aus verschiedenen Quellen bündelt, sowie im Wertschöpfungsnetzwerk entstehende Daten zu Prozessen und Lieferketten bietet. Die Integration dieser Daten aus unterschiedlichen Unternehmenssystemen ermöglicht eine umfassende Datenerfassung und -analyse sowie die Ausgabe möglicher Disruptionswahrscheinlichkeiten im Wertschöpfungsnetzwerk. Die Plattform dient gleichzeitig als von Mitarbeitenden verwaltetes Informationssystem zur Unterstützung dezentraler Entscheidungen.
- Agile Prinzipien und Organisationsmodelle, durch welche die Abstimmung zwischen Netzwerkpartnern, Organisationseinheiten und Teams effizient erfolgt und zu schnellen Lösungen für die Anforderungen der Turbulenz führt. Die agile Organisation schließt auch Produktionsteams auf der Shopfloor-Ebene ein und bezieht sich auf die situationsgerechte Definition von Prozessen unabhängig der Standardvorgaben.
- Ein Planungstool, zur (unternehmensübergreifenden) Produktionsplanung unter flexibler Berücksichtigung von Aufträgen, Maschinen und Personal.
- Harmonisierte resilienzbezogene Vorgehensweisen im Produktionsnetzwerk. Diese umfassen die abgestimmte Interpretation von Turbulenz- und Resilienztreibern, die Anwendung bewährter Heuristiken für Entscheidungen in Turbulenzsituationen sowie die transparente Bewertung der Kosten-Nutzen-Bilanzen von Resilienzmaßnahmen für jeden Partner.

Dies schafft eine gefestigte Identität im Produktionsnetzwerk und fördert das Vertrauen auf menschlicher Kooperationsebene im Netzwerk.

4 Fazit und Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag verfolgt das Ziel, die praktische Relevanz der vorgestellten Forschungsvorhaben Resiplat und ResiNet im Kontext resilienter Wertschöpfungsnetzwerke herauszuarbeiten. Im Gegensatz zu bestehenden Arbeiten, die sich auf theoretische Konzepte oder isolierte Einzelaspekte von Resilienz konzentrieren, bieten diese Projekte erstmals einen ganzheitlichen und praxisnahen Ansatz zur Resilienzsteigerung in industriellen Wertschöpfungsnetzwerken.

Der Neuheitsgrad des Beitrags liegt insbesondere in der Integration von datengetriebenen Plattform-Ökosystemen (Resiplat) und agilen Organisationsmodellen (ResiNet), die gemeinsam die Fähigkeit von Unternehmen zur Antizipation, Absorption und Adaption von Störungen verbessern. Während Resiplat durch die Vernetzung von Produktions- und Materialverfügbarkeitsplattformen eine Echtzeit-Orchestrierung der Wertschöpfung ermöglicht, fokussiert ResiNet auf die flexible Abstimmung von Ressourcen und die partizipative Einbindung von Mitarbeitenden in Entscheidungsprozesse. Beide Projekte adressieren damit Engpassfaktoren, die bisher nicht ausreichend behandelt wurden, wie etwa die mangelnde Transparenz in Lieferketten oder die starre hierarchische Organisation in Krisensituationen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die vorgestellten Projekte nicht nur einen theoretischen Beitrag zur Resilienzforschung leisten, sondern auch konkrete Handlungsempfehlungen für die Praxis bieten. Sie demonstrieren, wie Unternehmen durch

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

die Kombination von digitalen Plattformen, agilen Methoden und menschlicher Kreativität widerstandsfähiger gegenüber dynamischen Marktveränderungen werden können. Damit schließen sie eine Lücke zwischen bestehenden Konzepten und deren praktischer Anwendbarkeit und liefern zugleich Impulse für zukünftige Forschungsarbeiten, etwa zur Rolle offener Wertschöpfungsnetzwerke oder zur Skalierbarkeit der entwickelten Ansätze.

FÖRDERHINWEISE

Die Forschungs- und Entwicklungsprojekte Resiplat (Förderkennzeichen 02J23C041) und ResiNet (Förderkennzeichen 02J23C120) werden durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung“ in der Maßnahme „Dynamische Wertschöpfungsnetzwerke im turbulenten Umfeld – Aufbau von Resilienz in produzierenden Unternehmen (Resipro)“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

LITERATUR

[1] Redlich, T.; Wulfsberg, J. P.: Wertschöpfung in der Bottom-up-Ökonomie. Heidelberg: Springer 2011

[2] Marrenbach, D.; Braun, M.: Integrative Planung von Smarten Logistiksystemen. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018) 5, S. 323–327

[3] Stöcker, C.: Die Große Beschleunigung. Klimawandel, Digitalisierung, Wirtschaftswachstum – wie wir uns in einer sich exponentiell verändernden Welt behaupten können. München: Penguin Random House 2023

[4] Spath, D.; Marrenbach, D.; Schuler, S.: Gestaltungsfelder einer präventiven, menschengerechten Intralogistik. In: Präventive Arbeitsgestaltung in Produktion und Logistik, S. 2–25, Internet: publica.fraunhofer.de/bitstreams/df053977-f64a-44d9–98c2–0b1a80d8e792/download. Zugriff am 20.05.2025

[5] Laloux, F.: Reinventing Organizations. Ein Leitfaden zur Gestaltung sinnstiftender Formen der Zusammenarbeit. München: Vahlen 2015

[6] Robertson, B.: Holacracy. Ein revolutionäres Management-System für eine volatile Welt. München: Vahlen 2016

[7] Redlich, T.; Wulfsberg, J. P.; Bruhns, F.-L.: Wissenschaftliche Fundierung der Wertschöpfungsgestaltung in der Bottom-up-Ökonomie. Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 105 (2010) 11, S. 965–975

[8] ISO 22316:2017–03: Sicherheit und Resilienz – Resilienz von Organisationen – Grundsätze und Attribute. Deutsche Fassung, Ausgabe März 2017

[9] Reeves, M.; Candelon, F.: The Resilient Enterprise. Berlin: De Gruyter 2021

[10] Duchek, S.: Organizational resilience: a capability-based conceptualization. Business Research 13 (2020) 1, pp. 215–246

Dr. Dirk Marrenbach
dirk.marrenbach@iao.fraunhofer.de
Tel. +49 711 / 970- 2115

Universität Stuttgart
Institut für Arbeitswissenschaft
und Technologiemanagement IAT
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
www.iat.uni-stuttgart.de

Jessica Mack, M.Sc.
jessica.mack@iao.fraunhofer.de
Tel. +49 711 / 970-2287

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
www.iao.fraunhofer.de

LIZENZ

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

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-06-15 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -