

Hochschule Magdeburg-Stendal
Promotionszentrum Sozial-, Gesundheits- und Wirtschaftswissenschaften

Entwicklung eines Integrationsmodells zur Auslegung resilienter Wertschöpfungssysteme im Kontext der digitalen Transformation

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades *Dr. rer. pol.*

von Niels Schmidtke, M.Sc.

Betreuung:	Prof. Dr.-Ing. Fabian Behrendt Hochschule Magdeburg-Stendal
1. Gutachter	Prof. Dr.-Ing. Sebastian Trojahn Hochschule Anhalt
2. Gutachter	Prof. Dr. habil. Michael Henke Technische Universität Dortmund
Tag der Einreichung	16. Januar 2025
Tag der Disputation	20. Mai 2025
Erscheinungsort/-jahr	Magdeburg, 2025

Kontakt

Niels Schmidtke
Hochschule Magdeburg-Stendal
Breitscheidstraße 2, D-39114 Magdeburg
E-Mail: niels.schmidtke@partner.h2.de

Bibliografische Informationen

<http://dx.doi.org/10.25673/119153>

Gemäß APA-Richtlinien (7. Auflage) kann diese Arbeit wie folgt zitiert werden:

Schmidtke, N. (2025). *Entwicklung eines Integrationsmodells zur Auslegung resilienter Wertschöpfungssysteme im Kontext der digitalen Transformation* [Dissertation, Hochschule Magdeburg-Stendal]. <http://dx.doi.org/10.25673/119153>.

Lizenzbestimmungen und Urheberrecht

Dieses Werk ist unter der Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0) lizenziert. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, besuchen Sie www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/ oder senden Sie einen Brief an Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Diese Lizenz erlaubt es Ihnen, das Werk zu teilen, d.h. es zu kopieren und weiterzuverbreiten – sowie das Werk zu bearbeiten, zu verändern und darauf aufzubauen, und das für jegliche Zwecke, einschließlich kommerzieller Nutzung. Voraussetzung dafür ist, dass Sie eine angemessene Anerkennung geben, einen Link zur Lizenz bereitstellen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Zusätzlich müssen Sie neue Werke, die auf diesem Werk basieren, unter denselben Lizenzbedingungen (CC BY-SA 4.0) veröffentlichen. Diese Bedingungen können auf jede angemessene Art und Weise erfüllt werden, allerdings nicht in einer Weise, die den Eindruck erweckt, der Lizenzgeber unterstütze Sie oder Ihre Nutzung des Werks.

© 2025 Niels Schmidtke

Druckfreigabe: 03. Juni 2025

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Prof. Dr.-Ing. Fabian Behrendt, der mich mit großer fachlicher Kompetenz, wertvollen Anregungen und intensiver Unterstützung während des gesamten Promotionsprozesses sowohl gefördert als auch gefordert hat.

Ich bedanke mich auch recht herzlich bei Prof. Dr. Michael Henke und Prof. Dr.-Ing. Sebastian Trojahn für die Begutachtung meiner Dissertation und die konstruktiven Hinweise, sowie bei Prof. Dr. Gunnar Mau für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission.

Ebenso möchte ich mich bei den Doktorandinnen und Doktoranden des PromZ SGW und meinen Arbeitskolleginnen und -kollegen bedanken, die mir mit motivierenden Gesprächen, offenem Meinungs Austausch und wertvollen Anregungen zur Seite standen. Mein Dank gilt auch den industriellen Anwendungspartnern meiner Dissertation. Ohne die praxisnahe Erprobung und die konstruktive Zusammenarbeit hätte diese Arbeit nicht denselben Wert erzielen können.

Herzlichen Dank auch an die Leitung des PromZ SGW, Prof. Dr. Gabriele Franke, sowie die koordinierende Referentin, Frau Josephin Winkler, für die wertvolle formale und organisatorische Betreuung meines Promotionsprojekts sowie die stets hilfreiche Unterstützung mit Rat und Tat.

Mein aufrichtiger Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden, die mir in jeder Phase dieses langen Weges mit Zeit, Geduld und willkommener Abwechslung zur Seite standen:

Vielen Dank an meine Frau Quynh, die mich stets auf ihre Art zu motivieren wusste und die in den intensiven Phasen der Dissertation die Betreuung unserer Tochter Lilia so gelassen übernommen hat. Danke auch an dich, liebe Lilia, dass du so manche lange Schreibtischphase mit kreativen Aufgaben und spielerischen Einlagen zu etwas Besonderem gemacht hast. Und vielen Dank auch an meine Eltern, Carola und Michael, die in diesen Zeiten nicht nur das Betreuungsangebot erweitert, sondern auch zuverlässig für einen gedeckten Tisch gesorgt haben.

Magdeburg, Mai 2025

Niels Schmidtke

Kurzfassung

Unternehmen stehen heutzutage vor einer Vielzahl von Herausforderungen, von wirtschaftlichen Schwankungen, geopolitischen Konflikten bis hin zu technologischen Disruptionen. Resilienz, die Fähigkeit eines Unternehmens, sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen und Transformationsprozesse erfolgreich zu bewältigen, ist daher wichtiger denn je. Die vorliegende Arbeit untersucht, wie Unternehmen im Kontext der digitalen Transformation durch die resiliente Auslegung von Geschäftsmodellen, -prozessen und Zielsystemen gestärkt werden können, um zukünftigen Schocks der internen und externen Einflussfaktoren besser standzuhalten.

Im Forschungskern steht die Entwicklung eines Integrationsmodells, welches durch die Zusammenführung technischer, organisatorischer und analytischer Elemente Unternehmen unterstützt, sowohl vorhersehbare als auch unvorhersehbare Herausforderungen systematisch mit einem Methodenbaukasten anzugehen. Das Modell ermöglicht es, potentielle Entwicklungsszenarien, die die eigenen Wertschöpfungsprozesse beeinflussen, vorherzusagen und sich darauf vorzubereiten. Der Ansatz verbindet etablierte Methoden und erweitert diese im Kontext eines strategischen und unternehmerischen Resilienzmanagements. Die Operationalisierung erfolgt durch die Definition und Überwachung von Resilienzindikatoren, die als Frühwarnsystem für potentielle Risiken aber auch als Leitgrößen für Lern- und Verbesserungsprozesse dienen.

Im Fokus stehen vor allem proaktive und technologiebasierte Ansätze, damit schon im Vorfeld Prozesse und Geschäftsmodelle so gestalten werden können, dass diese flexibler und anpassungsfähiger sind. Einen besonderen Stellenwert erfährt die generative KI, die es ermöglicht, verschiedene Entwicklungsszenarien zu modellieren und Unternehmen Veränderungsperspektiven in der Geschäftsausrichtung aufzuzeigen. Dadurch können große Datenmengen analysiert sowie Muster, Risiken und Chancen frühzeitig erkannt werden. Unternehmen werden befähigt, sich kontinuierlich zu verbessern, indem aus vergangenen Ereignissen gelernt und Resilienzstrategien anhand definierter Phasen ausgerichtet werden.

Insgesamt versteht sich das Integrationsmodell einerseits als Werkzeug zur Organisations- und Prozessoptimierung und andererseits als strategischer Ansatz, welches die Schnittstellen zwischen Technologie, Umweltveränderungen und Unternehmensführung adressiert. Es unterstützt Unternehmen, Resilienz als Wettbewerbsvorteil zu verstehen, zu nutzen als auch langfristig die Stabilität sowie Innovationsfähigkeit zu stärken. Im Anwendungsteil der Arbeit sind zwei Praxis- und eine Simulationsstudie umgesetzt, die neben einer Validierung aufzeigen, wie mithilfe des entwickelten Rahmens durch Technologielösungen und den Einsatz generativer KI die unternehmerische Resilienzfähigkeit gesteigert werden kann.

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Abstract

Today, companies face a multitude of challenges, from economic fluctuations and geopolitical conflicts to technological disruptions. Resilience, the ability of a company to adapt to changing conditions and successfully manage transformation processes, is therefore more important than ever. This thesis examines how companies can be strengthened in the context of digital transformation by resiliently designing business models, processes and target systems in order to better withstand future shocks from internal and external influencing factors.

The core of the research is the development of an integration model that supports companies by combining technical, organizational and analytical elements to systematically address both foreseeable and unforeseeable challenges with a methodological toolbox. The model makes it possible to predict and prepare for potential future scenarios that influence a company's own value creation processes. The approach combines established methods and expands on them in the context of strategic and entrepreneurial resilience management. It is operationalized by defining and monitoring resilience indicators that serve as an early warning system for potential risks but also as benchmarks for learning and improvement processes.

The focus is primarily on proactive and technology-based approaches so that processes and business models can be designed in advance to be more flexible and adaptable. Particular importance is attached to generative AI, which makes it possible to model various future scenarios and to show companies perspectives for change in their business orientation. This enables the analysis of large amounts of data and the early detection of patterns, risks and opportunities. Companies are empowered to continuously improve by learning from past events and aligning resilience strategies based on defined phases.

Overall, the integration model sees itself, on the one hand, as a tool for optimizing organization and processes and, on the other, as a strategic approach that addresses the interfaces between technology, environmental changes and corporate management. It supports companies in understanding and using resilience as a competitive advantage, as well as in strengthening long-term stability and innovative ability. In the application part of the work, two practical and one simulation study are implemented, which, in addition to a validation, show how the developed framework can be used to increase corporate resilience through technology solutions and the use of generative AI.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Kurzfassung	III
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VIII
Glossar	XI
Abbildungsverzeichnis	XV
Promptverzeichnis	XVIII
Tabellenverzeichnis	XIX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation.....	1
1.2 Zielstellung und Abgrenzung des Untersuchungsbereiches	2
1.3 Forschungsdesign und zentrale Forschungsfragen	5
1.4 Aufbau der Arbeit	7
2 Wissenschaftstheoretische Grundlagen	11
2.1 Einführung in das Resilienzmanagement	11
2.1.1 Begriffsdefinition und -verständnis.....	11
2.1.2 Gegenüberstellung etablierter Managementsysteme.....	16
2.1.3 Zusammenhang Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz.....	25
2.2 Darstellung der Forschungslücke	29
2.2.1 Vorgehensweise bei der strukturierten Literaturrecherche.....	29
2.2.2 Kernergebnisse der strukturierten Literaturrecherche.....	31
2.2.3 Bestehende Implementierungsansätze des Resilienzmanagements ...	35
2.2.4 Ableitung von Forschungsbedarfen und -potentialen.....	40
2.3 Resilienz im Unternehmenskontext	43
2.3.1 Resilienz auf System-, Prozess-, Objekt- und Infrastrukturebene	44
2.3.2 Resilienz auf Ebene der Einflussfaktoren (Analyse)	45
2.3.3 Resilienz im Kontext von Kennzahlen (Bewertung)	47
2.3.4 Resilienz im Kontext der Digitalen Transformation (Planung)	49
2.3.5 Resilienzorientierte Geschäftsmodelle durch die Industrie 4.0.....	53

2.3.6	Datenmodelle als Wegbereiter für die KI-unterstützte Strategieentwicklung	58
2.3.7	Einsatz von generativen KI-Systemen zur Förderung der unternehmerischen Resilienz	61
2.4	Zusammenfassung Grundlagenkapitel	64
3	Entwicklung eines integrativen Modells zum Resilienzmanagement	65
3.1	Ergebnisanalyse Unternehmensbefragung.....	65
3.2	Anforderungsanalyse an eine Methodik des Resilienzmanagements	67
3.3	Voraussetzungen zur Etablierung eines Resilienzmanagements.....	73
3.4	Umsetzung einer resilienzorientierten Unternehmens- und Umfeldanalyse	78
3.4.1	Methodenbaustein: Positionsbestimmung	78
3.4.2	Methodenbaustein: Szenarioanalyse und Zusammenführung in Resilienzmatrix.....	80
3.5	Umsetzung einer resilienzorientierten Strategie- und Geschäftsmodellentwicklung	85
3.5.1	Methodenbaustein: Resilienz Canvas.....	85
3.5.2	Ableitung prioritärer strategischer Handlungsfelder zur Resilienzsteigerung	91
3.5.3	Resilienzsteigerung durch Technologie- und Digitalisierungsstrategien	94
3.6	Umsetzung einer resilienzorientierten Operationalisierung	100
3.6.1	Operationalisierung von Resilienz	101
3.6.2	Methodenbaustein: Resilienz Board	105
3.7	Zusammenfassung Methodenkapitel.....	109
4	Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement	113
4.1	Auswahl der Anwendungsfälle	113
4.1.1	Praxisstudie – Customer Relations.....	116
4.1.2	Praxisstudie – Inbound Operations.....	128
4.1.3	Simulationsstudie – Modulare Produktion.....	136
4.2	Vom Anwendungsfall zur praktischen Umsetzung.....	148
4.3	Handlungsleitfaden zum Aufbau generativer KI-Systeme für das Resilienzmanagement.....	151

4.4 Zusammenfassung Anwendungskapitel	155
5 Schlussbetrachtung	157
5.1 Zusammenfassung der Forschungsfragen	157
5.2 Kritische Würdigung	162
5.3 Handlungsempfehlungen an die Unternehmen.....	165
5.4 Handlungsempfehlungen an die Wissenschaft	167
Quellenverzeichnis.....	169
Anhang A Fragebogen.....	A-I
Anhang B Ergebnisdarstellung zur Unternehmensbefragung	A-VII
Anhang C Standardisierte Positionsbestimmung (Interne Einflussfaktoren)	A-X
Anhang D Standardisierte Positionsbestimmung (Externe Einflussfaktoren).....	A-XII
Anhang E Technologiemorphologie.....	A-XIV
Anhang F Modellkonfigurationen und -annahmen der Simulationsstudie – Modulare Produktion	A-XVII
Anhang G Konfigurationsanleitung zum Aufbau eines spezialisierten GPT-Modells für das Resilienzmanagement	A-XIX

Glossar

[Seitenreferenzen dynamisch verknüpft]

- AGV** Ein *Automated Guided Vehicle* (deutsch: Fahrerloses Transportsystem) ist ein flurgebundenes Fördermittel mit eigenem Fahrantrieb, das automatisch gesteuert und berührungslos geführt wird (vgl. S. 137)
- BCM** *Business Continuity Management* (deutsch: betriebliches Kontinuitätsmanagement) umfasst die Entwicklung von Strategien, Maßnahmen und Prozessen, mit denen Unternehmen den Geschäftsbetrieb auch in Krisenzeiten weiterführen können (vgl. S. 21, 40)
- BDE** Die *Betriebsdatenerfassung* ist ein System zur systematischen Erfassung und Verarbeitung von Daten aus betrieblichen Wertschöpfungsprozessen. Es erfasst sowohl organisatorische (Auftrags-, Personal-) als auch technische (Maschinen-, Werkzeug-, Material-) Betriebsdaten (vgl. S. A-XI)
- BI** *Business Intelligence* ist ein technologiegetriebener Prozess zur Analyse von Daten und zur Präsentation verwertbarer Informationen, welcher hilft, fundierte Geschäftsentscheidungen zu treffen (vgl. S. 117)
- Bias** *Bias* sind systematische Verzerrungen in den Ergebnissen oder Aussagen, im Kontext dieser Arbeit eines KI-Modells, welche durch unausgewogene Trainingsdaten oder algorithmische Schwächen entstehen (vgl. S. 62)
- BMC** Das *Business Model Canvas* ist eine Framework zur Strukturierung und Visualisierung von Geschäftsmodellen (vgl. S. 53)
- CPS** Ein *cyber-physisches System* bezeichnet den Verbund informatischer, softwaretechnischer Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen, welche über eine Dateninfrastruktur (z.B. Internet, IoT-Plattform) kommunizieren (vgl. S. 97, 163, A-XV)
- CRM** *Customer Relationship Management* ist eine Technologie zur Verwaltung aller Interaktionen eines Unternehmens mit aktuellen und potentiellen Kunden (vgl. S. 88, 117)
- CSRD** Die *Corporate Sustainability Reporting Directive* legt fest, welche Unternehmen zu einer Nachhaltigkeitsberichterstattung verpflichtet sind und in welcher Form die Berichterstattung gestaltet werden soll (vgl. S. 25, A-XIII)
- ERP** ERP-Systeme (*Enterprise Resource Planning*) sind Softwaresysteme, welche Unternehmen bei der Zusammenführung zentraler Geschäftsprozesse (Finanzen, Personalwesen, Fertigung, Beschaffung, Vertrieb) mit einer einheitlichen Sicht auf die Aktivitäten unterstützen und eine zentrale Datenquelle bieten (vgl. S. 56, 58, 77)
- ESG** Beinhaltet die drei Säulen der Nachhaltigkeit: *Environment* (Umwelt), *Social* (Soziales) und *Governance* (Unternehmensführung) (vgl. S. 48, 103)
- GPT** *Generative Pretrained Transformer* (deutsch: erzeugender, vortrainierter Transformator) sind zumeist Chatbots, die KI einsetzen, um mit Nutzenden über textbasierte Nachrichten und Bilder zu kommunizieren (vgl. S. 59, 72)
- I4.0** *Industrie 4.0* bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) (vgl. S. 50)
- IKT** *Informations- und Kommunikationstechnologien* umfassen alle technischen Medien, die für die Handhabung von Informationen und zur Unterstützung der

	Kommunikation eingesetzt werden. IT-Systeme werden für die Verarbeitung und Verwaltung von Informationen genutzt und sind ein Teilbereich der IKT (vgl. S. 12, 44)
IoT	<i>Internet of Things</i> (deutsch: Internet der Dinge) beschreibt ein Sammelbegriff für vernetzte Technologien einer globalen Infrastruktur, die es ermöglicht, physische Maschinen und Anlagen sowie virtuelle Objekte durch IKT zusammenarbeiten zu lassen (vgl. S. 49)
JIS	<i>Just in Sequence</i> erweitert das Just in Time-Prinzip (s.u.) durch die Lieferung der Waren in der richtigen Reihenfolge (Reihenfolgesynchronität)
JIT	<i>Just in Time</i> bezeichnet eine Produktions- und Lieferstrategie, bei der Lieferanten die richtigen Produkte in der korrekten Anzahl zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Ort ausliefern (vgl. S. 27, 44)
KI	<i>Künstliche Intelligenz</i> ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens und dem maschinellen Lernen befasst (vgl. S. 2, 58, 69)
KMU	<i>Kleine und mittlere Unternehmen</i> ist eine Sammelbezeichnung für Unternehmen, die definierte Grenzen hinsichtlich Beschäftigtenzahl (< 250), Umsatzerlös (< 50 Mio. €) oder Bilanzsumme (< 43 Mio. €) nicht überschreiten (vgl. S. 4, 34, 58, 165)
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> (deutsch: Schlüsselkennzahlen) definieren und messen den Erfolg, die Leistung oder Auslastung eines Unternehmens, organisatorischer Einheiten oder einzelner Prozesse und Maschinen (vgl. S. 47, 103)
KRI	<i>Key Risk Indicators</i> (deutsch: Schlüsselrisikoindikatoren) sind Metriken, die von Organisationen verwendet werden, um ein frühes Signal für zunehmende Risikoexpositionen in verschiedenen Bereichen des Unternehmens zu liefern (vgl. S. 48, 103)
KVP	Der <i>kontinuierliche Verbesserungsprozess</i> ist eine Denkweise, welche mit stetigen Verbesserungen in kleinen Schritten die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen stärkt (vgl. S. 14, 21)
LLM	<i>Large Language Models</i> sind Sprachmodelle, welche sich durch die Fähigkeit auszeichnen, natürliche Sprache zu verstehen, zu generieren und zu verarbeiten (vgl. S. 59, 158, 166)
ML	<i>Maschinelles Lernen</i> ist ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz, Systeme lernen selbstständig Muster und Zusammenhänge aus großen Datenmengen (vgl. S. 31, 167)
MR	Unter <i>Mixed Reality</i> (deutsch: Vermischte Realität) werden Umgebungen oder Systeme zusammengefasst, die die natürliche Wahrnehmung eines Nutzers mit einer künstlichen (computererzeugten) Wahrnehmung vermischen (vgl. S. 117)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (deutsch: Gesamtanlageneffektivität) ist eine Kennzahl, die genutzt wird, um die Produktivität, die Rentabilität und die Gesamteffektivität von Produktionsanlagen zu messen und zu überwachen (vgl. S.47)
OEM	Ein <i>Original Equipment Manufacturer</i> (deutsch: Erstausrüster) ist ein Hersteller von Komponenten oder Produkten, der diese nicht selber in den Einzelhandel bringt (vgl. S.128)

PPS	Mit einem <i>Produktionsplanungs- und Steuerungssystem</i> können Unternehmen die Planung in der Produktion kennzahlengebunden (Menge, Termine, Kapazitäten, etc.) gestalten (vgl. S. 26)
QM	<i>Qualitätsmanagement</i> beschreibt die systematische Planung und Steuerung von Abläufen mit Blick auf deren Qualität (vgl. S. 20)
RI	<i>Resilience Indicators</i> (deutsch: Resilienzindikatoren) sind im Verständnis der Arbeit Metriken, die von Organisationen genutzt werden, um Fähigkeiten und Eigenschaften zur Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit zu messen (vgl. S. 102, 103, 158)
SLA	Die <i>systematische Literaturanalyse</i> ist eine Methode, um zu einer Forschungsfrage den aktuellen Literaturstand systematisch reproduzierbar zu identifizieren und auszuwerten (vgl. S. 29)
S-P-O-I	Systemtheoretisches Denkmodell der Logistik nach System-, Prozess-, Objekt- und Infrastruktursicht (vgl. S. 44)
TLR	Der <i>Technology Readiness Level</i> (Deutsch:Technologie-Reifegrad) ist eine Skala von 1 bis 9 zur Bewertung des Entwicklungsstandes von Technologien auf der Basis einer systematischen Analyse (vgl. S. 100)
TQM	<i>Total Quality Management</i> (deutsch: umfassendes Qualitätsmanagement) ist eine ganzheitlich orientierte QM-Methode (s.o.), die unter Mitwirkung aller Mitarbeitenden Qualitätsaspekte in den Mittelpunkt stellt (vgl. S. 44)
VUCA	Akronym für <i>volatility, uncertainty, complexity, ambiguity</i> (deutsch: Volilität, Unsicherheit, Komplexität, Mehrdeutigkeit) bezeichnet die Herausforderungen in der von rasantem und unvorhersehbarem Wandel beeinflussten Welt (vgl. S. 5, 162)
WIP	<i>Work in Progress</i> bezeichnet in der Simulation den Zustand oder die Menge von Einheiten, die sich aktuell in Bearbeitung befinden, jedoch noch nicht fertiggestellt sind (vgl. S. 141)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Vorgehensweise der Arbeit.....	8
Abbildung 2: Verortung des Betrachtungsschwerpunktes und Anwendungsfälle	10
Abbildung 3: Fähigkeiten und Eigenschaften zur Gestaltung resilienter Wertschöpfungssysteme.....	12
Abbildung 4: Veranschaulichung der Resilienzfähigkeit einer Wertschöpfungskette anhand der Analogie des Immunsystems	15
Abbildung 5: Reaktives und Proaktives Risikomanagement	17
Abbildung 6: Resilienzphasen am Beispiel eines Störereignisses (Event)	20
Abbildung 7: Zusammenhang der Zieldimensionen Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit .	28
Abbildung 8: Strukturierte Literaturanalyse – Verteilung der analysierten Publikationen nach Forschungsbereich und Jahr	32
Abbildung 9: Strukturierte Literaturanalyse – Verteilung der methodischen Dokumentenart nach Forschungsbereichen.....	33
Abbildung 10: Abgeleiteter Forschungsbedarf in Zusammenführung bestehender Ansätze und Modelle	41
Abbildung 11: Interdependenzen zwischen Prozess- und Geschäftsmodellebene.....	42
Abbildung 12: Adaptiertes Denkmodell der Szenariotechnik.....	47
Abbildung 13: Exemplarische S-P-O-I-Entwicklungsstufen im Kontext der digitalen Transformation	51
Abbildung 14: Digitale Transformation entlang der Geschäftsmodellsegmente (Beispiele) ...	56
Abbildung 15: Erweitertes Verständnis der Eigenschaften zur Gestaltung resilienter Systeme	60
Abbildung 16: Reifegradmodell – Anforderungen und Voraussetzungen zur Etablierung eines Resilienzmanagements	74
Abbildung 17: Exemplarische Auswertung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse auf Ebene der Einflussfaktoren.....	82
Abbildung 18: Resilienzmatrix als Ergebnisdarstellung der strukturierten Positionsbestimmung und Szenarioanalyse.....	83
Abbildung 19: Resilienz Canvas – Resilienzorientierte Gestaltung (neuer) Geschäftsmodelle	86
Abbildung 20: Interdependenzen der Geschäftsmodellsegmente (vereinfacht)	87

Abbildung 21: Maßnahmenmorphologie zur Entwicklung strategischer und resilienzfördernder Handlungsoptionen	92
Abbildung 22: Grundverständnis zur Verknüpfung des Resilienzmanagements mit Technologiestrategien	98
Abbildung 23: Bewertung der Resilienzfähigkeit in verschiedenen Phasen	104
Abbildung 24: Grafische Verknüpfung Resilienz Canvas und Resilienz Board	109
Abbildung 25: Integrationsmodell – Zusammenfassung methodischer Ablauf und Ergebnisse	111
Abbildung 26: Ausrichtung und Schwerpunktsetzung der ausgewählten Anwendungsfälle	113
Abbildung 27: Resilienzmatrix – Ergebnisdarstellung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers.....	118
Abbildung 28: Auswertung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse auf Ebene der Einflussfaktoren am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers.....	123
Abbildung 29: Veranschaulichung Phasen der Unternehmenslogistik	128
Abbildung 30: Umsetzungsplanung zur Integration des Resilienz Board in bestehende Controlling- und BI-Systeme am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers (Inbound-Logistik).....	134
Abbildung 31: Gegenüberstellung von Produktionskonzepten auf der Grundlage von Produktionskapazität und -flexibilität.....	137
Abbildung 32: Implementierung einer Matrix-Produktionssystemstruktur	142
Abbildung 33: Beziehung zwischen den umgesetzten Szenarien und den Resilienzphasen	143
Abbildung 34: Gegenüberstellung der Durchlaufzeiten je Simulationsszenario.....	145
Abbildung 35: Gegenüberstellung des Auslastungsgrads der Bearbeitungsstationen je Simulationsszenario.....	145
Abbildung 36: Gegenüberstellung des Auslastungsgrads der materialliefernden AGV je Simulationsszenario.....	147
Abbildung 37: Modell der Technologieeinführung nach Logik des Anwendungsfalls.....	149
Abbildung 38: Zeitliche Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement..	150
Abbildung 39: Optimierungsziele für resiliente Wertschöpfung	A-II
Abbildung 40: Bedeutung der Zieldimensionen (Vergleich Geschäftsjahr 2022 vs. 2019) (Frage 2).....	A-VII
Abbildung 41: Umsetzungsstand von Maßnahmen in den Zieldimensionen (Frage 2).....	A-VII

Abbildung 42: Priorisierte Kennzahlen im Kontext „Wertschöpfung“ (Frage 3) - Fokusbetrachtung: Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungsgewerbe & Logistik	A-VIII
Abbildung 43: Priorisierte Kennzahlen im Kontext „Kunde“ (Frage 3) - Fokusbetrachtung: Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungsgewerbe & Logistik	A-VIII
Abbildung 44: Methoden- und Werkzeugeinsatz in den Unternehmen I Aktuell und in Planung (Frage 5) - Fokusbetrachtung: Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungsgewerbe & Logistik	A-VIII
Abbildung 45: Technologieeinsatz in den Unternehmen I Aktuell und in Planung (Frage 5) - Fokusbetrachtung: Verarbeitendes Gewerbe und Dienstleistungsgewerbe & Logistik	A-IX
Abbildung 46: Anforderungen an ein Resilienzmanagementsystem I Anwendung, Betrachtungsfokus, Auswertung (Frage 6)	A-IX
Abbildung 47: Simulationsstudie „Modulare Produktion“ – Prozessmodell für das matrix-strukturierte Produktionssystem (Automobilendmontage)	A-XVII
Abbildung 48: Eingabefenster GPT-Modell "Resilience AI Advisor"	A-XX

Promptverzeichnis

Prompt 1: Positionsbestimmung – Bewertung der Einflussfaktoren und Gegenüberstellung.....	80
Prompt 2: Szenarioanalyse – Herleitung von Entwicklungsszenarien und Integration	81
Prompt 3: Strategieentwicklung – Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell	93
Prompt 4: Strategieentwicklung – Einschätzung zur Bewertung von Technologiereifen in der Unternehmensbranche.....	100
Prompt 5: Integration – Herleitung von Operationalisierungsgrößen und Grenzwerten.....	108

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abgrenzung des Untersuchungsbereichs.....	4
Tabelle 2: Grundsätze und Handlungsfelder zur Förderung von organisationaler Resilienz ..	13
Tabelle 3: Übersicht ausgewählter Methoden des Risikomanagements	18
Tabelle 4: Gegenüberstellung ausgewählter Managementsysteme	23
Tabelle 5: Divergierende Zielprämissen von Resilienz und Effizienz (Auswahl).....	27
Tabelle 6: Vorgehen zur strukturierten Literaturanalyse inkl. Inklusions- und Exklusionskriterien	29
Tabelle 7: Gegenüberstellung ausgewählter Implementierungsansätze des Resilienzmanagements	38
Tabelle 8: Übersicht von Einflussfaktoren zur Beeinflussung der Resilienzfähigkeit und -eigenschaften	45
Tabelle 9: Anforderungen an ein Business Model Canvas zur Gestaltung digital erweiterter und resilienzorientierter Geschäftsmodelle	55
Tabelle 10: Hemmnisse und Bewältigungsstrategien bei der Technologieeinführung.....	57
Tabelle 11: Überblick von Bias in generativen KI-Systemen und Ansätze zur Reduzierung ..	62
Tabelle 12: Implikationen der Unternehmensbefragung „Resilienz & Wertschöpfung“ – Neue Prioritäten im Kontext des Unternehmensmanagement?	66
Tabelle 13: Anforderungen zur Methodengestaltung im Resilienzmanagement.....	68
Tabelle 14: Gegenüberstellung ausgewählter generativer KI-Modelle (Momentaufnahme) ..	70
Tabelle 15: Beurteilung von Datentypen und Modelleignung	72
Tabelle 16: Positionsbestimmung – Exemplarische Darstellung zur Bewertung des Einflussfaktors <i>Innovation</i>	79
Tabelle 17: Szenarioanalyse – Exemplarische Darstellung zur Szenarioentwicklung des Einflussfaktors <i>Innovation</i> und dessen Bewertung	82
Tabelle 18: Interdependenzen der Geschäftsmodellsegmente im Kontext Resilienz	90
Tabelle 19: Strategische Handlungsoptionen im Kontext Digitalisierung zur Resilienzförderung (Beispiele)	92
Tabelle 20: Flankierende Ratgeber zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz („Out-of-Scope“-Themen)	94
Tabelle 21: Technologiemorphologie – Exemplarische Darstellung am Beispiel <i>Digitale Assistenz</i> und <i>Mixed Reality</i>	95

Tabelle 22: Differenzierung von Technologiereifen.....	99
Tabelle 23: Gegenüberstellung leistungs-, nachhaltigkeits-, risiko- und resilienz-orientierter Indikatorik im Kontext der Geschäftsmodellsegmente (Auswahl) ...	103
Tabelle 24: Resilienz Board als Zusammenführung relevanter Geschäftsmodellperspektiven, Mess- und Kontrollgrößen.....	106
Tabelle 25: Zeitbezug der definierten Anwendungsfälle.....	114
Tabelle 26: Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement und Validierungskriterien	115
Tabelle 27: Resilienz Canvas – Ex-post-Analyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers	120
Tabelle 28: Resilienz Board – Ex-post-Analyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers	121
Tabelle 29: Resilienz Canvas – Ex-ante-Szenario am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers	124
Tabelle 30: Resilienz Board – Ex-ante-Szenario am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers (Kundenbeziehungen).....	126
Tabelle 31: Resilienz Canvas – In-praesenti-Konzeption am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers	130
Tabelle 32: Resilienz Board – In-praesenti-Konzeption am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers (Inbound-Logistik)	132
Tabelle 33: Resilienz Canvas – Digital erweitertes Geschäftsmodell am Beispiel der Simulationsstudie des Automobilherstellers.....	139
Tabelle 34: Resilienz Board – Integration resilienzorientierter Operationalisierungsgrößen am Beispiel der Simulationsstudie des Automobilherstellers (Matrixproduktion).....	140
Tabelle 35: Handlungsleitfaden zum Aufbau generativer KI-Systeme für das Resilienzmanagement	152
Tabelle 36: Prompt-Techniken für das Resilienzmanagement.....	154
Tabelle 37: Kennzeichnung KI-generierte Inhalte	181
Tabelle 38: Positionsbestimmung – Darstellung der endogenen Einflussfaktoren zur Bewertung der inneren Stärke und Bewertungsunterstützung (Template)	A-X
Tabelle 39: Positionsbestimmung – Darstellung der exogenen Einflussfaktoren zur Bewertung der äußeren Dynamik und Bewertungsunterstützung (Template).A-XII	
Tabelle 40: Technologiemorphologie zur Beurteilung der Effekte auf Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften in Unternehmen (Template)	A-XIV

Tabelle 41: Simulationsstudie „Modulare Produktion“ – Randbedingungen	A-XVII
Tabelle 42: Simulationsstudie „Modulare Produktion“ – Produktmix und Prozessvarianten	A-XVII
Tabelle 43: Simulationsstudie „Modulare Produktion“ – Parametrisierung Logistikstrategien	A-XVIII
Tabelle 44: Schrittweises Vorgehen zum Aufbau eines auf das Resilienz- management fokussiertes GPT-Modell "Resilience AI Advisor"	A-XIX

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

„Eine Krise kann ein produktiver Zustand sein. Man muss ihm nur den Beigeschmack der Katastrophe nehmen.“ (Max Frisch)

Ob Klimawandel, Ressourcenknappheit, Cyberangriffe, Stress am Arbeitsplatz oder Produktionsausfälle – alle diese Ereignisse sind Grund genug, dass sich Unternehmen Sorgen und strategisch so aufstellen müssen, dass diese Herausforderungen ohne Rückschläge überstanden werden und sogar gestärkt daraus hervorgegangen werden kann. Der Begriff *Resilienz* ist in diesem Zusammenhang ein Trendwort der aktuellen Zeit. Während viele Studien und wissenschaftliche Publikationen vor allem das Thema der psychologischen oder soziologischen Resilienz (im Sinne psychischer oder gesellschaftlicher Widerstandsfähigkeit) betrachten, wird der Fokus der vorliegenden Forschungsarbeit auf die organisatorische und technische Interpretation des Resilienzbegriffes gelegt. Im Fokus steht vor allem das *Resilienzmanagement*, welches Maßnahmen und Strategien umfasst, um die systemische Belastbarkeit eines betriebswirtschaftlichen oder organisatorischen Systems zu stärken (vgl. Wieland & Wallenburg, 2013, S. 301f.).

Dem Verständnis von Resilienz wird in diesem Kontext die Eigenschaft eines Unternehmens zugrunde gelegt, externen Schocks oder Veränderungen der wirtschaftlichen, politischen oder sozialen Rahmenbedingungen standzuhalten und sich an neue Gegebenheiten anzupassen (vgl. Günther, 2018). Dies müssen nicht nur negativ behaftete Ereignisse (s.o.) sein, sondern können durchaus auch durch positive Veränderungen und Trends (technologische Innovationen, Marktexpansionen, u.w.) hervorgerufen werden. Unternehmen müssen daher die Fähigkeit besitzen, trotz Einwirkungen von außen ihre Stabilität zu erhalten, zum Ausgangszustand zurückzukehren oder einen neuen Gleichgewichtszustand einzunehmen (vgl. Kohl et al. 2021, S. 4). Auf diese Weise können Unternehmen äußeren Einflüssen standhalten und sich langfristig auf dem Markt behaupten. Dabei können Ausprägungen unterschieden werden, die einerseits Unternehmen bei Veränderungen dazu befähigen, ohne ihre Struktur anzupassen, handlungsfähig zu bleiben und andererseits, wenn nötig, schnell Strukturen und Prozesse grundlegend umzugestalten (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 4). Um den wirtschaftlichen Erfolg und das Fortbestehen zu sichern, benötigen Unternehmen flexible, wandlungsfähige und robuste Wertschöpfungssysteme und die Bereitschaft zur Veränderung. Grundlegend hierfür ist, Resilienz als strategischen Wettbewerbsvorteil zu erkennen und zur strategischen Aufgabe der Unternehmensführung zu machen (vgl. Kohl et al., 2021, S. 5). Nach Moldenhauer (2004, S. 15) sind 60% der Krisenfälle bereits drei Jahre vor dem Eintreten der eigentlichen Erfolgskrise erkennbar. Ein Resilienzmanagement wird damit zu einem unabdingbaren Erfolgsfaktor für wertschöpfende Organisationen, insbesondere für Produktionsunternehmen (vgl. Untenberger et al., 2020, S. 3).

In einer zunehmend dynamischen und volatilen Wirtschaftswelt stehen insbesondere produzierende Unternehmen vor der Herausforderung, ihre Effizienz, Resilienz und Nachhaltigkeit kontinuierlich zu verbessern. Die Digitalisierung bietet in diesem Kontext enorme Potentiale, doch die erfolgreiche Integration erfordert eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit verschiedenen Schlüssel- und Einflussfaktoren. Prozessdigitalisierungen versprechen schnellere Aktionsfähigkeiten, indem betriebliche Abläufe automatisiert und durch den Einsatz von Echtzeitdaten und prädiktiven Modellen verbessert werden (vgl. Röhe, 2022, S. 60f.). Allerdings stellt sich die Frage, wie Unternehmen diese Technologien strategisch implementieren sollten, um die Resilienzfähigkeit des Unternehmens zu erhöhen. Die Digitalisierung kann hier als Wegbereiter für die Schaffung resilienter Wertschöpfungssysteme durch die digitale Vernetzung (z.B. verbesserte Reaktions- und Anpassungsfähigkeit von Produktionssystemen durch dezentrale Organisationsstrukturen), digitale Plattformen (z.B. skalierbare Wirtschaftsgüter, Daten und Services auf Basis standardisierter Technologiebausteine) und auch Datensouveränität und -sicherheit betrachtet werden (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 8, 11). Unternehmen stehen dabei vor der Herausforderung, den stetig wachsenden Anforderungen durch digitale Lösungen gerecht zu werden, um sowohl robust als auch flexibel am Markt agieren zu können.

In diesem Zusammenhang wird auch die Motivation gefasst, sich mit den Einsatzmöglichkeiten von generativer Künstlicher Intelligenz (KI) im Resilienzmanagement auseinanderzusetzen. Die generative KI-Technologie bietet den Vorteil der Zugänglichkeit für eine breite Masse, die auch unmittelbar als Produktivitätsbooster genutzt werden kann (vgl. Zukunftsrat 2024, S. 29). Unternehmen müssen sich nicht darauf konzentrieren, eigene KI-Systeme zu entwickeln, sondern können auf vortrainierte Modelle zurückgreifen, die gezielt für spezielle Anwendungen wie das Resilienzmanagement angepasst werden können. Damit fungieren diese Systeme als persönliche Assistenten, die zugeschnittene Unterstützung bieten und Analyse-, Bewertungs- und Planungsprozesse erleichtern. Ein limitierender Faktor bleibt jedoch die physische Implementierung und Integration dieser KI-Modelle in bestehende Unternehmensstrukturen (vgl. Ruess et al., 2024, S. 489). In der vorliegenden Arbeit wird daher auch die Problemstellung untersucht, wie generative KI als Werkzeug zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz eingesetzt werden kann, welche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung geschaffen werden müssen und wie der Übergang von einem vortrainierten Modell zu einer praktischen Unterstützung im Unternehmen gelingt.

1.2 Zielstellung und Abgrenzung des Untersuchungsbereiches

Die aus der Problemstellung und Motivation abgeleitete Zielstellung der Arbeit besteht darin, eine Vorgehensweise zur Auslegung resilienter Wertschöpfungssysteme zu entwickeln, um interne und externe Einflussfaktoren, die auf ein betriebswirtschaftliches System einwirken, ganzheitlich zu untersuchen und dabei eine unternehmerische Entscheidung im Hinblick auf strategisch-taktische Handlungsoptionen zu unterstützen. Der Fokus dieser Arbeit wird auf Gestaltungsoptionen zur Steigerung der Resilienz durch neue Technologie- und

datengetriebene Lösungen, insbesondere generative KI, gelegt, da hier ein ermittelter Forschungsbedarf bei der Betrachtung von betriebswirtschaftlichen Systemen besteht (vgl. Kap. 2.2.4).

Im Betrachtungsbereich der organisationalen und technisch geprägten Resilienzforschung sind die bisherigen Forschungsarbeiten und produktisierten Modelle stärker auf analytische Modelle zur Positionsbestimmung ausgerichtet (vgl. Kap. 2.2.3). Bewertungsmodelle auf volkswirtschaftlicher Ebene stehen nicht im Fokus (z.B. FM Global, 2023) der Arbeit. Organisationale Resilienz ist dabei nicht als alleinstehende Managementdisziplin zu verstehen, sondern entsteht aus der Integration verschiedener etablierter Disziplinen (vgl. Kap. 2.1.2). Hier ist eine Zusammenarbeit und Koordination der verschiedenen Unternehmensbereiche wichtig, um sich beim Eintritt disruptiver oder beeinträchtigender Events leichter anpassen zu können (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 8). Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, ein *Integrationsmodell* zu entwickeln, welches durch eine strukturierte Vorgehensweise mit Methodenlösungen sowie ein softwaretechnisch umgesetztes und durch generative KI unterstütztes Werkzeug heterogene Entwicklungsszenarien zur Beeinflussung von Wertschöpfungssystemen abbilden kann. Das Integrationsmodell definiert sich als Rahmenwerk, welches verschiedene Methoden in einem ganzheitlichen Ansatz zur Förderung der Resilienz in Unternehmen zusammenführt. Durch die Zusammenführung technischer, organisatorischer und analytischer Elemente unterstützt es Unternehmen, sowohl vorhersehbare als auch unvorhersehbare Herausforderungen systematisch mit der Verknüpfung von adaptiven Strategien (im Schwerpunkt dieser Arbeit: Technologiestrategien) anzugehen. In der Perspektive ist unter dem Integrationsmodell ebenfalls der Aspekt zu verstehen, dass das Modell in die Systemarchitektur des Unternehmens integriert, z.B. durch die Zusammenführung von unternehmenssensiblen Daten, und als eigene Softwarelösung innerhalb der unternehmenseigenen Infrastruktur implementiert und betrieben wird.

Neben der klassischen Vorsorge und Reaktion sollen weiterhin stärker vorbeugende, schützende und wiederherstellende Gestaltungsfähigkeiten in Erweiterung eines proaktiven Risikomanagements adressiert werden, um gestärkt aus Krisen und disruptiven Trends hervorzugehen. Das Resilienzmanagement und das proaktive Risikomanagement weisen sehr ähnliche Ziele auf, allerdings erweitert das Resilienzmanagement den Prozessfokus um die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität eines Systems oder Unternehmens als auch den Umfang und die Anwendung durch die Entwicklung von adaptiven und präventiven (Technologie-) Strategien sowohl auf bekannte als auch unvorhersehbare Risiken (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 7). In der Betrachtung werden auch im Kerngedanken des Integrationsmodells sowohl die Management- (strategieorientiert) als auch die Prozessebene (kennzahlengetrieben) miteinander verknüpft.

Der Untersuchungsbereich wird im Hinblick auf die Strategieentwicklung auf die Integration von Technologielösungen hin zu digital erweiterten Geschäftsmodellen fokussiert, da dies über das klassische Resilienzmanagement hinausgeht und eine wertvolle Ergänzung der Handlungsfelder zur Förderung von organisationaler Resilienz darstellt (vgl. Ferdinand & Prem,

2020, S. 5, vgl. Tabelle 2). Hier existiert eine Lücke, die durch Technologiestrategien geschlossen werden kann, um Unternehmen nicht nur widerstandsfähig zu machen, sondern auch die Anpassungs- und Lernfähigkeit in zunehmend digitalen und dynamischen Märkten zu stärken. An der Schnittstelle zu resilienzfördernden Maßnahmen werden auch Nachhaltigkeitsthemen adressiert, die oftmals in enger Komplementarität umgesetzt werden können (vgl. Kap. 2.1.3). Ausgenommen sind an dieser Stelle resilienzfördernde Maßnahmen im Kontext der Personalentwicklung (vgl. Georgescu et al., 2024; Scheuffele, 2022, S. 88ff.) oder der kulturellen Organisationsgestaltung (vgl. Flüter-Hoffmann et al., 2018). Diese Festlegung wird als notwendig angesehen, um einen thematisch abgegrenzten Untersuchungsbereich zu erzeugen und dadurch die Komplexität der Problemstellung in der Resilienzforschung sinnvoll zu reduzieren. Hier ergibt sich der Vorteil, dass das zu entwickelnde Integrationsmodell anhand von Anwendungsfällen validiert und in der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Verwertung auf ähnliche Problemstellungen übertragen werden kann.

Tabelle 1: Abgrenzung des Untersuchungsbereichs (i.A.a. Kohl 2021, S. 14)

Ausprägungsform der Resilienz	Individuell	Organisational	Psychologisch	Sozial	Technisch	...
Wissenschaftliche Disziplin	Betriebswirtschaftlich			Volkswirtschaftlich		
Branchenfokus	Baugewerbe	Dienstleistung & Handel	Energiewirtschaft	Produzierendes Gewerbe	...	
Interventionsebene	Markt & Wettbewerb	Mitarbeitende & Kultur	Produkte & Dienstleistung	Ressourcen & Infrastruktur	Wertschöpfung & Prozesse	Kollaboration & Partner
Analyse- und Planungshorizont	operativ		taktisch		strategisch	
Lösungsbausteine	Prinzipien	Methoden	Strategien	Technologien	Werkzeuge	

Der Fokus liegt auf dem produzierenden Gewerbe mit der primären Zielgruppe der Entscheidungsträger in den Unternehmen. Maßgabe ist, keine zusätzliche Organisationseinheit zu schaffen, sondern die Funktion und Handlungsweisen in bestehende Strukturen und Geschäftsbereiche zu integrieren, sodass unmittelbar Handlungsunterstützung für strategische Aufgabenfelder geleistet werden kann. In Großunternehmen sind dies vor allem Akteure in leitenden Positionen oder funktionsübergreifenden Geschäftsbereichen. Auf Ebene von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) können dies vor allem technische Direktoren mit Verantwortung für die technische Entwicklung und Forschung („CTO“) oder auch direkt die geschäftsführende Instanz („CEO“) sein. Vor allem in KMU beschäftigen sich Unternehmer mit Resilienz primär auf operativer Ebene, gleichzeitig steht eher die Resilienz Betrachtung im Hinblick auf die Aufrechterhaltung der Arbeits- und Handlungsfähigkeit der Mitarbeitenden im Fokus (vgl. Niessen, 2021). Oftmals ist weder ein professionalisiertes Resilienzmanagement vorhanden, noch ausreichend Budgets (vgl. Anhang B – Ergebnisanalyse zur Unternehmensbefragung), sodass die thematische Auseinandersetzung als Aufgabe der Geschäftsleitung zur Entscheidungsfindung unterstützt werden kann. In Großunternehmen und je nach Organisationsstruktur kann diese Rolle auch durch Qualitätsmanagement-Beauftragte und Risikomanager eingenommen werden.

Im Kontext der Integration generativer KI in das Resilienzmanagement von Unternehmen ist die Zielsetzung, auf vortrainierte Modelle zurückzugreifen, die gezielt für die spezifischen Anforderungen des Unternehmens angepasst werden. Der Einsatz vortrainierter generativer KI-Modelle ermöglicht es Unternehmen, die bestehende Technologie effizient zu nutzen, anstatt Zeit und Ressourcen in die Entwicklung neuer Modelle zu investieren. Vortrainierte Modelle sind bereits auf große Datenmengen und verschiedene Szenarien abgestimmt, was eine schnelle Implementierung und Anpassung an unternehmensspezifische Anforderungen ermöglicht (vgl. Zukunftsrat, 2024, S. 11f.). Dies bedeutet, dass Unternehmen nicht die komplexen und ressourcenintensiven Prozesse der KI-Entwicklung durchlaufen müssen, sondern direkt von bestehenden, funktionalen Technologien, die derzeit auch rasante Entwicklungssprünge verzeichnen (vgl. z.B. OpenGPT-X-Initiative, 2024), profitieren können. Die Aufgabe besteht vielmehr darin, diese vortrainierten Modelle für die eigenen Nutzungszwecke weiterzuentwickeln, sodass diese als individuelle Assistenten in spezifischen Geschäftsszenarien, dem Zusammenbringen von Digitalisierung und Resilienz, fungieren. Der Zukunftsrat (2024, S. 29ff.) prognostiziert durch den Einsatz generativer KI sofortige Wirkungen als Produktivitätsbooster, die im Kontext dieser Arbeit als „Resilienzsteigerer“ ausgebaut werden soll.

1.3 Forschungsdesign und zentrale Forschungsfragen

Angesichts der zunehmenden Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität (VUCA) in globalen Märkten und Gesellschaften erweist sich die Fähigkeit von Unternehmen und Organisationen, resilient zu sein, als wesentlich für den langfristigen Erfolg und das Bestehen im Wettbewerb (vgl. Patzwald et al., 2021, S. 5; Mack & Khare, 2016). Im Kontext dieser Arbeit werden zur Verifizierung von Forschungsbedarfen und Erarbeitung von neuen Forschungserkenntnissen Forschungsfragen aufgestellt, die im nachfolgenden Aufbau und Forschungsdesign der Arbeit sukzessive beantwortet werden.

Als Einstieg in das Forschungsthema wird grundsätzlich die Notwendigkeit untersucht, warum Unternehmen ihre Prozesse resilient auslegen sollten. Diese Fragestellung wird als einleitende Motivation adressiert und zielt darauf ab, Gründe und den Nutzen resilienter Geschäftsprozesse zu untersuchen. Dabei werden u.a. interne und externe Einflussfaktoren untersucht, um eine Grundlage für die Anpassungsfähigkeit von Geschäftsmodellen zu schaffen. Eine zentrale Forschungsfrage im Rahmen der Arbeit ist:

1. *Wie beeinflussen sich die Zieldimensionen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz im Unternehmenskontext untereinander?*

Aufgrund der nach wie vor bestehenden Bestrebung zur Maximierung der Effizienz sowie der angestrebten Integration von Nachhaltigkeitszielen als ganzheitlicher Ansatz in Unternehmen (vgl. Plattform I4.0, 2024, S. 8) werden die Wechselwirkungen und Zusammenhänge zwischen diesen drei Zieldimensionen untersucht. Die Fragestellung zielt darauf ab, zu verstehen, wie Maßnahmen zur Verbesserung einer Zieldimension eine andere beeinflussen können. Ein Verständnis der Zusammenhänge, Einflüsse und Auswirkungen ist notwendig, um Strategien zu

entwickeln, die eine Balance zwischen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz fördern und dabei mögliche Zielkonflikte, Synergien und Operationalisierungsgrößen identifizieren.

Digitale Transformationsprozesse und damit auch die Transformation von Geschäftsmodellen kommen in der Wirtschaft in den vergangenen Jahren einer immer steigenden Bedeutung zu (vgl. Tokarski et al., 2022, S. 3). Dazu kommt, dass Themen der Digitalisierung in der Regel interdisziplinär ausgerichtet sind, sodass sich eine weitere Forschungsfrage aus der Schnittmenge zwischen Digitalisierung und Resilienz ableitet:

II. Welche Gestaltungsoptionen zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz ergeben sich durch neue generative KI- und datengetriebene Lösungen?

Im Fokus steht hier die Untersuchung wie insbesondere generative KI-Modelle und datengetriebene Ansätze moderner Technologien zur Verbesserung der Resilienzfähigkeit und -eigenschaft in produzierenden Unternehmen beitragen können. Dazu zählt auch die Auseinandersetzung mit der Schaffung von Voraussetzungen, um Resilienz durch datengetriebene Lösungen auf allen Ebenen der Unternehmensprozesse (im Gedankenspiel zur Automatisierungspyramide, vgl. Meudt, 2017, S. 6) zu schaffen. Die Forschungsfrage zielt darauf ab, die Potentiale und spezifischen Anwendungen von Sprachmodellen zu identifizieren, die Unternehmen dabei unterstützen, sich besser auf Veränderungen und Störungen einzustellen. Die Auseinandersetzung mit dieser Fragestellung ist ebenfalls wesentlich, um ein strukturiertes Vorgehen inkl. Umsetzungstechniken und Maßnahmen zur Reduzierung von Datenverzerrungen vorzuschlagen, welches die Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit von Geschäftsmodellen und -prozessen stärkt. In unmittelbarem Zusammenhang steht damit auch die Forschungsfrage:

III. Welche resilienzbeeinflussenden Interdependenzen existieren zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmensprozesse, insbesondere im Geschäftsmodell?

Diese Ausrichtung erforscht die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Ebenen eines wertschöpfenden Unternehmens (Prozessebene, Steuerungsebene, Geschäftsmodellebene). Die Fragestellung untersucht, welche Abhängigkeiten zwischen Kernprozessen und der Geschäftstätigkeit im Kontext der resilienten Ausrichtung von Unternehmen existieren und welche Modelle und Implementierungsansätze bereits genutzt werden. Diese Fragestellung ist wichtig, um ein tiefes Verständnis für die strukturellen und funktionalen resilienzfördernden Beziehungen in Unternehmen zu entwickeln und um Potentiale für die dauerhafte Verbesserung der Resilienzintegration zu identifizieren.

Als Kernergebnis der Arbeit wird abschließend folgende Forschungsfrage abgeleitet:

IV. Wie gestaltet sich eine geeignete, integrative Methodik, um die unternehmerische Resilienz auf allen Ebenen der Geschäftsprozesse durch (digitale) Technologielösungen zu stärken?

Dazu erfolgt eine strukturierte Literaturanalyse, um den Stand zur Entwicklung, Anwendung und Implementierung umfassender Methoden im Resilienzmanagement zusammenzufassen.

In diesem Rahmen werden beste Praktiken und Erfolgsfaktoren ermittelt, die Unternehmen dabei unterstützen, mit einer integrativen Betrachtungsweise in einem zunehmend komplexeren und unsicheren Marktumfeld methodisch zu agieren. Dabei gilt es auch, Strategien und Technologien zu identifizieren, die einen möglichst hohen Beitrag zur Auslegung resilienter Produktions- und Logistiksysteme haben.

Unter Beantwortung und Zusammenführung dieser definierten Forschungsfragen wird sich ein Erkenntnisgewinn ableiten, der die Entwicklung eines konzeptionellen Bezugsrahmens für das Integrationsmodell ermöglicht. Weiter gefasst sollen in Form von Reifegraden organisationale, technische und personelle Voraussetzungen sowie Erfolgsfaktoren beschrieben werden, um Unternehmen im dynamischen Umfeld bei dem Auf- und Ausbau eines *aktiven Resilienzmanagements* zu unterstützen (Einflussfaktoren). Unter der Berücksichtigung technologiebasierter Konzepte sollen unterschiedliche Gestaltungsoptionen zur Absicherung der Handlungsfähigkeit vor, während und nach einer Krisensituation aufgezeigt werden, sodass Resilienzfaktoren in die unternehmerischen Zielsysteme integriert werden können (Operationalisierung). Kombiniert mit einem Set aus Maßnahmen und Methoden soll ein Integrationsmodell entstehen, welches für alle Phasen der Resilienz (Vorbereiten, Vorsorgen, Schützen, Reagieren, Wiederherstellen (vgl. Kohl et al., 2021, S. 5)) Handlungsempfehlungen definiert (Strategien). Flankierend zur Arbeit werden sowohl zu Beginn im Rahmen einer Anforderungsanalyse als auch zur Anwendung und Erprobung des Integrationsmodells Unternehmen als Befragungs- und Interviewpartner einbezogen (Unternehmensbefragung, Praxisstudien).

1.4 Aufbau der Arbeit

Abbildung 1 beschreibt die Struktur sowie den Aufbau und Ablauf der Arbeit inkl. der Ergebnisse der Einzelkapitel. Die Arbeit gliedert sich in fünf Hauptkapitel, wobei das Kapitel 1 als thematische Einleitung die Problem- und Zielstellung inkl. Forschungsfragen beschreibt und die Abgrenzung des Untersuchungsbereichs vornimmt.

In Kapitel 2, dem Theorieteil der Arbeit, werden Begriffsdefinitionen vorgenommen und wissenschaftstheoretische Grundlagen erarbeitet, die für das Verständnis der Arbeit essentiell sind. Es erfolgt eine Identifizierung der bestehenden Forschungslücken, die die einleitend aufgestellten Forschungsfragen verifizieren und die Grundlage für die Entwicklung eines neuen Integrationsmodells für das Resilienzmanagement bilden. Es wird ein tiefgreifendes Verständnis der Resilienz in Zusammenhang mit unterschiedlichen Zieldimensionen (insbesondere Effizienz und Nachhaltigkeit) und dessen Operationalisierung, auf unterschiedlichen Handlungsebenen und im Kontext unterschiedlicher Einflussfaktoren geschaffen. Zudem wird der Einfluss der digitalen Transformation auf Geschäftsmodelle sowie die Rolle generativer KI und deren potentielle Datenverzerrungen (Bias) thematisiert. Im Ergebnis steht das theoretische und methodische Fundament der vorliegenden Arbeit.

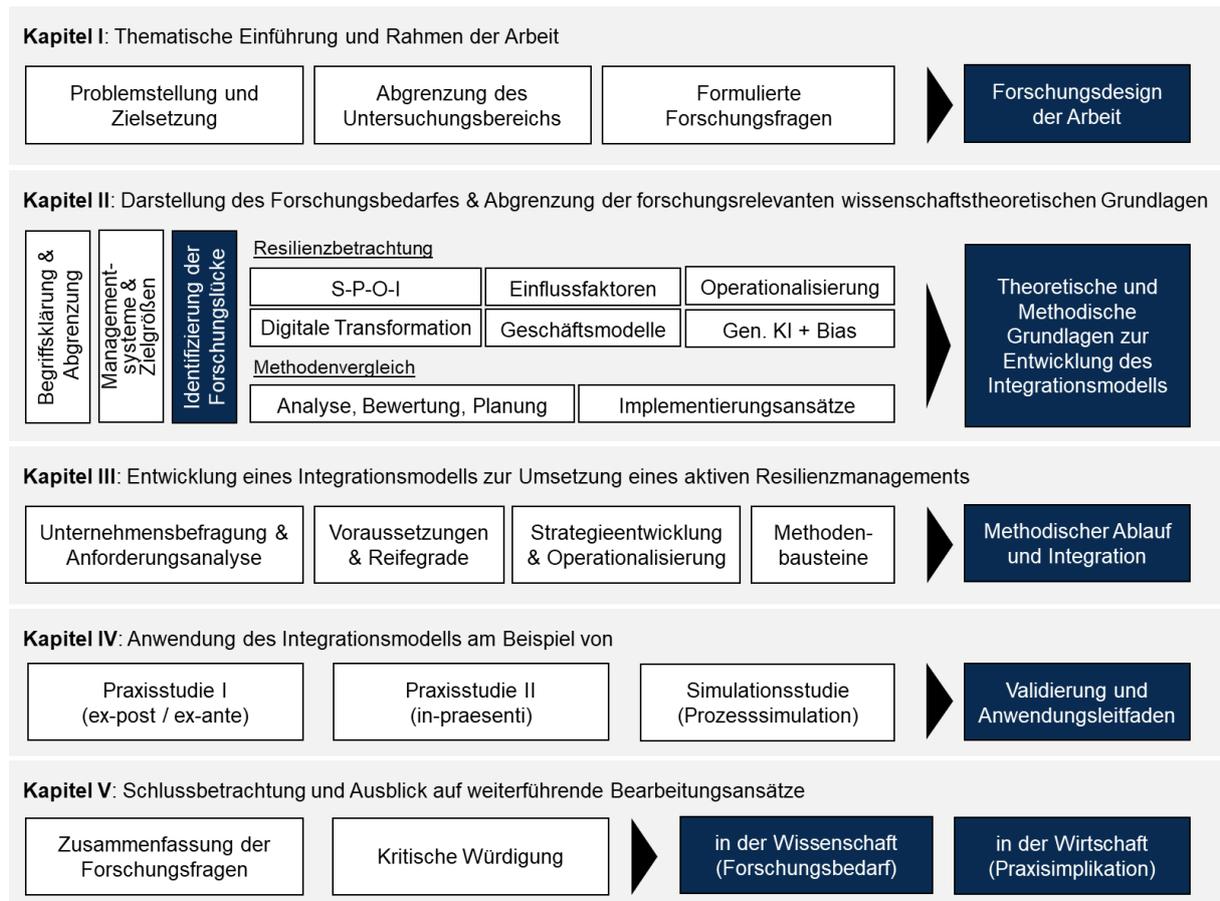


Abbildung 1: Aufbau und Vorgehensweise der Arbeit

Kapitel 3 ist der Methodenteil dieser Arbeit und beschreibt die notwendigen methodischen Schritte und Adaptionen zur Entwicklung des Integrationsmodells. Dies umfasst eine flankierende Unternehmensbefragung sowie eine detaillierte Anforderungsanalyse, um die Voraussetzungen und Reifegrade für ein aktives Resilienzmanagement zu bestimmen. Es werden Methodenbausteine zur Analyse der Unternehmens- und Umfeldsituation als auch zur resilienzorientierten Bewertung und Operationalisierung sowie Planung und Strategieentwicklung entwickelt. Das Kapitel schließt mit der Zusammenführung der Erkenntnisse in Form eines Integrationsmodells mit konkreten Handlungsempfehlungen, Templates und erwarteten Ergebnissen für den Anwender ab.

In Kapitel 4, dem Anwendungsteil der Arbeit, wird das entwickelte Integrationsmodell exemplarisch anhand verschiedener Anwendungsfälle erprobt. Dabei werden die wissenschaftlichen Erkenntnisse mit den praktischen Aspekten zusammengebracht. Die Anwendungsfälle dienen dazu, die theoretischen Annahmen in der Praxis zu überprüfen, zu validieren und Anpassungen vorzunehmen, um die praktische Anwendbarkeit des Modells zu verbessern. Die Anwendungsfälle werden zudem so ausgewählt, dass diese entlang der Resilienzphasen sowohl prospektive als auch retrospektive Aspekte enthalten. Die Praxisstudien bieten weiterhin Einblicke in die Umsetzung und die Auswirkungen des Resilienzmanagements in realen

Unternehmenskontexten. An dieser Stelle erfolgt die konkrete Darstellung eines Handlungsleitfadens zum Aufbau einer generativen KI, welche das aktive Resilienzmanagement unterstützt.

Das abschließende Kapitel 5 würdigt die Ergebnisse dieser Arbeit kritisch und fasst die Forschungsfragen zusammen. Im Ausblick wird eine Empfehlung für zukünftige Forschungs- und Bearbeitungsansätze in Wissenschaft und Wirtschaft gegeben. Zum einen werden wissenschaftliche Untersuchungen sowie weitere Forschungsbedarfe diskutiert, zum anderen werden praktische Implikationen in Unternehmen und für die Wirtschaft adressiert, um das zugrundeliegende Verständnis des Resilienzmanagements im Kontext der digitalen Transformation kontinuierlich zu verbessern und an neue Herausforderungen operativ anzupassen.

In Abbildung 2 wird in Ergänzung zur Abgrenzung des Untersuchungsbereichs in Tabelle 1 eine Verortung des Betrachtungsschwerpunkts als auch der Anwendungsfälle vorgenommen. Nach den Grundsätzen und Handlungsfeldern zur Förderung von organisationaler Resilienz (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 5) (vgl. Kap. 2.1.1; 2.3) ist es im Resilienzmanagement entscheidend, die Gesamtheit der internen und externen Einflussfaktoren zu verstehen, sodass proaktiv Maßnahmen getroffen werden können. Aus Unternehmenssicht wird sich darum bemüht, die Position und Beziehungen im Markt aktiv zu beeinflussen und zu stärken. Im Vorgriff auf das zu entwickelnde Integrationsmodell liegt der Fokus auf der Verbindung verschiedener methodischer Ansätze, wie der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse, in einem ganzheitlichen Untersuchungsansatz, um interne und externe Einflussfaktoren, die auf ein betriebswirtschaftliches System einwirken, zu bewerten. Im Kontext der Strategieentwicklung und Integration werden entsprechend der verifizierten Forschungslücke (vgl. Kap. 2.2.4) Digitalisierungsthemen fokussiert und gemeinsam mit Anwendungspartnern diskutiert und konzipiert (vgl. Kap. 4.1.1; 4.1.2; 4.1.3). Im Zentrum steht hier die Förderung der unternehmerischen Resilienz durch eine technologiebasierte Strategieentwicklung, d.h. Transformationsprozesse hin zu modularisierten Produktionssystemen, digitalisierten Prozessabläufen und Interaktionsplattformen mit Kunden oder Lieferanten. Anwendungsfälle im Kontext von Personal, Führung und Unternehmenskultur sowie Energie- und Katastrophenmanagement, welche auch als zu priorisierende Handlungsfelder aus der vorgeschalteten Analyse hervorgehen können, sind kein tiefergehender Aspekt dieser Arbeit. An dieser Stelle werden im Sinne des Integrationsgedankens des Modells Good-Practice-Beispiele und Implementierungsansätze mit entsprechendem Fokus referenziert.

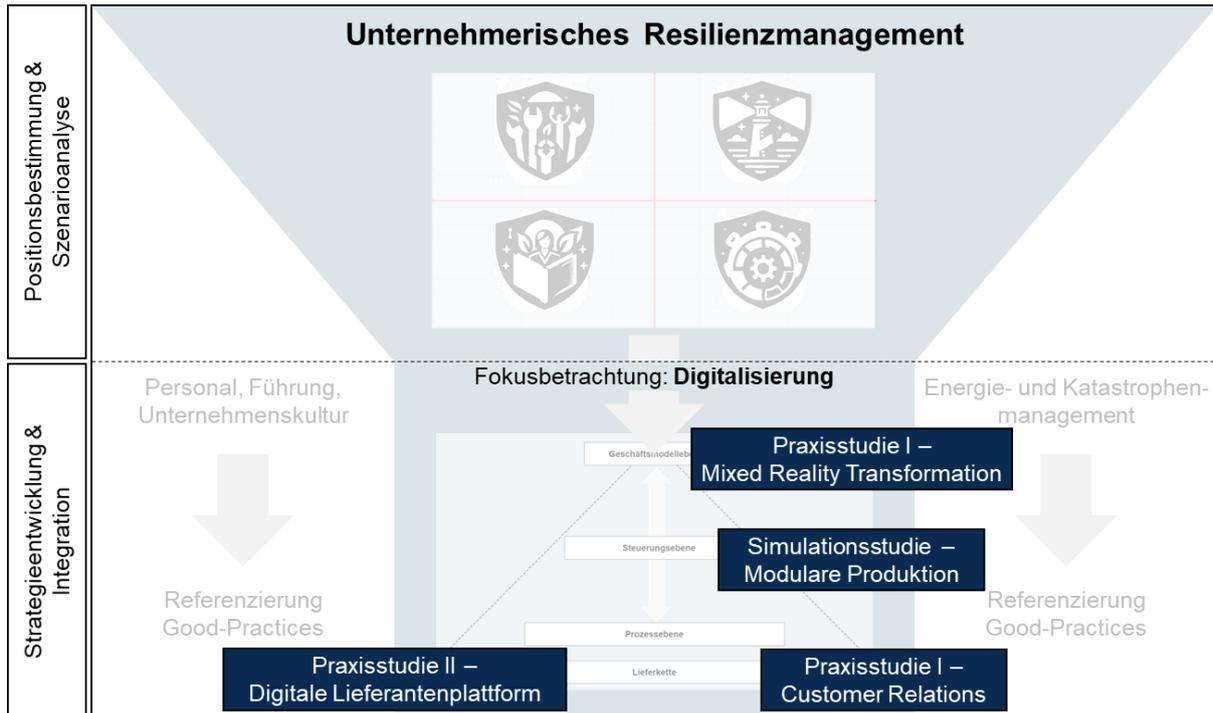


Abbildung 2: Verortung des Betrachtungsschwerpunktes und Anwendungsfälle

2 Wissenschaftstheoretische Grundlagen

2.1 Einführung in das Resilienzmanagement

2.1.1 Begriffsdefinition und -verständnis

Im Resilienzmanagement werden alle Aufgaben umfasst, die zur Steuerung der erforderlichen Anpassungen im Unternehmen oder der Wertschöpfungsnetze notwendig sind. Dies beinhaltet sowohl die Früherkennung, Planung, Umsetzung und Kontrolle entsprechender Maßnahmen als auch die Zeit zur Erholung nach internen und externen Störfällen (vgl. Endres et al., 2015, S. 30). Ökonomische und ökologische Zielstellungen gilt es dabei im Auge zu behalten. Entscheidend im Kontext der Resilienz ist die Fähigkeit zur Antizipation, der Abweichungs- und Fehlererkennung sowie das Lernen aus Fehlern, um potentielle Störgrößen und deren Auswirkungen frühzeitig zu erkennen und entgegenzuwirken. Die Erfahrungen und das Wissen, welches eine Organisation durch die Bewältigung vergangener Ereignisse gewonnen hat, werden auf den Umgang mit zukünftigen Trends oder Bedrohungen appliziert. Unternehmen befinden sich dabei in einem kontinuierlichen Lernprozess, der im Ernstfall die Eigenschaft hervorbringt, agil und schnell abrufbare Ressourcen zu bilden und geforderte Kompetenzen im Umgang mit der neuen Herausforderung zusammenzubringen (vgl. Endres et al., 2015, S. 30). Eine Agilität bzw. Adaptivität braucht es, um Unternehmen in die Lage zu versetzen, flexibel auf unvorhergesehene Ereignisse und neue Anforderungen zu reagieren. Flexibilität stellt aufgrund des proaktiven Charakters einen wesentlichen Bestandteil von Adaptivität dar, der sowohl auf prozessualer als auch strategische Ebene verankert ist (vgl. Tang & Tomlin, 2008, S. 17). Flexibilität bezieht sich dabei auf die Fähigkeit, bestehende Ressourcen und Prozesse kurzfristig anzupassen, wohingegen Adaptivität als Eigenschaft verstanden wird, sich aktiv und langfristig an veränderte Bedingungen anzupassen. Dazu gehören höhere Dynamiken bei der Entwicklung (digital erweiterter) Geschäftsmodelle, verkürzte Reaktionszeiten auf Marktdynamiken oder auch der Übergang von strikten Hierarchien zu einer flacheren Organisationsstruktur mit Entscheidungsbefugnissen und neuen Möglichkeiten der Zusammenarbeit (vgl. Röhe, 2022, S. 61-62). Abbildung 3 führt die Fähigkeiten und Eigenschaften von Resilienz im unternehmerischen Kontext demnach als Kombination aus Antizipation, Flexibilität, Adaptivität, Robustheit sowie Regenerations- und Lernfähigkeit (vgl. Kohl et al., 2021, S. 15) zusammen. Diese Attribute der unternehmerischen Resilienz können jeweils einzeln oder kumulativ vorliegen. Wichtig ist, stets eine wertende Analyse durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Merkmale im Kontext einer unternehmerischen Tätigkeit bejaht werden können (vgl. Röhe, 2022, S. 53).

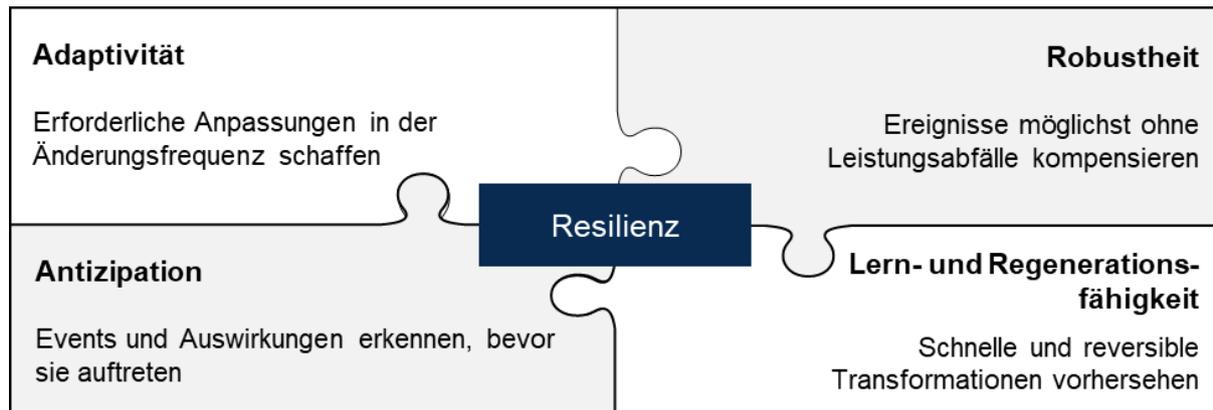


Abbildung 3: Fähigkeiten und Eigenschaften zur Gestaltung resilienter Wertschöpfungssysteme (i.A.a. Di Bella, 2014, S. 132f.; Kohl et al. 2021, S. 15)

Röhe (2022, S. 54f.) gibt in Teilen ein differenziertes aber in Summe überlappendes Bild zum Verständnis einer Resilienzfähigkeit von Unternehmen an. Neben der Robustheit als Unempfindlichkeit gegenüber externen Einflüssen bzw. Stabilität gegenüber internen Störungen (vgl. Moosbach, 2024) wird ebenso die Lernfähigkeit im Sinne einer Fehlerfreundlichkeit als [...] *Resilienzklassiker* bezeichnet (vgl. Röhe, 2022, S. 57). Robustheit kann im Unternehmenskontext als Fähigkeit beschrieben werden, sich gegen Widerstände zu behaupten, was vorwiegend durch die Diversifikation des Leistungsangebots erreicht wird. Das Gegenteil, die Fokussierung bzw. Spezialisierung hat zwar den Vorteil, Kosten minimieren zu können, allerdings den großen Nachteil starke Abhängigkeiten aufzubauen (vgl. Busch-Heizmann et al., 2023, S. 107f.). Weiterhin spielt Redundanz (als Absicherung durch mehrere Ressourcen, Komponenten, System mit derselben Funktion) bzw. auch Multioptionalität (das Vorhandensein unterschiedlicher Möglichkeiten zur Rekombination von Ressourcen und Steuerung von Systemen) (vgl. Di Bella, 2014, S. 141) eine wesentliche Rolle. Dazu kommen die genannte Diversifikation (als Ausweitung des Leistungsumfangs auf neue Partnerschaften, Produkte, Märkte u.Ä. bzw. auch die Heterogenität der Komponenten eines Systems) (vgl. Markgraf, 2024; Di Bella, 2014, S. 141) sowie die Dezentralisierung (als die Übertragung gleichartiger Aufgaben auf mehrere Stellen), die als protektive Faktoren im Kontext von organisationalen Resilienzeigenschaften berücksichtigt werden sollten. Die Dezentralisierung im Kontext technischer Systeme (z.B. verteilte informationstechnische Systeme (IT)) steht hier in unmittelbarem Zusammenhang mit der Eigenschaft Redundanz. Der Einsatz von leistungsfähigen und intuitiven IT-Systemen, welche nicht nur Daten erfassen, sondern auch effizienz und in Echtzeit analysieren können, gewinnen im Kontext von Transparenz stetig an Bedeutung (vgl. Biedermann, 2018, S. 140). Eine durchgehende Resilienzfähigkeit kann nur bewerkstelligt werden, wenn die Prozesse in der Wertschöpfungskette transparent sind. Informationstransparenz stellt daher eine weitere Kerneigenschaft zur Auslegung resilienter Wertschöpfungssysteme dar. Im folgenden Abschnitt wird in Zusammenhang mit Abbildung 4 eine inhaltliche Differenzierung der Begrifflichkeiten Resilienzeigenschaften und Resilienzfähigkeiten vorgenommen.

Zur Steigerung der Resilienz von Unternehmen bedarf es fortlaufender Verbesserungen in verschiedenen Bereichen, die vom strategischen Management über die Corporate

Governance bis zur Unternehmenskultur reichen (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 5). Die DIN ISO 22316 mit dem Namen „Sicherheit und Resilienz - Resilienz von Organisationen - Grundsätze und Attribute“ definiert Handlungsfelder zur Förderung der organisationalen Resilienz. *Organisationale Resilienz* wird allgemein als die Fähigkeit verstanden, disruptive Veränderungen und Herausforderungen produktiv durch strukturelle Anpassungen in neue Chancen für ein Unternehmen zu übertragen. Der Fokus liegt hier vor allem bei organisatorischen Voraussetzungen, die geschaffen werden müssen, um die Resilienz einer Organisation oder eines Unternehmens zu steigern (vgl. GRIESE et al., 2018, S. 349). Die Handlungsfelder der organisationalen Resilienz sind in Tabelle 2 gelistet und bieten im weiteren Arbeitsverlauf eine wertvolle Orientierung zur Herleitung von Resilienzfaktoren und entsprechender Ausprägungsformen im Kontext der Methodenentwicklung (vgl. Kapitel 3). Ein Brückenschlag zur *unternehmerischen Resilienz* erfolgt in Kapitel 2.3.

Tabelle 2: Grundsätze und Handlungsfelder zur Förderung von organisationaler Resilienz (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 5)

<i>Handlungsfeld</i>	<i>Beschreibung</i>
Geteilte Vision und klares Zielbild	Alle Hierarchieebenen besitzen eine gemeinsame Vision, gemeinsame Ziele und Werte. Nützlich ist hier der <i>Golden Circle</i> sein, der das WHY (Sinn), HOW (Strategie) und WHAT (konkrete Prozesse und Produkte) eines Unternehmens beschreibt (vgl. Sinek, 2023). Dabei sind eine klare Kommunikation und regelmäßige Reflektion unabdingbar.
Verständnis und Beeinflussung des Umfelds	Es wird die Gesamtheit der internen und externen Systeme verstanden, sodass der Einfluss auf diese möglich ist. Es wird sich darum bemüht, die Position und Beziehungen im Markt aktiv zu beeinflussen und zu stärken.
Befähigende und ermutigende Führung	Es besteht eine Führungskultur, die auch in Zeiten der Unsicherheit und der Veränderung effizient wirksam ist. Es soll aus Fehlern gelernt werden, Erfahrungen geteilt und Vertrauen zu Führungskräften aufgebaut werden. Mitarbeitende werden befähigt, können aktiv werden und Verantwortung übernehmen.
Resilienzfördernde Kultur	Es sind gemeinsame Überzeugungen und Werte, positive Einstellungen und Verhaltensweisen in der Organisation verankert. Das bedeutet u.a. offene Kommunikation, Gefahren antizipieren, innovative Lösungen ausprobieren und Chancen ergreifen.
Teilen von Information und Wissen	Eine resiliente Organisation ist eine lernende Organisation. Es besteht ein Informations- und Wissensaustausch über Fähigkeiten, Kenntnisse und Erfahrungen zwischen Mitgliedern der Organisation. Das Lernen aus Erfahrung und aus Fehlern wird unterstützt.
Sicherstellung von Ressourcen	Es stehen Ressourcen (z.B. Informationen, Anlagen, Technologien, finanzielle Mittel) zur Verfügung, um Prozessabläufe bei sich wechselnden Umständen zu verbessern, innovative Lösungen zu ermöglichen, Schwachstellen zu beheben und bei Störungen handlungsfähig zu bleiben
Koordinierung der Unternehmensbereiche und interdisziplinäre Kooperation	Es kooperieren verschiedene Bereiche und Managementdisziplinen miteinander. Es werden Unternehmensbereiche identifiziert, entwickelt und koordiniert. Eine Zusammenarbeit findet netzwerkend und organisationsübergreifend statt, sodass gemeinsame strategische Ziele verfolgt werden.

Förderung der kontinuierliche Verbesserung (KVP)	Maßnahmen, Ergebnisse und Erkenntnisse werden regelmäßig evaluiert, um aus den bisherigen Erfahrungen zu lernen und Chancen zu erkennen. Das Unternehmen reflektiert, analysiert und optimiert systematisch Prozesse, Strategien und Ziele.
Proaktives Handeln und Antizipation von Veränderungen	Kritische Ereignisse und disruptive Trends und Entwicklungen müssen rechtzeitig antizipiert werden, um schneller zu reagieren bzw. auch Zeit zum Agieren, z.B. für innovative Lösungswege, zu haben. Zukünftige Veränderungen werden frühzeitig erkannt und gemanagt.

Ferdinand & Prem (2020, S. 5f.) beschreiben in diesem Zusammenhang den Nutzen von Normen, die die Einführung eines systematischen Innovationsprozesses in Unternehmen unterstützen. Dabei werden grundlegende Kriterien und eine vereinbarte Terminologie für neue Dienstleistungen und Produkte definiert.

Organisationale Resilienz wird als die Fähigkeit einer Organisation beschrieben, [...] *zu antizipieren, vorzubereiten, zu reagieren und sich an schrittweise Veränderungen und plötzliche Störungen anzupassen, um zu überleben und zu gedeihen* (BS 65000 Organizational Resilience). In Gegenüberstellung zur DIN ISO 22316 ist die BS 65000 vom British Standards Institution (vgl. BSI, 2021) entwickelt worden, welcher international Beachtung gefunden hat, und als branchenübergreifender Leitfaden genutzt wird, um Resilienz als Teil der Unternehmenskultur in Organisationen durch ein effektives Management von Risiken, Chancen und Unsicherheiten verbessern zu können. Beide Normen beinhalten Leitfäden zur Steigerung der organisationalen Resilienz, unterscheiden sich jedoch in ihrer Herangehensweise und Betonung bestimmter Aspekte. BS 65000 fokussiert stärker die strategische Integration von Resilienz in die Unternehmenskultur und -praktiken, während DIN ISO 22316 einen umfassenderen Rahmen für das Resilienzmanagement bietet, der Prinzipien, Führung und Kultur umfasst. Die Leitfäden konzentrieren sich eher auf allgemeine Prinzipien der Resilienz, ohne tief in die Besonderheiten technologischer Chancen und auch Risiken einzugehen, die durch neue datengetriebene Lösungen im Kontext der digitalen Transformation und mit KI-Einsatz auftreten. An dieser Stelle wird konstatiert, dass bisherige Herangehensweisen durch die neuesten Trends und Praktiken im Bereich Technologiemanagement bzw. technologiegetriebene Risikomanagementstrategien erweitert werden müssen.

Natürliche Resilienz – Einblick und Übertragbarkeit

Resilienz ist ein häufig diskutiertes Thema in Zusammenhang mit Wertschöpfungsketten, gleichzeitig wird dies oft auch mit der individuellen bzw. physischen Resilienz verglichen, da Mechanismen zum Schutz vor Störungen und bei der Erholung eine wichtige Rolle spielen. Ursprünglich ist mit Resilienz (lateinisch *resiliere* für *zurückspringen* oder *abprallen*) die physikalische Fähigkeit eines Körpers gemeint, welcher nach Veränderungen der Form wieder in seine Ursprungsform zurückspringen kann. Dieser Kerngedanke wird auf verschiedene Bereiche, wie das Ingenieurwesen, Energiewirtschaft, die Resilienz von Ökosystemen bis hin zur Psychologie übertragen (vgl. Thun-Hohenstein et al., 2020, S. 8).

Im Folgenden wird auf Basis der Konzeptarbeiten von Ivanov (2024) eine flankierende Analogie zur Natur gezogen und in einem Modell zur Übertragung der Handlungsweisen beschrieben. Die duale Natur der Resilienz, primär ausgelegt als Kombination aus Vorbereitung und Wiederherstellung (vgl. Ivanov, 2024, S. 1), zieht Analogien zu den Hauptkomponenten des Immunsystems. Für den Kontext dieser Arbeit wird dieser Einblick in Form von Analogien und Unterschieden genutzt, um das Verständnis zur Steigerung der Belastbarkeit von Wertschöpfungsketten in Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften zu verbessern. Abbildung 4 greift ein durch das Immunsystem inspirierten Mechanismus auf, der angeborene und adaptive Aspekte kombiniert und diese durch die Prinzipien Redundanz, Vielfalt und Flexibilität ergänzt.

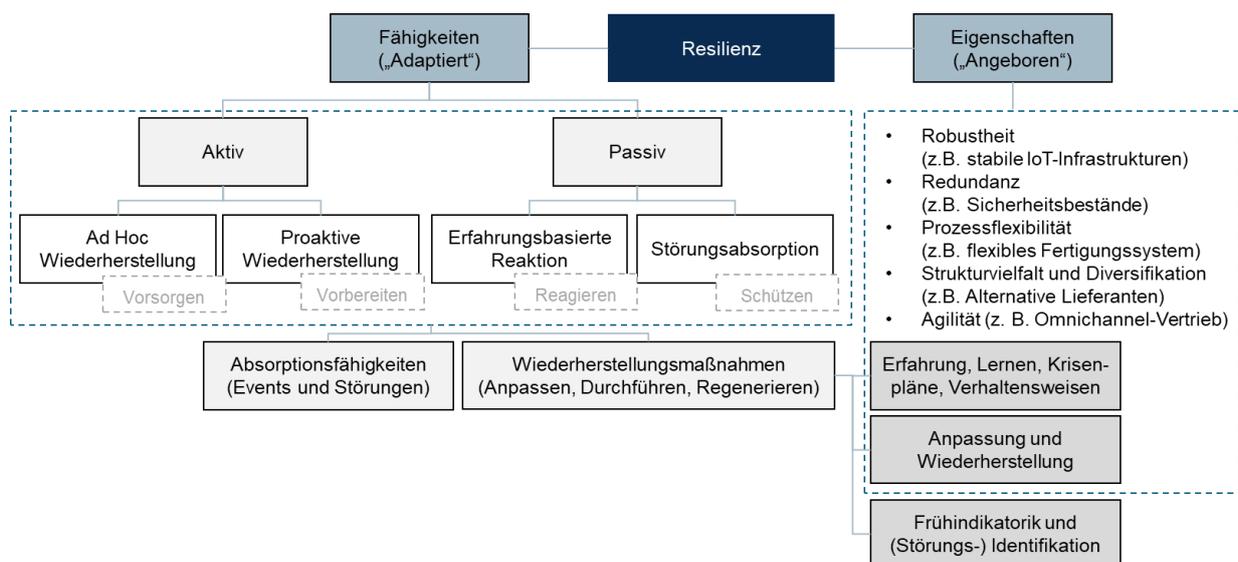


Abbildung 4: Veranschaulichung der Resilienzfähigkeit einer Wertschöpfungskette anhand der Analogie des Immunsystems (i.A.a. Ivanov, 2024, S. 3)

Im Exkurs zum Immunsystem sind zwei Hauptkomponenten wesentlich, die angeborenen Eigenschaften und adaptive Fähigkeiten. Auf der einen Seite bietet das angeborene Immunsystem in den kritischen Stunden und Tagen nach dem Kontakt mit neuen Krankheitserregern Schutz vor einer Infektion. Die adaptive Immunität auf der anderen Seite, die sowohl aktive als auch passive Elemente umfasst, besteht aus spezialisierten Zellen, die die Aufgabe haben, Krankheitserreger zu vernichten oder ihre Vermehrung zu hemmen. Die aktive adaptive Immunität entwickelt sich durch direkte Exposition gegenüber Krankheiten oder durch Impfungen, während die passive adaptive Immunität indirekt erworben wird, z.B. durch mütterliche Immunität oder die Übertragung von Antikörpern (vgl. Ivanov, 2024, S. 2; Dantzer et al., 2018).

Übertragen auf eine Organisation, ein Unternehmen bzw. auch eine Wertschöpfungskette wird dieser inhärente Aspekt der Belastbarkeit dargestellt und mit Strategien zur Vorbereitung und Abmilderung von Störungen oder disruptiven Events in Beziehung gesetzt. Dies sind vor allem Resilienzeigenschaften, wie Robustheit, Redundanz, Vielfalt und Flexibilität (vgl. Abbildung 3), die als grundlegende Schutzmechanismen fungieren, kurzfristig Stabilisierungen ermöglichen und die Kontinuität der Betriebsabläufe gewährleisten (vgl. Ivanov, 2024, S. 2).

Resilienzeigenschaften sind daher übergeordnete Merkmale, die sich auf die grundsätzliche Struktur oder Ausrichtung einer Organisation oder eines Systems beziehen. Die adaptive Komponente der Resilienz im Sinne von Resilienzfähigkeiten umfasst in Gegenüberstellung zum Immunsystem ebenfalls aktive als auch passive Elemente. Bei den passiven Aspekten geht es in erster Linie darum, einschneidende Events mit Hilfe angeborener Eigenschaften aufzufangen und strukturierte Maßnahmenpläne anzuwenden, die auf Basis vergangener Szenarien erstellt wurden. Diese Strategie trägt dazu bei, die Ausbreitung von Störungen und weiteren Risikofaktoren in der Wertschöpfungskette zu verhindern - analog der Strategien zur Eindämmung von Infektionen (Reagieren und Schützen). Auf der Seite der aktiven Elemente wird eine Aktion entweder im proaktiven Charakter durchgeführt, indem Maßnahmen ergriffen werden, bevor Auswirkungen auf den Betrieb oder die Leistung des Geschäftsprozesse eintreten, oder ad hoc ausgelöst, um während oder unmittelbar nach den aufgetretenen Auswirkungen eine Wiederherstellung zu ermöglichen (Vorsorgen und Vorbereiten). Diese Absorptionsfähigkeiten und Wiederherstellungsmaßnahmen gehen als Lern- und Erfahrungswerte in die Einrichtung und Implementierung allgemeiner Schutzmaßnahmen in neue Resilienzeigenschaften über, z.B. durch die Integration oder Neuauslegung von Technologielösungen, dynamische Sicherheitsniveaus für Bestände und technische Anlagen oder neue Rahmenverträge mit alternativen Dienstleistern. Analog zum Immunsystem gilt es, den kritischen Zeitpfad zu verkürzen und auf Frühindikatoren zu reagieren bzw. frühzeitig Stör- und Einflussfaktoren zu identifizieren. Resilienzfähigkeiten beziehen sich also auf spezifische, umsetzbare oder messbare Maßnahmen, Ressourcen oder Kompetenzen, die eine Organisation oder ein System entwickelt, um auf Veränderungen und Störfälle zu reagieren, diese zu bewältigen und sich anzupassen.

Zusammengeführt definiert das Denkmodell die Lebensfähigkeit im Zusammenhang mit der Widerstandsfähigkeit der Wertschöpfungskette im erweiterten Sinne und betrachtet sie als adaptive Aktionen bzw. Reaktionen. Damit wird das natürliche Konzept der Lebensfähigkeit nicht nur auf die Überlebensfähigkeit (von Organisationen und Unternehmen), sondern auch auf einen integrierten Ökosystemansatz (mit Kunden und Partnern) ausgedehnt. Ruel et al. (2021) teilen die Perspektive, dass das herkömmliche Konzept der Widerstandsfähigkeit eines geschlossenen Systems erweitert wird und von einem dynamischeren, offenen Ansatz für Wertschöpfungsnetzwerke ausgeht, welches Strategien zum Anpassen und Wiederherstellen, d.h. zur Aufrechterhaltung und Anpassung der (betrieblichen) Leistung, umfasst.

2.1.2 Gegenüberstellung etablierter Managementsysteme

Um die weltweit mitführende Marktstellung der deutschen Produktionsindustrie zu sichern, ist für fast alle produzierenden Unternehmen ein Überdenken bisher verwendeter Risikomanagementstrategien erforderlich. Traditionelle Geschäftsmodelle sind oftmals zu starr und damit den Anforderungen an Krisenphasen nur unzureichend gewachsen (vgl. Fox et al., 2020, S. 2213ff.). Dabei gilt es nicht das Bewusstsein für das Risikomanagement zu schärfen, es geht vielmehr um die Umsetzung eines resilienten Verhaltens im Bereich des Risikomanagements. Im grundsätzlichen Begriffsverständnis wird das reaktive Risikomanagement mit dem

Krisenmanagement in Verbindung gebracht, wohingegen das proaktive Risikomanagement einen hohen inhaltlichen Überlapp zum Resilienzmanagement aufweist (vgl. Abbildung 5). Resilienzmanagement und proaktives Risikomanagement weisen durch eine vorausschauende Komponente sehr ähnliche Ziele auf, wohingegen das reaktive Risikomanagement eher auf die nachträgliche Bewältigung von Risiken und eine Wiederherstellung des Normalzustands abzielt (vgl. Romeike & Hager, 2020, S. 345). Im tiefgehenden Verständnis erweitert das Resilienzmanagement die Zielstellung neben der Identifikation und Bewertung von potentiellen Risiken um die Stärkung der Widerstandsfähigkeit einer Organisation gegen unvorhergesehene Ereignisse. Damit zielt der Prozessfokus erweitert auch auf die Anpassungsfähigkeit und Flexibilität eines Unternehmens oder Systems ab, um adaptive und präventive Strategien (z.B. Technologiestrategien) für bekannte als auch unvorhersehbare Risiken vorzuschlagen. In diesem Fokusbereich bewegt sich der inhaltliche Schwerpunkt der Arbeit – im Verständnis, dass das Resilienzmanagement auf Innovationsbeiträge für schlanke und dynamische Strukturen abzielt, die ein resilientes, aufwandsreduzierteres und vorbereitendes Risikomanagement ermöglichen.

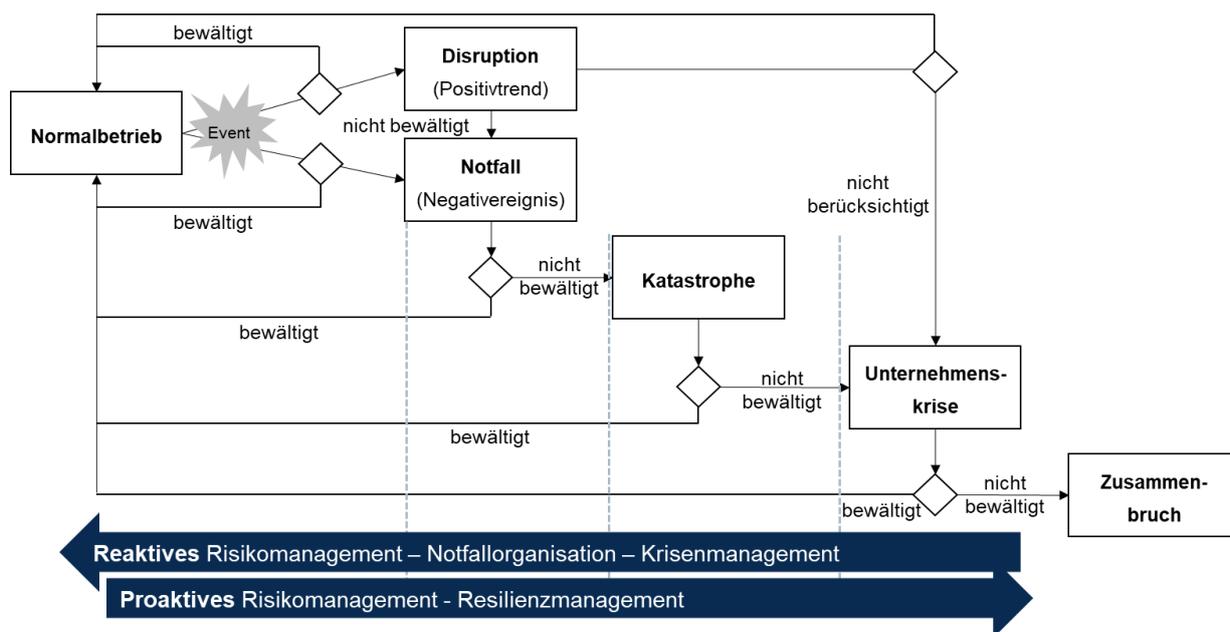


Abbildung 5: Reaktives und Proaktives Risikomanagement (i.A.a. Romeike & Hager, 2020, S. 345)

In diesem Rahmen soll eine methodische und technologische Managementunterstützung aus unternehmerischer Sicht erfolgen. Zur inhaltlichen Abgrenzung werden folgend klassische Managementsysteme aus diesem Handlungsfeld heraus beschrieben und gegenübergestellt. Neben den aufgeführten gängigen Managementsystemen ist in Ferdinand & Prem (2020, S. 14ff.) eine Übersicht zu vorhandenen Normen mit spezifischem Bezug zur Resilienz von Unternehmen gegeben (z.B. Krisenmanagement, Kommunikationsmanagement, Governance, Finanzmanagement, Informationssicherheit, Lieferkettenmanagement, u.w.).

Risikomanagement

Auf der unternehmerischen Ebene gehört der sichere Umgang mit Risiken, d.h. die Abwägung von Chancen und Risiken, zu einer anspruchsvollen Managementaufgabe (vgl. Romeike, 2014, S. 70). Die DIN ISO 31000:2018 ist seit ihrer Erstauflage im Jahr 2009 der weltweit gültige Standard für das Risikomanagement. Darunter werden alle Prozesse im Unternehmen verstanden, die der Identifikation, Analyse und der Handhabung von Risiken dienen, um zur Sicherung der Unternehmensexistenz beizutragen. Grundsätzlich wird hier zwischen externen (äußere Einflüsse, exogene Faktoren) und internen (innerbetriebliche Einflüsse, endogene Faktoren) unterschieden (vgl. Kap. 2.3.2). Im Konkreten umfasst das Risikomanagement die Teilaufgaben Risikoidentifikation, Risikobewertung, Risikosteuerung und Risikokommunikation (Reporting), die zusammen einen Prozess darstellen, der Risiken frühzeitig erkennt, diese bewertet und reduziert, um Systeme weniger anfällig für Störfälle zu machen. Damit hat das Risikomanagement einen präventiven Charakter und schafft eine wertvolle Grundlage für ein gesamthaftes *Business Continuity Management* (vgl. Engemann & Henderson, 2012). Im Vergleich mit den weiteren im folgenden Abschnitt beschriebenen Managementsystemen hat das Risikomanagement viele Gemeinsamkeiten mit dem Resilienzmanagement, die vor allem auf der Stärkung der Fähigkeit eines Unternehmens zur Bewältigung interner und externer Störungen und Herausforderungen sowie der notwendigen Anpassung liegen. Daher wird an dieser Stelle ein detaillierter Blick in die der Unternehmensführung zur Verfügung stehenden verschiedene Methoden, Werkzeuge und Instrumente gelegt, um dieser Aufgabe systematisch zu begegnen. In Tabelle 3 ist eine beispielhafte Auswahl der bekanntesten und in der Anwendung etabliertesten Vertreter aufgeführt.

Tabelle 3: Übersicht ausgewählter Methoden des Risikomanagements (vgl. Kaufmann, 2021; Romeike & Hager, 2020; Exner, 2019; Diederichs, 2017; Cardwell, 2008; Schmitz, 2006; Bergener, 2006; Tietjen & Müller, 2003)

Methodik	Teilaufgabe				Nachweis <i>[Seitennachweise siehe Quellenverzeichnis]</i>
	Identifikation	Bewertung	Steuerung	Reporting	
Balanced Scorecard		(•)		•	Schmitz, 2006
Bow-Tie-Analyse	•	•	•		Exner, 2019; Cardwell, 2008
Delphi-Methode	•				Exner, 2019; Bergener, 2006
FMEA-Analyse	•	•			Tietjen & Müller, 2003
Frühwarnradare		(•)	•	•	Romeike & Hager, 2020
Monte-Carlo-Simulation		•			Exner, 2019
PESTEL-Analyse	•				Kaufmann, 2021
Pro-Mortem-Analyse	•	•			Exner, 2019

Risiko Matrix / Heat Map		•		•	Gleißner, 2011
Sensitivitätsanalyse		•	•		Romeike & Hager, 2020
SWOT-Analyse	•				Diederichs, 2017; Schmitz, 2006
• = geeignet, (•) = in Teilen geeignet					

Neben diesen klassischen Methoden existiert auch eine Reihe an produktisierten, zum Teil kommerzialisierten Lösungen, die als Werkzeuge zur Unterstützung des Risikomanagements herangezogen werden können. Beispielhaft sind hier der frei zugängliche *Supply Chain Quick Check* oder auch *Digital Quick Check* zu nennen, welche schnell und mit überschaubarem Input eine Informationsgrundlage für Entscheidungsprozesse im Kontext der Bewertung von Risiken in der Supply Chain oder auch bei der Technologieintegration schaffen (vgl. Funk Stiftung, 2023a und 2023b). Diese basieren auf dem Ansatz, dass sich Risikoquellen in umweltbezogene (z.B. Politik, Wirtschaft, Gesellschaft), branchenspezifische (z.B. Bedarfe, Nachfragen, Wettbewerbssituation) und unternehmensspezifische (z.B. IT-Infrastruktur, Produktion, Lieferkette) Faktoren einteilen lassen. Die Strukturierungsideen werden im späteren Arbeitsverlauf zur Charakterisierung exogener und endogener Einflussfaktoren als auch möglicher Technologielösungen für das Resilienzmanagement wieder aufgegriffen (vgl. Kap. 2.3.2; 3.4.1).

Zusammenführend bedeutet Risikomanagement die richtige Strategie zur Erreichung der Unternehmensziele zu wählen und Geschäftsprozesse effizient und effektiv zu definieren (vgl. Huth & Romeike, 2016, S. 15). Einige Basisaufgaben des Risikomanagements können allerdings auch durch andere Managementsysteme, wie das *Qualitätsmanagement*, abgedeckt werden. Weiterhin wird das Risikomanagement nicht als einziger Hebel verstanden, um die Resilienz von Unternehmen zu stärken. Dazu gehören auch ein anpassungsfähiges Management, eine hohe Ressourcenverfügbarkeit und robuste und flexible Operationen, die Aspekte der organisationalen Resilienz fördern (vgl. Schäffer, 2020, S. 10; Radic et al., 2022, S. 20). In der direkten Gegenüberstellung zum Resilienzmanagement hat das Risikomanagement einen eher operativeren Charakter, der auf die Wiederaufnahme von Prozessen in Störfällen abzielt. Resilienzmanagement setzt hier bereits früher zur Vorbereitung noch nicht eingetretener Events an und bringt ebenfalls die Lernperspektive stärker mit ein, sodass eine neue, verbesserte Normalität nach Events und Störfällen eingenommen werden kann. In Abbildung 6 ist dieses Zusammenspiel inkl. Verortung der Resilienzphasen (vgl. Abbildung 3) dargestellt.

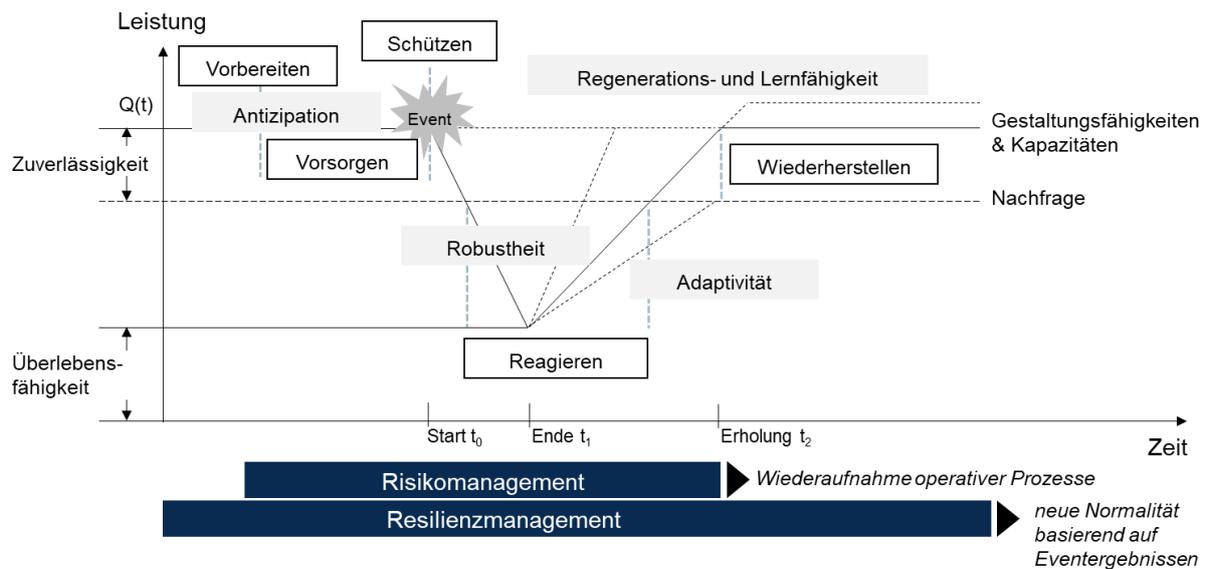


Abbildung 6: Resilienzphasen am Beispiel eines Störereignisses (Event) (i.A.a. Röhe, 2022, S. 82)

Risiko wird als eine Veränderung der kritischen Funktionalität bzw. wie in Abbildung 6 aufgetragen als Systemleistung infolge eines Ereignisses betrachtet. Die Wiederherstellung nach einem solchen Event ist nicht Gegenstand der Risikobetrachtung. Grundsätzlich bedeutet dies, dass ein hohes Risiko vorliegt, wenn Funktionalitäten stark beeinträchtigt werden, d.h. ein großer Abfall auf der Y-Achse. Eine geringe Resilienz dagegen liegt vor, wenn über den Zeitverlauf lange Perioden bis zur Normalisierung benötigt werden, d.h. ein großes Intervall auf der X-Achse (vgl. Andrea, 2023). Zentrale Fragestellungen, denen sich ein Unternehmen daher zum Aufsetzen eines aktiven Resilienzmanagements in den entsprechenden Resilienzphasen stellen muss, sind:

- Vorbereiten: „Worauf muss das Unternehmen vorbereitet sein?“
- Vorsorgen: „Wie kann das Unternehmen vorbereitet werden?“
- Schützen: „Wie kann das Unternehmen und dessen Geschäftsprozesse geschützt werden?“
- Reagieren: „Was ist die geeignete Maßnahme für das Event? Wer ist verantwortlich?“ (→ Definierte Resilienzfähigkeiten in allen Phasen)
- Wiederherstellen: „Was kann daraus gelernt und wie kann die unternehmerische Systemstruktur dauerhaft verbessert werden?“ (→ Adaption Resilienzfähigkeiten, Überführung in neue Resilienzeigenschaften)

Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement (QM) nach DIN EN ISO 9001:2015-11 ist ein systemischer Ansatz zur Sicherstellung und Verbesserung der Qualität von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen innerhalb von Unternehmen und Organisationen. Das Managementkonzept des QM dient hauptsächlich zur Planung, Regulierung und Förderung aller Prozesse in einer Organisation (vgl. Linß, 2018, S. 7). Daneben stellen die Entwicklung von Qualitätsrichtlinien und

-verfahren, die Überwachung der Einhaltung dieser Standards, die kontinuierliche Bewertung und Verbesserung von Prozessen (KVP), z.B. durch den *PDCA-Zyklus* (Plan-Do-Check-Act), sowie die Ausrichtung auf die Bedürfnisse und Erwartungen der Kunden, Ziele und Aufgaben des Qualitätsmanagements dar. Zusätzlich streben Unternehmen langfristig durch den Erhalt der ISO 9001 Zertifizierung eine hohe Wettbewerbsfähigkeit sowie die Sicherung des Unternehmenserfolgs an. Das bekannteste Qualitätsmanagementmodell ist das sogenannte *EFQM-Modell* (European Foundation for Quality Management-Modell, vgl. EFQM, 2021; Flüter-Hoffmann et al., 2018, S. 9-10), welches in Kapitel 2.2.3 näher beschrieben wird.

Grundsätzlich gibt es sieben Grundsätze, die als Leitlinien für das Managementhandeln im QM-Kontext beschrieben sind: Die Kundenorientierung (Erfüllen der Kundenerwartungen und Erreichen hoher Kundenzufriedenheit), die Führung (Aufrechterhalten und Weiterentwickeln des Qualitätsmanagementsystems als Führungsaufgabe), das Personenengagement (Mitarbeiter und ihre Kenntnisse und Fähigkeiten sind für das Erreichen der Ziele unabdingbar), der prozessorientierte Ansatz (Erreichen wiederholbarer Qualitätsstandard und Transparenz), die Verbesserung (Nutzen der inkonsistenten internen und externen Rahmenbedingungen für Prozessweiterentwicklung), die faktengestützte Entscheidungsfindung (Analyse und Auswertung von Daten als Fundament für spätere Entscheidungen) und das Beziehungsmanagement (Fördern und Steuern der Wechselbeziehungen mit den Interessenpartnern) (vgl. DIN ISO 9001). Insgesamt ergänzen sich Risiko- und Qualitätsmanagement durch die starke Kundenorientierung und datenbasierte Entscheidungsfindung. Risikomanagement wird oftmals im unternehmerischen Handeln als ein Teil des QM-Beauftragten bewerkstelligt. Reinbacher (2015) kritisiert das QM an dieser Stelle, da bei dessen Anwendung zwar Erwartungen erfüllt werden, aber keine neuen Impulse generiert werden. In diesem Sinne ist Qualitätsmanagement eher konservativ statt innovativ und vorausschauend wie das Resilienzmanagement.

Business Continuity Management

Das Business Continuity Management (BCM) war ursprünglich für den IT-Sektor vorgesehen, die internationale Norm DIN ISO 22301:2012 gilt heutzutage als organisationsweiter Anwendungsstandard (vgl. Reuter, 2015, S. 38). Das BCM beschreibt die aktive Planung, Steuerung und Absicherung des langfristigen Bestehens und Erfolgs eines Unternehmens. Unternehmen können die Norm heranziehen, um im Kontext der Geschäftskontinuität Anforderungen an ein entsprechendes Managementsystem zu bedienen und angemessen auf Unterbrechungen des Geschäftsbetriebs zu reagieren sowie die Auswirkungen auf das Geschäft zu minimieren. Dies fördert die Realisierung organisationaler Resilienz gegenüber geschäftsschädlichen Ereignissen (vgl. Radic et al., 2022, S. 21). Es ist als ganzheitliches Managementsystem aufgebaut, welches Perspektiven auf relevante Stakeholdergruppen, die Umwelt, das Image eines Unternehmens als auch die Wertschöpfungsaktivitäten einnimmt. Das wichtigste Methodenelement bei der Durchführung ist die *Business Impact Analysis*. Diese hilft dabei, kritische Geschäftsprozesse (im Sinne der Kritikalität eines jeden Prozesses für das Gesamtunternehmen) und die Auswirkungen ihrer Unterbrechung (im Sinne der benötigten Wiederanlaufzeit) zu identifizieren, um Prioritäten für die Wiederherstellung zu setzen (vgl. Romeike, 2018, S. 104ff.). Das

BCM fokussiert damit nicht auf präventive Aspekte, sondern auf die Konsequenzen von Krisenereignissen.

Damit sind das Risikomanagement und das BCM als sich ergänzende Konzepte zu betrachten (vgl. Engemann & Henderson, 2012). Risikomanagement kann jedoch nicht effizient durchgeführt werden, wenn kein BCM und keine dazugehörige Strategie vorhanden sind. Dem gegenüber stellt das BCM eine umfangreiche Risikoanalyse inkl. Maßnahmen, die aus dieser abgeleitet werden, voraus (vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 7). In diesen beiden Managementsystemen fehlt jedoch ein gesamthafter Blick auf die organisatorische Resilienz, die alle Phasen der Resilienzentwicklung, d.h. auch die Phase des Lernens aus Events oder Krisenereignissen, abbildet. Hier stehen Gestaltungsfähigkeiten und Kapazitäten im Fokus, die die Lern- und Regenerationsfähigkeit des Systems stärken, sodass ein besserer Ausgangszustand als vor dem Eventeintritt eingenommen werden kann (vgl. Abbildung 6).

Krisenmanagement

Im Zusammenhang mit dem BCM steht auch das Krisenmanagement, welches nach Abbildung 5 dem reaktiven Risikomanagement zuzuordnen ist. Das betriebliche Krisenmanagement konzentriert sich auf Leitlinien und Anforderungen für die Vorbereitung, Bewältigung und Überwindung von Krisensituationen (Unwetter, Pandemien, Cyberattacken, volkswirtschaftliche Instabilitäten) innerhalb eines Unternehmens. Die DIN EN ISO 22361 unterstützt Organisationen, systematisch und effektiv auf Krisen zu reagieren, um den Schaden zu minimieren und die betriebliche Kontinuität aufrechtzuerhalten. Die wichtigsten Aspekte der Norm sind Krisenvorbereitung (Szenarien, Pläne und Maßnahmen), Krisenbewältigung (klare Kommunikations- und Entscheidungsstrukturen), Erholung und Wiederherstellung sowie Dokumentation und Überwachung (vgl. Gahlen & Kranaster, 2012). Charakteristisch hier ist die überwiegend reaktive Ausrichtung, d.h. die unmittelbare Bewältigung und Eindämmung von Schäden bei Eintritt einer Krise (Schadensbegrenzung und Wiederherstellung des Normalzustands).

Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement

Aufgrund der Komplementarität von Resilienz und Nachhaltigkeit (vgl. Kap. 2.1.3) wird an dieser Stelle ebenfalls das Umwelt- und Nachhaltigkeitsmanagement adressiert. Während die im Vorfeld beschriebenen Managementsysteme vor allem ökonomische Betrachtungsperspektiven einnehmen, werden hier dezidiert zusätzlich soziale und umweltrelevante Aspekte sowie deren absehbare Risiken aufgegriffen. Es wird zum einen zwischen der DIN ISO 14001:2015 als angewendeter Standard für Umweltmanagementsysteme, mit dem Organisationen ihre Umweltleistung verbessern, rechtliche und sonstige Verpflichtungen sowie Umweltziele strukturiert angehen können, und zum anderen der DIN ISO 26000:2021 zum Nachhaltigkeitsmanagement, bei der vor allem das gesellschaftlich verantwortliche Verhalten im Fokus steht, unterschieden. Während die DIN ISO 14001 zahlreiche Normen zum Umweltmanagement, u.a. zur Ökobilanzierung, zu Umweltkennzahlen und zur Umweltleistungsbewertung enthält und zur Zertifizierung auf produzierende Unternehmen angewendet werden kann (vgl. Schwager, 2015, S. 153f.), ist die ISO 26000 zum Nachhaltigkeitsmanagement als Leitfaden

angelegt, der die strategische Planung und Umsetzung von gesellschaftlicher Verantwortung im weitesten Sinne erleichtern soll. Diese Norm ist in der aktuellen Auslegung weder für Zertifizierungszwecke noch für gesetzliche oder vertragliche Anwendungen vorgesehen und auch nicht geeignet (vgl. Hahn, 2011, S. 23f.).

Analog zum Kerngedanken des Resilienzmanagements sind die Handlungsfähigkeit eines Unternehmens gegenüber der Gesellschaft, in der es agiert, sowie die Auswirkungen auf die Umwelt zu einem entscheidenden Kriterium für die Bewertung der unternehmerischen Gesamtleistung geworden. Elkington (1997, S. 371ff.) hat bereits früh die Integration von umweltbezogenen und gesellschaftlich Kriterien in die Leistungsbewertung von Unternehmen einbezogen.

Lean Management

Lean Management als Management-Philosophie konzentriert sich primär auf die Effizienzsteigerung und die kontinuierliche Verbesserung (jap.: „Kaizen“) durch die Eliminierung von Verschwendung in Prozessen und der Maximierung des Kundennutzens. Es wurde ursprünglich im Toyota-Produktionssystem entwickelt und hat sich seitdem auf zahlreiche Branchen und Geschäftsbereiche ausgeweitet (vgl. Gorecki & Pautsch, 2013, S. 3-8). Lean Management steht in engem Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement. Ansatzpunkte für Lean Methoden finden sich in der DIN ISO 9001, unterscheiden sich aber in den Aspekten Führung (ganzheitliches Prozessverständnis), Prozessleistung (Effizienzfokus) und Wirtschaftlichkeit (vgl. Behrends, 2013, S. 5-6).

In Gegenüberstellung zum Resilienzmanagement verfolgen beide Managementansätze das Ziel, die Leistungsfähigkeit eines Unternehmens langfristig zu sichern und zu verbessern, jedoch aus unterschiedlichen Perspektiven und mit unterschiedlichen Ansätzen. Lean Management fokussiert stark auf operative Prozessoptimierungen und Effizienzsteigerungen in stabilen Umgebungen. Gleichzeitig wird eine agile und flexible Unternehmenskultur durch KVP-Prozesse gefördert, die auf proaktive Anpassung und kontinuierliche Verbesserung setzt. Dies sind zwei Grundpfeiler, die auch im Resilienzmanagement von entscheidender Bedeutung sind (vgl. Tabelle 2). Insgesamt ist das Resilienzmanagement allerdings wesentlich strategischer auch in veränderlichen Umgebungen ausgerichtet.

In Tabelle 4 werden die verschiedenen Managementsysteme im Kontext ihrer Anwendung alphabetisch sortiert zusammenfassend gegenübergestellt und abgegrenzt.

Tabelle 4: Gegenüberstellung ausgewählter Managementsysteme
(vgl. Ferdinand & Prem, 2020, S. 7, 14ff.; Linß, 2018, S. 7; Romeike, 2018, S. 104ff.; Schwager, 2015, S. 153f.; Romeike, 2014, S. 70; Behrends, 2013, S. 5-6; Engemann & Henderson, 2012)

<i>Managementsystem</i>	<i>Anwendungsfokus</i>	<i>Zeitlicher Bezug</i>	<i>Haltung</i>	<i>Integration im Unternehmen</i>	<i>Normung</i>
Business Continuity Management	Aufrechterhaltung wichtiger Geschäftsprozesse bei Unterbrechungen	Mittel- bis langfristig	Prozessorientiert, strategisch	In zentralen Unternehmensbereichen	DIN ISO 22301

Krisenmanagement	Bewältigung und Überwindung von akuten Krisensituationen	Kurz- bis langfristig	Reaktiv und schnell anpassend	In allen relevanten Bereichen, insb. in zentralen Unternehmensbereichen	DIN ISO 22361
Lean Management	Effizienzsteigerung durch Eliminierung von Verschwendung, Verbesserung der Wertschöpfungsprozesse	Kurz- bis langfristig	Proaktiv, auf kontinuierliche Verbesserung (Kaizen) und Verschwendungsminimierung fokussiert	In der gesamten Wertschöpfungskette integriert, oft Teil des Produktionssystems	i.a.a. DIN ISO 9001
Nachhaltigkeitsmanagement	Umsetzung von gesellschaftlicher Verantwortung	Langfristig	Sozial und verantwortungsvoll	Strategisch, oft verbunden mit Corporate Social Responsibility	DIN ISO 26000
Resilienzmanagement	Stärkung der Fähigkeit auf unerwartete Ereignisse und Störungen zu reagieren, zu agieren und sich schnell zu erholen	Langfristig	Proaktiv und adaptiv zur Förderung der positiven Einstellung gegenüber Unsicherheiten und Veränderung	Ganzheitlicher Ansatz mit überwiegend strategischen und organisationskulturellen Maßnahmen	DIN ISO 22316 BS 65000
Risikomanagement	Identifikation und Bewertung von Risiken sowie Umsetzung von Maßnahmen zur Minimierung von Risiken	Kurz- bis mittelfristig	Defensiv und vorsorgend zur Minimierung und Vermeidung von Risiken	Eher begrenzt auf eine Funktion im Unternehmen, Bestandteil des Qualitätsmanagements	DIN ISO 31000
Qualitätsmanagement	Sicherstellung und Verbesserung der Produkt-, Prozess- und Servicequalität	Kurz- bis mittelfristig	Proaktiv und qualitätsorientiert	In allen Unternehmensbereichen	DIN ISO 9001
Umweltmanagement	Schutz der Umwelt und Ressourceneffizienz	Kurz- bis langfristig	Reaktiv bis proaktiv, in Abhängigkeit der Strategie	Häufig in Produktions- und Betriebsbereichen	DIN ISO 14001

Aus der tabellarischen Gegenüberstellung lässt sich das Alleinstellungsmerkmal des Resilienzmanagements verdeutlichen. Während die genannten Managementsysteme vor allem auf spezifische Bereiche wie Umweltschutz, Qualität und Risiken fokussieren, zielt das Resilienzmanagement auf einen ganzheitlichen Ansatz zur Stärkung der Belastbarkeit von Unternehmen gegenüber Unsicherheiten (fehlendes Wissen, z.B. Krisen) und Veränderungen (tatsächliche Anpassungen, z.B. Technologietrends). Dabei wird eine holistische Betrachtung des Unternehmens eingenommen und eine Involvierung der verschiedenen Ebene (Geschäftsmodell- und Prozessebene) und Funktionen innerhalb des Unternehmens berücksichtigt. Weiterhin wird im Resilienzmanagement eine proaktive und adaptive Haltung eingenommen, um sich flexibel an veränderte Bedingungen anzupassen und aus Erfahrungen zu lernen, um zukünftige Events und Störereignisse besser bewältigen zu können. Resilienzmanagement berücksichtigt zudem stärker den menschlichen Aspekt von Systemen und

Organisationen (vgl. Hunziker & Steiner, 2022, S. 140ff.). Es nutzt die Analyse menschlicher Faktoren, um zuverlässigere, widerstandsfähigere und produktivere Systeme bereitzustellen und um Systeme zu entwerfen, die zum einen menschliche Schwächen berücksichtigen und zum anderen den Beitrag der Menschen wertschätzen. Resilienz ist in hohem Maße eine risikobasierte Disziplin wie das Risikomanagement. Es zielt darauf ab, Wertschöpfung in jeglicher Form, d.h. mit der Schaffung von wirtschaftlichem, sozialem und ökologischem Nutzen (vgl. Kropp, 2019, S. 11-12), zu schützen und zu erhalten. Dieses Verständnis kann genutzt werden, um das zu entwickelnde Gesamtkonzept mit einer Vielzahl von endogenen und exogenen Faktoren zu verknüpfen, die den Aufbau eines Resilienzmanagements stärken.

2.1.3 Zusammenhang Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz

Nachhaltigkeit und Resilienz sind eng miteinander verbunden und ergänzen sich als Zieldimensionen in vielen Aspekten gegenseitig. Eine nachhaltige Organisation verfolgt langfristige Ziele und bemüht sich um den Schutz der natürlichen Ressourcen, um deren Zukunftsfähigkeit zu gewährleisten. Wichtig in diesem Zusammenhang ist das Verständnis und die gleichberechtigte Betrachtung von ökologischer, sozialer und ökonomischer Nachhaltigkeit als die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit (vgl. Kropp, 2019, S. 11-12). Eine resiliente Organisation ist in der Lage, auf unvorhergesehene Ereignisse zu reagieren und sich schnell zu erholen, um die eigene Überlebensfähigkeit zu sichern. Resilienz und Nachhaltigkeit sind in vielerlei Hinsicht miteinander verflochten, sodass die Förderung eines Aspekts oft die Förderung des anderen unterstützt. Economist Group (2022, S. 16-18) betont Nachhaltigkeit als eine zentrale Säule der unternehmerischen Resilienz. Die Bedeutung nachhaltiger Themen nimmt stetig zu, insbesondere da die produzierende Industrie und die Logistikbranche zu den größten Energieverbrauchern zählen (vgl. Schmelzle et al., 2022, S. 7). Es ist für Unternehmen unerlässlich, einen transparenten Ansatz zu verfolgen, um auch angesichts des Klimawandels die Resilienz zu steigern. Hierzu ist eine Neugestaltung bestehender Prozesse, Verfahren und Produktionsmethoden erforderlich, um negative Umweltauswirkungen zu minimieren. Beispiele hierfür sind Übergänge zu erneuerbaren Energiequellen oder die Implementierung von IoT- (Internet of Things-) Lösungen. Entsprechende Sensorsysteme realisieren Echtzeitüberwachungen und -steuerung von Maschinen und Anlagen, was zur Reduzierung von Ressourcen- und Energieverbräuchen führen kann (vgl. Kap. 2.3.4). Diese Transformationen führen jedoch zu erheblichen Veränderungen in den Geschäftsprozessen, sodass der Aufbau organisationaler Resilienz erschwert wird. Zudem müssen Unternehmen oft zwischen Risikomanagement und Effizienz abwägen, um Resilienzmaßnahmen zu implementieren. Diese Maßnahmen sind zu Beginn häufig mit zusätzlichen Kosten und Ressourceneinsatz verbunden (vgl. Economist Group, 2022, S. 16-18).

Im Kontext der Nachhaltigkeitsbewertung verändern sich mit der „Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD)“ die Rahmenbedingungen für große europäische Unternehmen (mit mehr als 500 Mitarbeitenden, Umsatz mehr als 40 Mio. €), die ab 2025 zur Erhöhung der Rechenschaftspflicht über Nachhaltigkeitsaspekte angehalten sind (vgl. EU, 2022). Mit der

CSRD wird der Anwendungsbereich der EU-Taxonomie, welcher sich mit den Kriterien der „Non-Financial Reporting Directive (NFRD)“ deckt, in erheblichem Umfang erweitert. Im Fokus stehen vor allem Dekarbonisierungspotentiale der gesamten Wertschöpfungskette, d.h. Reduktionspotentiale im sogenannten „Scope 1“ (direkte Emissionen, z.B. durch Anlagenbetrieb), „Scope 2“ (indirekte Emissionen aus eingekaufter Energie, z.B. Strom, Wasser, Fernwärme) und „Scope 3“ (indirekte Emissionen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette, z.B. Logistik). Ab dem Folgejahr 2026 wird diese Berichtspflicht auch auf kapitalmarktorientierte kleine und mittlere Unternehmen (mit Ausnahme von Kleinstunternehmen) erweitert. Durch die Komplementarität zur Resilienzbewertung bedeutet dies in der Praxis, dass Strategien zur Steigerung der Resilienz auch die Prinzipien der Nachhaltigkeit berücksichtigen sollten und umgekehrt. Die gemeinsame Betrachtung von Resilienz und Nachhaltigkeit kann zu ganzheitlichen und effektiveren Lösungen führen, die sowohl kurzfristig Anpassungsfähigkeiten als auch langfristig Stabilitäten durch die Betrachtung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten fördern.

Während Resilienz und Nachhaltigkeit sich oft ergänzen, können Resilienz und Effizienz in bestimmten Kontexten in einem Spannungsverhältnis und komplexen Beziehungen zueinanderstehen (vgl. Röhe, 2022, S. 20, 27). Effizienz bezieht sich darauf, wie gut ein System, eine Organisation oder ein Prozess die Ressourcen unter kostenminimalen Aufwand nutzen kann, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen (vgl. Arnold et al., 2008, S. 248). Effizienz ist besonders in Situationen wichtig, in denen Ressourcen knapp sind und maximale Ergebnisse erzielt werden müssen. Ein effizientes System kann in der Regel schnell und kostengünstig arbeiten und eine höhere Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit erreichen. Diesen Zielkonflikt greifen auch Schulz et al. (2023, S. 134-138) auf und beschreiben die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Optimierung von Produktionssystemen nach Resilienz, Ressourceneffizienz und Leistungsfähigkeit. Hier wird ein simulatives Wirkmodell konzipiert, um kausale Zusammenhänge zwischen den Systemgrößen qualitativ (Prioritäten, Wirkintensitäten) zu analysieren, sodass ein besseres Systemverständnis für die Maßnahmenentwicklung in Produktionssystemen über alle Zielgrößen erfolgen kann. Eine praktische Anwendung hat hier allerdings noch nicht stattgefunden. Öfele et al. (2023, S. 156) sehen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit im Sinne einer Kosteneffizienz nicht zwingend als konträre Zieldimensionen der Produktion an. Die produktionslogistischen Ziele einer hohen Liefertreue und Auslastung tragen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit bei. Insbesondere die Nachhaltigkeitsziele einer soliden Lieferantenbeziehung und hoher Kundenzufriedenheit haben positive Auswirkungen auf die Kennzahlen der Produktionsplanung und -steuerung (PPS). Zielkonflikte treten eher im Kontext kurzer Durchlaufzeiten und einer flexiblen Produktion hinsichtlich Energie- und Wasserverbrauchs auf (vgl. Öfele et al. 2023, S. 156). Neben diesen eindeutigen Interaktionen gibt es jedoch viele ambivalente Wechselwirkungen zwischen Nachhaltigkeits- und Effizienzzielen in Wertschöpfungs-systemen, die keine allgemeine Ermittlung von Synergien und Widersprüchen erlauben. Eine entsprechende Bewertung kann quantitativ anhand von Kennzahlen erfolgen und wird in Kapitel 3.6 aufgegriffen.

Lietaer (2010, S. 93) sieht Nachhaltigkeit weiter als ein Zusammenhang zwischen Effizienz und Resilienz an, wobei Effizienz und Resilienz in ihren Grundsätzen eher widersprüchlich sind (vgl. Tabelle 5). Die Vielzahl an Unternehmen strebt heute noch eine kurzfristige Erfolgsmaximierung an und fokussiert sich mehr auf die Effizienz. Dieser Ansatz ist mit einer hohen Störanfälligkeit verbunden (vgl. Lietaer, 2010, S. 94). Übermäßige Effizienz, d.h. die Ausrichtung des Systems auf nur einen Bereich, führt dazu, dass auf veränderte Umweltbedingungen nicht flexibel reagiert werden kann, z.B. im Kontext von Ressourcenallokation und -verbrauch. Zusätzlich mindern starre Prozesse und Strukturen die Flexibilität eines Systems. Durch die alleinige Ausrichtung auf Resilienz dagegen und damit die Fokussierung auf Anpassungsfähigkeit kann das System an Durchsetzungsfähigkeit verlieren. In einigen Fällen können sich Resilienz und Effizienz gegenseitig fördern, während in anderen Fällen ein Trade-Off zwischen den beiden Zieldimensionen gefunden werden muss. Es ist die Aufgabe des Managements, ein ausgewogenes Verhältnis zu finden, welches den spezifischen Anforderungen und Risiken einer Organisation oder eines Systems gerecht wird. Strategisches Denken, das sowohl die kurzfristigen Vorteile der Effizienz als auch die langfristigen Bedürfnisse der Resilienz berücksichtigt, kann dazu beitragen, eine harmonische Balance zwischen diesen beiden Zielen zu erreichen. Im Hinblick auf die Operationalisierung von Resilienz sollten sich daher auch klassische Zielgrößen zur Leistungsbeschreibung eines Systems wiederfinden. Eine exemplarische Übersicht von möglichen divergierenden Zielprämissen ist zur Veranschaulichung in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Divergierende Zielprämissen von Resilienz und Effizienz (Auswahl)

<i>Resilienz</i>	vs.	<i>Effizienz</i>
Hohe Verfügbarkeit von Materialien		Senkung der Bestände
Flexible Lieferungen		Auslastung von Transportkapazitäten
Schnelle Lieferungen		Optimierung Transportwege (inkl. Emissionen)
Frühzeitige Lieferungen		Just-in-Time (JIT) /- Sequenze (JIS) Konzepte
Sicherheitsbestände		Wenige Produktvarianten
Diversifikation der Teilelieferanten		Senkung der Bezugskosten
Standortverlagerungen		Reduktion von Planungsressourcen

Zusammenfassend lassen sich Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz als drei unterschiedliche, aber miteinander verbundene Konzepte beschreiben. Effizienz zielt darauf ab, Ressourcen optimal zu nutzen und den Output zu maximieren. Nachhaltigkeit fokussiert sich auf die langfristige Erhaltung von Ressourcen und Umwelt, während Resilienz die Fähigkeit eines Systems beschreibt, sich proaktiv auf Trends, Störfälle oder Krisen vorzubereiten und sich an veränderte Bedingungen anzupassen. Die Einführung von Resilienzmaßnahmen kann zunächst die Effizienz verringern, da deren Implementierung Kosten und Ressourcen beansprucht. In Zeiten übermäßig externer Herausforderungen (Klimawandel, geopolitische Spannungen, Wettbewerbsdruck) ist es für Unternehmen unerlässlich, nachhaltiger zu agieren und Resilienzfähigkeiten zu stärken, um gegen disruptive und langfristige Veränderungen und

Unsicherheiten gerüstet zu sein. Nachhaltigkeit und Resilienz teilen das Ziel, die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens zu verbessern, und überschneiden sich somit in diesem Punkt. Eine ausschließliche Fokussierung auf ein einzelnes Extrem, sei es maximale Effizienz oder vollständige Resilienz, kann jedoch zu einem Systemkollaps (Zusammenbruch, vgl. Abbildung 5) führen. Ein ausgewogenes Verhältnis, bei dem Unternehmen sowohl Effizienz anstreben als auch Resilienzmaßnahmen integrieren, trägt hingegen zur langfristigen Überlebensfähigkeit und nachhaltigem Handeln bei. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 7 grafisch dargestellt. Die Nachhaltigkeitskurve bewegt sich hier zwischen den beiden Polaritäten von Effizienz und Resilienz.

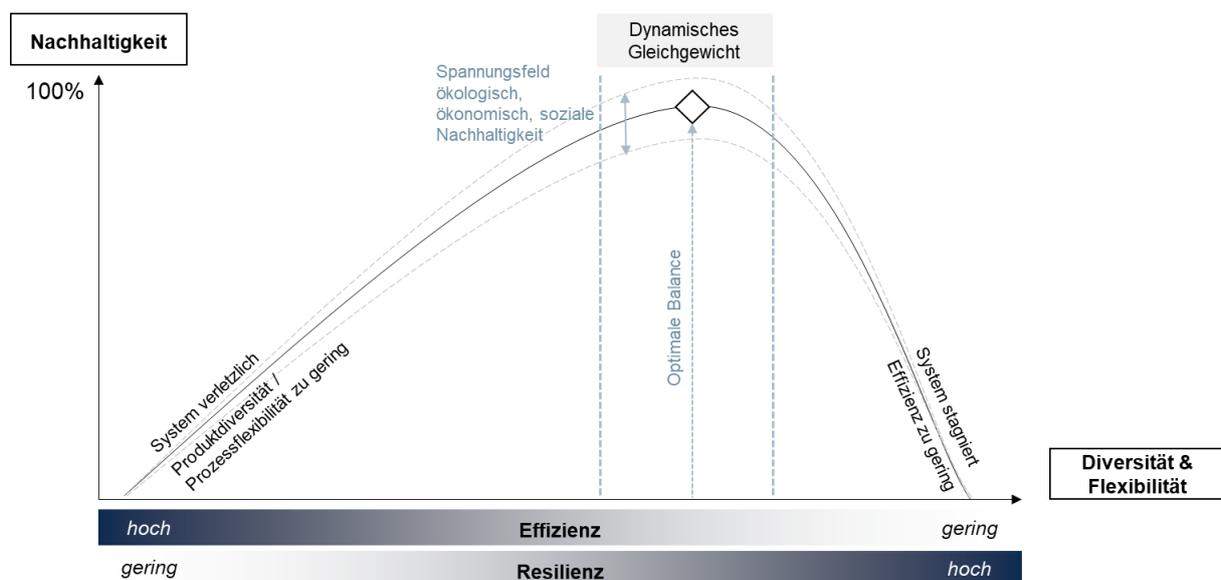


Abbildung 7: Zusammenhang der Zieldimensionen Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit (i.A.a. Kaz, 2016, S. 41ff.; Lietaer, 2010, S. 93)

Die Darstellung legt nahe, dass ein zu hohes Maß an Effizienz oder Resilienz Beeinträchtigungen für die Nachhaltigkeit mit sich bringt. Nur innerhalb eines „dynamischen Gleichgewichts“ und bei einer optimierten Balance zwischen Resilienz und Effizienz wird eine größtmögliche Nachhaltigkeit erreicht. Es wird demnach impliziert, dass ein Gleichgewicht zwischen diesen Faktoren erforderlich ist, um ein hohes Maß an Nachhaltigkeit zu erreichen. Ein zu starker Fokus auf Effizienz kann zwar die ökonomische Leistung maximieren, jedoch die ökologische Nachhaltigkeit gefährden, wenn Ressourcen sehr intensiv genutzt werden. Sozial kann dies auch Druck auf Arbeitskräfte und Arbeitsbedingungen mit sich ziehen. Ein zu starker Fokus auf Resilienz dagegen kann zwar die ökologische Nachhaltigkeit durch Redundanzen und Puffer fördern, allerdings beeinträchtigt dies auch die ökonomische Nachhaltigkeit durch höhere Kosten für zusätzliche Ressourcen. So wird nicht nach einem Maximum an Effizienz, sondern nach einem optimalen Gleichgewicht zwischen den Anforderungen gesucht. Resilienz ist dabei im Optimum wichtiger (siehe Kurvenverlauf) als die Effizienz im Optimum (vgl. Kaz, 2016, S. 41ff.; Lietaer, 2010, S. 93). Weiter gefasst sind definierte Resilienzfähigkeiten und strukturelle Resilienzeigenschaften im Optimum wichtiger, da diese die Basis für langfristige Robustheit und Adaptivität in dynamischen und unsicheren Umwelten bilden, während Effizienz im

Optimum vor allem in Krisensituationen nicht ausreicht, um das Fortbestehen und die Aufrechterhaltung der organisatorischen Leistungsfähigkeit sicherzustellen. Dieses Verständnis gilt es unter Berücksichtigung von leistungs- und resilienzorientierten Kennzahlen in die Operationalisierungsanforderungen für das Resilienzmanagementsystem zu übertragen.

2.2 Darstellung der Forschungslücke

2.2.1 Vorgehensweise bei der strukturierten Literaturrecherche

Der aktuelle Forschungsstand zum Resilienzmanagement in Wertschöpfungsketten ist durch eine mehrstufige, strukturierte Literaturanalyse (SLA) bewertet und veröffentlicht worden (vgl. Schmidtke & Behrendt, 2023). Die SLA bietet eine umfassende und transparent durchgeführte Suche in einschlägigen wissenschaftlichen Datenbanken, sodass diese von anderen Forschenden repliziert werden kann. Die Datenbanken [Scopus](#) und [ScienceDirect](#) dienen als Primärquelle, da sie eine großflächige Abdeckung an relevanten Veröffentlichungen und Eignung im Kontext der Ingenieur- und Betriebswissenschaft (vgl. Mongeon & Paul-Hus, 2016, S. 218ff.) aufweisen. Hinsichtlich der Vorgehensweise ist ein etablierter, mehrstufiger Prozess zur Datenerfassung, -analyse und -bewertung von Duong & Chong (2020) adaptiert und in Tabelle 6 visualisiert. Dieses Vorgehen ist im Zuge der finalen Phase dieser Arbeit erneut angewendet worden und insbesondere für die Analysejahre 2022 bis 2024 erweitert worden. Gleichzeitig ist neben den aufgeführten Datenbanken ebenfalls [Semantic Scholar](#) genutzt worden, da es eine breite Abdeckung interdisziplinärer Forschung bietet und KI-gestützte Funktionen zur Relevanzbewertung von Literatur bereitstellt (vgl. Haupka, 2024, S. 367-371).

Tabelle 6: Vorgehen zur strukturierten Literaturanalyse inkl. Inklusions- und Exklusionskriterien (i.A.a. Duong & Chong, 2020; Hellmuth, 2022, S. 195)

Stufe	Arbeitsschritte	Inklusionskriterien		
1	Vorüberlegungen <ul style="list-style-type: none"> Definition der Forschungsfragen Forschungsfokus & Abgrenzung 	Dokumentenart	Suchbegriffe & -kombinationen	Forschungsgebiete
2	Datenbeschaffung <ul style="list-style-type: none"> Auswahl Datenbanken Definition von Suchbegriffen und -kombinationen Anwendung von Inklusions- und Exklusionskriterien 	<ul style="list-style-type: none"> Journal Paper Conference Paper Promotionen Whitepaper 	<ul style="list-style-type: none"> Resilience AND/OR Risk Management AND production / manufacturing / logistics / supply chain AND/OR management / strategy / technology / digitalisation ... In Englisch & Deutsch 	<ul style="list-style-type: none"> Ingenieur- und Technikwissenschaften Wirtschaftswissenschaften Decision Science Länderzugehörigkeit (Affiliation) Alle
3	Datenfilterung <ul style="list-style-type: none"> Ergänzung weiterer Datenbanken Verfeinerung von Schlüsselwörtern Ausschluss von nicht relevanten Publikationen und Bereichen 	Zugriff & Jahr		
4	Datenanalyse <ul style="list-style-type: none"> Synthese der verbleibenden Publikationen Kategorisierung Statistische Auswertung Schlüsselwort-Analyse 	<ul style="list-style-type: none"> Öffentlich 2010 – 2022 Update: 2022 – 2024 		
		Exklusionskriterien		
		Dokumentenart	Schlüsselwörter (am meisten verwendet)	Forschungsgebiete
		<ul style="list-style-type: none"> Presse & Zeitschriftenartikel Webseiten Kein Open Access 	<ul style="list-style-type: none"> Gesundheitswesen Landwirtschaft Katastrophen Bauwesen 	<ul style="list-style-type: none"> Sozialwissenschaft Medizin und Psychologie Materialwissenschaft Chemie

Stufen der strukturierten Literaturanalyse
Teile der bibliometrischen Literaturanalyse

Die erste Phase besteht in der Festlegung des Untersuchungsrahmens und der Definition einer zentralen Forschungsfrage für die SLA. Im Fokus steht die zentrale methodisch geprägte Forschungsfrage der Arbeit (vgl. Kap. 1.3):

- *Welche (integrativen) Methodiken, Vorgehensweisen oder Ansätze existieren, um die Resilienz von Unternehmen (auf Prozess- und Geschäftsmodellebene) durch digitale bzw. Technologielösungen zu stärken?*

Ergänzend dazu ist beabsichtigt worden, Erkenntnisse bzgl. weiterer Fragestellungen zu gewinnen, die zum einen grundlegend die Arbeit in der Problem- und Zielstellung motivieren und zum anderen als Perspektive den weiteren Forschungsrahmen der Arbeit setzen:

- *Warum besteht die Notwendigkeit zur Auslegung resilienter Prozesse und Strategien in den Unternehmen?*
- *Welche Gestaltungsoptionen zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz ergeben sich durch neue generative KI- und datengetriebene Lösungen?*
- *Welche Effekte können durch derartige Technologielösungen in Unternehmen bzgl. der unternehmerischen Resilienz wirksam werden?*

Die zweite Stufe besteht aus der Datenerfassung. Auf Basis der ausgewählten Schlüsselwörter und Suchstrings ist der Bestand der wissenschaftlichen Literatur nach relevanten Veröffentlichungen gefiltert worden. Dazu sind Ein- und Ausschlusskriterien definiert worden, um die Anzahl der Dokumente hinsichtlich ihrer Relevanz zu reduzieren. Bei der Bestandsaufnahme sind lediglich begutachtete, englisch- oder deutschsprachige und online verfügbare Veröffentlichungen sowie Veröffentlichungen ab 2010 berücksichtigt, um einen möglichst aktuellen Einblick in den wissenschaftlichen Diskurs zu erhalten. An dieser Stelle sind bereits Veröffentlichungen ausgeklammert, die aus außerfachlichen Wissenschaftsbereichen, wie z.B. Medizin, Neurowissenschaften, Sozialwissenschaften und Materialwissenschaften, entstammen.

Im dritten Schritt der Literaturanalyse sind die gewonnenen Daten (CSV-Datei-Export) gefiltert und die Datengrundlage iterativ verbessert worden. Zum einen sind weitere nicht relevante Forschungsbereiche ausgeklammert (z.B. Katastrophenmanagement, Energieinfrastrukturen, Landwirtschaft) als auch die Keyword-Analyse verfeinert worden. Die genannten Forschungsbereiche sind bewusst nicht von Beginn aus exkludiert worden, um an den interdisziplinären Grenzen zum Fokusbereich Produktion und Logistik mögliche zu adaptierende Vorgehensmodelle, Methoden oder Einflussanalysen recherchieren zu können (z.B. aus dem Umgang mit kritischen Infrastrukturen). In manueller Vorgehensweise werden zudem etablierte Datenbanken wie [ResearchGate](#), [Fraunhofer Publica](#) und [IEEE](#) adressiert und relevante, zugängliche Publikationen gesichtet.

Im abschließenden vierten Schritt der Literaturanalyse sind alle Dokumente nach Autor, Jahr, Titel und Schlüsselwörtern kategorisiert worden. Ergänzend ist jeder Publikation eine methodische Dokumentenart sowie der fokussierte Forschungsbereich zugeordnet worden. Im Hinblick auf die Dokumentenart bzw. des zugrundeliegenden methodischen Ansatzes sind nach dem Beispiel von Antons & Arlinghaus (2022, S. 4349ff.) Konzeptpapiere (ex-ante Betrachtungen), Modelle und Methoden, Simulationen und Experimente, Fallstudien (Use-Cases in Unternehmen, Länderstudien) sowie Reviews (ex-post Betrachtungen) unterschieden worden. Im

Kontext des Forschungsbereiches erfolgt eine Differenzierung zwischen dem Engineering (Fokus eher auf einzelne Prozesstechnologien und Entwicklungen), der Produktion (Manufacturing), Logistik (Supply Chain), dem Bereich Energie und Infrastrukturen sowie der Managementebene (Strategien und Geschäftsmodelle).

Erweitert wird die SLA durch Teile der bibliometrischen Auswertung nach dem Beispiel von Hellmuth (2022, S. 195), zum einen in Form einer einfachen Output-Analyse (Publikationen pro Jahr) und zum anderen durch eine Trend-Analyse (Keyword-Cluster Analyse). Da Autoren in der Regel nicht die gleichen Schlüsselwörter nutzen und oftmals auch Abweichungen zwischen Plural und Singular existieren, sind für einen aussagekräftigen Vergleich Schlüsselwörter zu Clustern zugeordnet und Meta-Schlüsselwörter abstrahiert worden. Durch die manuelle Sichtung aller Artikel wird die Möglichkeit geschaffen, die am häufigsten verwendeten Methoden und (Technologie-)Trends zu bestimmen und Schwerpunkte zu identifizieren, um die Relevanz der analysierten Artikel richtig einordnen zu können. Die detaillierte Keyword-Cluster-Analyse ist Schmidtke & Behrendt (2023, S. 268f.) zu entnehmen.

2.2.2 Kernergebnisse der strukturierten Literaturrecherche

In Summe sind nach Anwendung der definierten Suchkriterien und der Aktualisierungsschleife in der Finalisierungsphase der Arbeit über 450 Publikationen recherchiert worden, wohingegen im Verlauf der Datenfilterung der Bestand an relevanten Publikationen auf rund 200 Dokumente reduziert worden ist. Abbildung 8 zeigt, dass der wissenschaftliche Diskurs zum Themenfeld Resilienz in allen betrachteten Domänen seit Beginn der jüngsten Krisenereignisse im Jahr 2020+ (Pandemie, geopolitische Konflikte, Energiekrise) deutlich zugenommen hat (Abschlussdatum der Recherche: 12/2024). Zwar sind in der Vergangenheit auch bereits einschlägige Forschungsarbeiten durchgeführt worden, diese jedoch hauptsächlich im Bereich Logistik und Supply Chain Management. Ausprägungsformen der technischen Resilienz finden weitestgehend im Kontext von kritischen Infrastrukturen (Wasser, Strom, Energie) sowie im effektiven und kohärenten Katastrophenmanagement statt. Im Produktionsumfeld erfolgt die Auseinandersetzung mit der unternehmensspezifischen resilienten Wertschöpfungskette nur im geringen Umfang, meist in Zusammenhang mit dem Thema Risikomanagement (ISO 9001:2015). Die Publikationen der vergangenen zwei Jahre zeigen jedoch einen klareren Trend in Richtung einer stärkeren Integration von Resilienzstrategien in verschiedene industrielle und logistische Kontexte. Zentrale Themen sind die Nutzung von Technologien, wie z.B. KI und Methoden des Maschinellen Lernens (ML) (vgl. u.a. Mukherjee et al., 2022) sowie die Blockchain (vgl. u.a. Meafa et al., 2024), zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Lieferketten und Produktionssystemen. Auch die Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit gewinnt an Bedeutung (vgl. Gennari, 2024), insbesondere in Verbindung mit innovativen Fertigungsmethoden wie additiver Fertigung (vgl. Naghshineh & Carvalho, 2022). Insgesamt zeigt sich der zunehmende Bedarf zur Verknüpfung von technologischen Innovationen mit resilienten Strategien, die sowohl operative als auch strategische Mehrwerte für Unternehmen schaffen sollen.

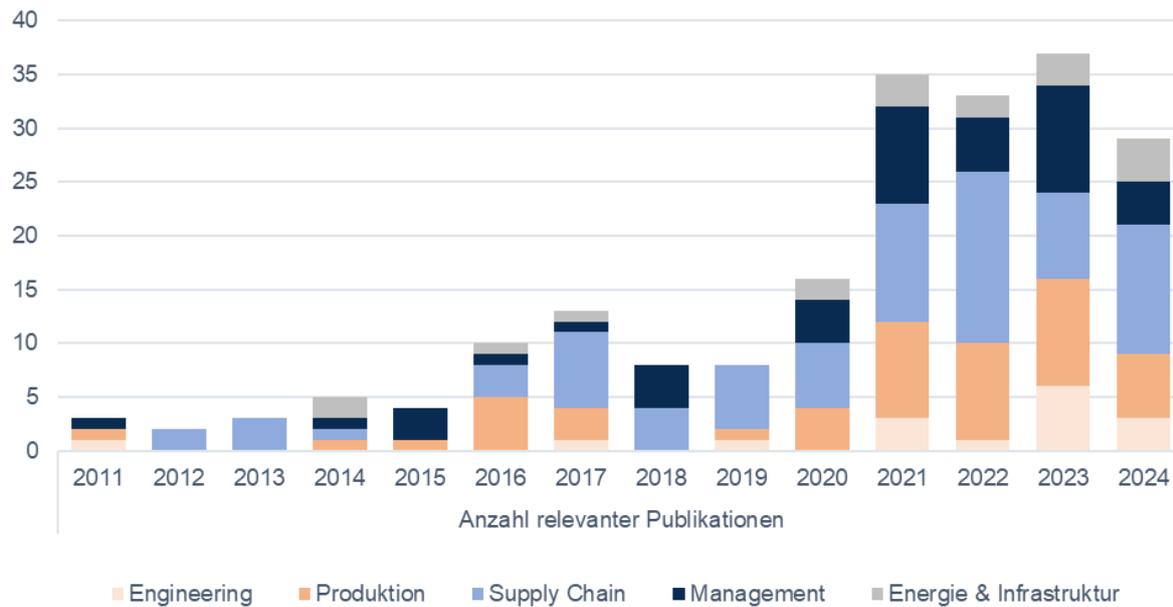


Abbildung 8: Strukturierte Literaturanalyse – Verteilung der analysierten Publikationen nach Forschungsbereich und Jahr

Im Hinblick auf die methodische Dokumentenart der relevanten Publikationsarbeiten kann festgestellt werden, dass sich rund 44% der vorliegenden Papiere mit länder- oder unternehmensspezifischen Fallstudien und Befragungen (quantitativ, qualitativ) auseinandersetzen. Rund 31% der Papiere bringen Modelle und Modelladaptionen in die Anwendung oder setzen Simulationsstudien um. Die verbleibenden 25% sind gekennzeichnet durch Positions- und Konzeptpapiere, die z.B. wirtschafts- und innovationspolitische Gestaltungsziele und -ansätze beschreiben oder auch grundlegend strukturierte Literaturanalysen zu spezifischen Forschungsthemen darstellen, z.B. zur Bedeutung von strategischer Resilienz in Unternehmen (vgl. Colberg, 2022). Colberg (2022, S. 12-13) stellt gleichermaßen fest, dass Forschungsarbeiten zur Resilienzfähigkeit von Unternehmen und Systemen einen Aufwärtstrend verzeichnen, die Veröffentlichungen oftmals in erster Linie aber einen ökologischen oder nachhaltigen Hintergrund fokussieren. Im Kontext der Positionspapiere sind vor allem Verbände und Vereine in unterschiedlichen Arbeitsgruppen zusammengekommen, um Herausforderungen und Lösungsbausteine zur Auslegung resilienter Produktions- und Logistiksystemen zu beschreiben und Handlungsempfehlungen an die Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zu formulieren (vgl. Plattform Industrie 4.0, 2022a; Kagermann et al., 2021; Kohl et al., 2021).

Um im Kontext der zentralen Fragestellung der Literaturanalyse Erkenntnisse zu bisher genutzten Modellen und Methoden sowie Simulationen und Experimente zu erlangen, ist eine Kategorisierung der Publikationen nach den entsprechenden Dokumentenarten und Forschungsbereichen in Abbildung 9 erarbeitet worden. Die Darstellung gibt einen Eindruck über die Verteilung der methodischen Ansätze in den Forschungsbereichen. In dieser tiefgehenden inhaltlichen Auseinandersetzung können weitere Rückschlüsse gezogen werden. Es kann konstatiert werden, dass eine Vielzahl an Forschungsarbeiten mit Blick auf die SARS-Covid-19 durchgeführt worden sind, hier primär als ex-post Betrachtungen im Kontext der Supply

Chain (vgl. u.a. Khan et al., 2023; Phillips et al., 2022). Grundsätzlich zeichnen sich alle Forschungsbereiche durch eine signifikante Verwendung von Fallstudien aus. Gründe zur Etablierung eines aktiven Resilienzmanagements sind dabei vielfältig. Es werden Herausforderungen wie z.B. extreme Nachfrageschwankungen, ungeahnte kritische Prozesse und Infrastrukturen, zunehmender Innovationsdruck und auch Liefer- und Produktionsausfälle genannt (vgl. u.a. Kohl et al., 2021, S. 7-9), die eine Notwendigkeit zur Auslegung resilienter Prozesse in den Unternehmen beschreiben. Die Gleichzeitigkeit hochdynamischer Ereignisse hat Schwachstellen in den Unternehmensprozessen offengelegt, in dem Zusammenhang aber auch Flexibilisierungspotentiale sichtbar gemacht. Im Bereich der Produktion, und im Zuge dieser Arbeit dem Bereich Engineering zugeordnet, steht oftmals die additive Fertigung im Fokus, die mobile oder dezentrale Fertigungskapazitäten in Bedarfsfällen bieten kann (vgl. u.a. Naghshineh & Carvalho, 2022). Insgesamt stehen überwiegend die operativen Prozesse im Fokus, d.h. ad hoc Lösungen für Ausfall- oder Wartungssituationen (vgl. u.a. Puchkova et al., 2020). Hier ist ein Defizit an strategischen Gestaltungsoptionen, vor allem im Hinblick auf neue Technologieinnovationen, festgestellt worden. Im Fokusbereich der Produktion lässt sich diese Situation insbesondere feststellen. Viele Ansätze und Modelle zielen auf die Beschreibung oder Förderung von Resilienz ab, stellen dabei jedoch einzelne Kenngrößen (z.B. Ausfallzeiten, Durchlaufzeiten) und das Verhalten bei Störungen im Produktionssystem in den Fokus.



Abbildung 9: Strukturierte Literaturanalyse – Verteilung der methodischen Dokumentenart nach Forschungsbereichen

Hinsichtlich der Operationalisierung von Resilienz ist in Alexopoulos (2022, S. 3) bereits ein Literature Review zu Quantifizierungsansätzen der Resilienz in Produktions- und Logistiksystemen unternommen worden. Bisherige Arbeiten fokussieren dabei einzelne produktionsbezogene Parameter oder setzen den Schwerpunkt auf die Lieferkette. Methodisch verfolgen z.B. Powell et al. (2021), Rajesh (2019) oder Gu et al. (2015) kennzahlenbasierte Ansätze, um systemische Resilienz auf unterschiedlichen Anwendungsebenen (Produktionsprozess, Produktionssystem, Infrastruktur) zu bewerten. Hier sollen primär Rückschlüsse auf Pufferkapazitäten, Systemkonfigurationen oder -fähigkeiten gezogen werden. Li & Zobel (2020) messen Resilienz durch die Schaffung eines neuen Indikators, der Resilienz in drei Dimensionen

(Robustheit, Wiederherstellungszeit, durchschnittliche Funktionalität) auf Basis von Netzwerkleistungen beschreibt. Pavlov et al. (2018) gehen ähnlich vor, der Fokus hier liegt ebenfalls auf der Analyse der Netzstruktur und die Identifizierung kritischer Lieferanten. Sambowo & Hidayatno (2021) beschreiben auf allen Ebenen der Unternehmensführung (Organisation, Finanzen, Strategie) Resilienzfaktoren und geben die Idee eines Resilience Index Developments, überführen diesen Ansatz aber in kein methodisches Framework. An dieser Stelle zeigt sich bereits die Unterrepräsentation zur Etablierung eines integrativen Bewertungsansatzes, welcher operative Kenngrößen mit strategisch ausgerichteten Messsystemen zusammenführt.

Die Literaturanalyse zeigt weiterhin, dass der Zusammenhang zwischen Resilienz und Digitalisierung im Hinblick auf technologieorientierte Gestaltungsmöglichkeiten in Unternehmen bisher kaum adressiert ist. Die Potentiale von generativer KI im Kontext eines Resilienzmanagements finden bisher keine Berücksichtigung. Es existieren zwar erste Untersuchungen, die vermuten lassen, dass bei ansteigender organisationaler Resilienz auch der Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsgrad eines Unternehmens zunimmt, diese Zusammenhänge gilt es allerdings weiter, insbesondere im Rahmen strategischer Planungen, zu untersuchen (vgl. Griese et al., 2018, S. 359). Auch Schocke (2020, S. 32) stellt in einer empirischen Studie fest, dass es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Resilienz und Digitalisierung in Unternehmen gibt, fokussiert hier allerdings das Thema Lieferkette und Partnerschaften in der Supply Chain ohne konkreten Technologiebezug.

In Reflektion der wissenschaftlichen Publikationen lassen sich an dieser Stelle bereits folgende Kernergebnisse festhalten. Eine ähnliche Agenda für Forschungsbedarfe ist auch bereits von Annarelli & Nonino (2016, S. 11) adressiert worden.

- I. Operationalisierung und Zusammenführung von operativer und organisationaler Resilienz: Es existiert ein Bedarf zur Umsetzung von praktikablen Indikatoren und Messsystemen, die nicht nur auf Effizienz, sondern auch die Resilienz von Unternehmen ausgelegt sind. Hierbei spielen sowohl qualitative als auch quantitative Kennzahlen sowie die zeitliche Dimension (Resilienzphasen) eine bedeutende Rolle.
- II. Strategische Ansätze und dynamische Fähigkeiten zur Förderung resilienter Organisationen und Unternehmen: Der Aufbau und die Förderung von dynamischen Fähigkeiten, wie sie in der strategischen Planung und Geschäftsausrichtung erforderlich sind, müssen vertieft untersucht werden. Dazu zählen Ansätze zur Förderung einer resilienzorientierten Prozess- und Kompetenzausrichtung und einer anpassungsfähigen Kapazitätsplanung.
- III. Resilienz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU): KMU stehen vor spezifischen Herausforderungen, wenn es darum geht, widerstandsfähige Strukturen und Prozesse aufzubauen. Weiterführende Forschungsarbeiten sollten die Möglichkeiten und Grenzen von Resilienzstrategien in KMU untersuchen, da diese häufig von Ressourcenbeschränkungen geprägt sind.
- IV. Einflüsse von datengetriebenen Technologielösungen auf organisationale Resilienz: Der Einsatz moderner Technologien wie KI-Lösungen und digitalen Zwillingen kann die Resilienz von Prozessen und Lieferketten signifikant steigern. Es muss untersucht werden, wie

digitale Lösungen nutzbringend eingeführt werden können, um Veränderungen in den Geschäftsabläufen als auch Frühwarnsysteme und präventive Maßnahmen zu fördern.

- V. Antizipative Mechanismen und Innovationen zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Unternehmensprozessen: Das Vorausschauen bzw. die Erwartung von zukünftigen Herausforderungen hilft dabei, Organisationen flexibler und anpassungsfähiger zu machen. Dies umfasst unter anderem den Einsatz von Szenarioanalysen und die Identifikation potentieller Risiken.

2.2.3 Bestehende Implementierungsansätze des Resilienzmanagements

Im Kontext der Literaturanalyse sind neben wissenschaftlichen Publikationen durch den Anspruch zur Entwicklung eines für Unternehmen praktikablen und anwendungsorientierten Ansatzes auch bestehende Implementierungsansätze des Resilienzmanagements recherchiert worden. Diese zeichnen sich in unterschiedlichen Weisen durch Produktisierungen bzw. breite Anwendungen in relevanten Netzwerken als auch standardisierte und strukturierte Modelle aus. In der Detailbetrachtung stehen allerdings oftmals andere Untersuchungsbereiche im Fokus, weiterhin existieren Limitationen und Einschränkungen vor dem Hintergrund der originären Zielstellung dieser Arbeit (vgl. Kap. 1.2). Im Folgenden werden bestehende Implementierungsansätze des Resilienzmanagement alphabetisch sortiert beschrieben und gegenübergestellt (vgl. Tabelle 7).

Das *Benchmark Resilience Tool* (BRT-53, vgl. Whitman et al., 2013) dient zur Krisenvorbeugung im Kontext Naturkatastrophen und schafft einen unternehmensübergreifenden Vergleich der Resilienz. Es umfasst 53 Fragen, die ein 13-skalgiges Profil der organisationalen Resilienz erstellen, basierend auf den drei Eckkomponenten „Führung und Kultur“, „Wandelbereitschaft“ und „Netzwerke“. Jede dieser Komponenten enthält praxisorientierte Unterthemen, die spezifische Anforderungen für hohe Resilienz beschreiben. Der Fragebogen bewertet die Zustimmung der Befragten zu Aussagen über diese Aspekte. Das Tool ermöglicht die Identifikation resilienzrelevanter Aspekte mit Fokus auf kritische Umweltfaktoren, ist in Summe jedoch sehr umfangreich und zugleich allgemein gehalten (vgl. Meissner, 2020, S. 18).

Das *BSI Organizational Resilience Framework* (vgl. BSI, 2021) ermöglicht es Unternehmen, Resilienz anhand von vier Kategorien, Führung, Mitarbeiter, Prozesse und Produkte, zu bewerten. Basierend auf Standards wie ISO 31000 und ISO 22301 (vgl. Tabelle 7) umfasst das Rahmenwerk 16 Elemente, die verschiedene Aspekte der Organisation abdecken. Unternehmen nutzen ein Online-Benchmarking-Tool, um ihre Leistung in diesen Bereichen einzuschätzen und im Vergleich zu über 1250 Organisationen zu bewerten. Die Ergebnisse werden in einem Spinnennetzdiagramm dargestellt, wobei Stärken und Schwächen identifiziert werden. Allerdings bietet das Rahmenwerk keine konkreten Handlungsempfehlungen oder Maßnahmen zur Verbesserung der Resilienz und dient als reiner Unternehmensvergleich.

Palzkill-Vorbeck (2018, S. 67ff.) befasst sich mit der Anpassung von Unternehmen an gesellschaftliche Umbrüche, insbesondere im Kontext von ökonomischen, sozialen und ökologischen Herausforderungen. Der methodische Kern der Arbeit liegt in der Entwicklung und

Anwendung des Konzepts der *Geschäftsmodell-Resilienz*. Dieser Ansatz bietet einen Orientierungsrahmen für Unternehmen, die strukturpolitisch in gesellschaftlichen Umbruchsituationen aktiv sind. Die Arbeit integriert sowohl betriebswirtschaftliche als auch gesellschaftliche Transformationsperspektiven und positioniert sich innerhalb der interpretativen, gesellschaftsorientierten Managementlehre.

Die *Business Impact Analysis* ist ein vielfach genutztes Instrument im Rahmen des *BCM* (vgl. Kapitel 2.1.2, Romeike, 2018, S. 104ff.). Ihr Hauptzweck ist es, die potentiellen Auswirkungen von Unterbrechungen auf die Geschäftsprozesse eines Unternehmens zu identifizieren und zu bewerten. Dabei liegt der Fokus auf der Ermittlung kritischer Geschäftsprozesse und der erforderlichen Ressourcen für deren Aufrechterhaltung. Diese Analyseergebnisse helfen Unternehmen, Prioritäten für Notfallpläne und Wiederherstellungsstrategien zu setzen.

Das *EFQMplusR-Modell* erweitert das EFQM-Modell (vgl. EFQM, 2021), ein weltweit anerkanntes Qualitätsmanagementsystem, um die Resilienz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zu stärken (vgl. Flüter-Hoffmann et al., 2018, S. 10ff.). Es ist Teil des Resilienzkompass, einem Leitfaden, der Maßnahmen zur Resilienzförderung wie Workshops und Anleitungen vorstellt. Das Modell umfasst einen 40-Fragen-Katalog zur Selbstbewertung und Auswertung, um den Status quo sowie Stärken und Schwächen eines Unternehmens zu analysieren. Die Fragen werden von Führungskräften bewertet und die Ergebnisse in einer Matrix dargestellt, um Handlungsbedarfe abzuleiten. Im Fokus steht hier allerdings die Förderung einer resilienzorientierten Unternehmenskultur und Führungskompetenz, im Zusammenhang auch mit individueller Resilienz. Die visuelle Darstellung der Ergebnisse und die Möglichkeit zur Kombination mit anderen Methoden sind Vorteile der Methodik.

Das *ICOR Organizational Resilience Framework* (vgl. ICOR, 2016) zielt darauf ab, die Resilienz von Organisationen durch die Integration von zwölf Managementdisziplinen wie Risikomanagement, Informationssicherheit, Recht, Personalmanagement, Lieferantenmanagement u.w. zu stärken. Die Methode umfasst die systematische Analyse dieser Bereiche und die Implementierung von Maßnahmen zur Resilienzerhöhung in Organisationen. Das Framework nutzt umfangreiche Datensätze zum Benchmarking und hilft Unternehmen, resilienzrelevante Aspekte zu identifizieren und zu stärken. Zwar offeriert das Rahmenmodell umfassende Betrachtungen und detaillierte Analysen, die Handhabung wird allerdings deutlich durch die hohe Komplexität und den Integrationsbedarf aller Disziplinen erschwert.

Der *Resilienzcheck* (vgl. Pedell & Seidenschwarz, 2011) ist ein systematisches Analyseraster, welches zu Beginn der Einführung eines Resilienzmanagements durchgeführt wird und auf fünf Handlungsfeldern basiert. Die Unternehmensführung führt den Check durch, unterstützt von einem funktionsübergreifenden Team, welches resilienzkritische Bereiche überprüft und Maßnahmen ableitet. Ziel ist es, schwächere Bereiche zu identifizieren und Kompetenzen zu verbessern sowie Mindeststandards für kritische Abläufe zu implementieren. Der Resilienzcheck umfasst individuell erweiterbare Leitfragen und fokussiert sich auf die Unternehmensführung. Obwohl das Modell kritische Bereiche und Prozesse sichtbar macht, bietet es keine

standardisierte Vorgehensweise zur Ableitung von Maßnahmen oder Handlungsempfehlungen, die individuell vom Unternehmen entwickelt werden müssen.

Das Organizational Resilience Framework oder auch *Resilience as a Process* Modell von Duchek (2020, S. 223) beschreibt ein Konzept, um Resilienz von Organisationen zu stärken, indem es Resilienz als Meta-Fähigkeit versteht. Das Modell beschreibt einen prozessorientierten Ansatz, der in die Phasen Antizipation, Bewältigung und Anpassung unterteilt ist. Jede Phase ist mit spezifischen Fähigkeiten verbunden, die zur effektiven Handhabung von Krisen und zur langfristigen Anpassung erforderlich sind. Das Modell basiert auf einer Analyse bestehender Forschung und integriert Erkenntnisse aus verschiedenen Disziplinen wie Krisenmanagement und Innovationsmanagement. Ein zentrales Merkmal ist die Hervorhebung der Beziehungen und Interaktionen zwischen den Resilienzphasen (vgl. Abbildung 6), was eine detaillierte Bewertung der organisatorischen Stärken und Schwächen ermöglicht. Das Modell dient als Grundlage für theoretische und praktische Anwendungen, bedarf allerdings einer empirischen Validierung, um eine allgemeine Anwendbarkeit zu bestätigen.

Im *Resilience Engineering* greifen Thoma et al. (2016) die Herausforderung auf, das Verständnis durch die praktische Anwendung von Modellen in der Bewältigung unerwarteter oder beispielloser Ereignisse in komplexen Systemen zu verbessern. Die Autoren betonen die Wichtigkeit von Resilience Engineering für die Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit von kritischen Infrastrukturen und komplexen Systemen. Methodisch werden konzeptionelle Rahmenbedingungen (wie z.B. das zugrundeliegende Modell in Abbildung 6) diskutiert und dessen Anwendung in verschiedenen Bereichen beleuchtet. Die Ergebnisse zeigen, dass Resilience Engineering ein ganzheitliches Konzept ist, welches sich nicht nur auf technische Aspekte konzentriert, sondern auch menschliche Faktoren berücksichtigt. Im Fokus stehen allerdings kritische Infrastrukturen, insbesondere IT-Sicherheitssysteme.

Das Projekt *Spaicer* (vgl. Unterberg et al., 2020) entwickelt KI-basierte smarte Resilienz-Services (SRS) auf einer digitalen Plattform, um Bedienern Handlungsempfehlungen zur Antizipation und Reaktion auf Störungen in Produktionsprozessen zu bieten. Das *Benchmarking* umfasst sechs Kategorien: Produktion, Produkte, Digitalisierung, Lieferung, Lagerung und Finanzen, aus denen mehrere Leistungskennzahlen berechnet werden, um die Resilienz eines Unternehmens zu bewerten und Verbesserungspotentiale zu erkennen. Unternehmen schätzen sich selbst in diesen Kategorien ein, wobei die Kennzahlen automatisch berechnet und in Spinnennetz- und Balkendiagrammen zusammengeführt werden. Ein Overall Index bildet das arithmetische Mittel der Kennzahlen und zeigt unterschiedliche Resilienzgrade an. Das Projekt setzt ein Plattformkonzept um, welches sich an den Leitlinien von GAIA-X, einer europäischen Initiative zur Schaffung von sicheren, föderierten Dateninfrastrukturen (vgl. Plattform I4.0, 2022b, S. 11), orientiert. Erste SRS-Prototypen zeigen, wie eine KI-basierte Verschleißprognose beim industriellen Feinschneiden sowie der Glasproduktion ermöglicht wird, und stellen damit einzelne Prozesse auf der operativen Ebene in den Fokus.

Tabelle 7: Gegenüberstellung ausgewählter Implementierungsansätze des Resilienzmanagements

(vgl. BSI, 2021; Duchek, 2020; Untenberg et al., 2020; Flüter-Hoffmann et al., 2018; Palzkill-Vorbeck, 2018; Romeike, 2018; ICOR, 2016; Whitman et al., 2013; Thoma et al., 2016; Pedell & Seidenschwanz, 2011)

<i>Name</i>	<i>Einsatzzweck</i>	<i>Methodischer Kern</i>	<i>Ergebnisdarstellung</i>	<i>Limitationen</i>
<i>Benchmark Resilience Tool</i> (Whitman et al., 2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleich der Resilienz verschiedener Unternehmen • Krisenvorbeugung, insb. im Kontext Naturkatastrophen 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragebogen mit 53 Fragen, basierend auf den drei Eckkomponenten „Führung und Kultur“, „Wandelbereitschaft“ und „Netzwerke“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines 13-skaligen Profils der organisationalen Resilienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Im Mittelpunkt stehen kritische Umweltfaktoren • In Summe allerdings sehr umfangreich und zugleich allgemein gehalten
<i>BSI Organizational Resilience Index</i> (BSI, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Standardisierte Bewertung der Resilienz von Unternehmen im Vergleich zu über 1.000 Organisationen in den Leistungskategorien Führung, Mitarbeitende, Produkte und Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> • Indexermittlung auf Basis der Einschätzung von sechzehn Elementen (in vier Kategorien) auf einer Bewertungsskala von sehr schwach bis herausragend 	<ul style="list-style-type: none"> • Report und Darstellung der organisationalen Resilienz im Vergleich • Grafische Auswertung in Form eines Spinnennetzdiagramms 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnelle Positionsbestimmung durch reine Selbsteinschätzung • Lediglich Hervorhebung der unternehmensinternen Stärken und Schwächen, ohne Maßnahmenableitung
<i>Business Model Resilience</i> (Palzkill-Vorbeck, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Strategisches Verständnis von Unternehmen in Umbruchprozessen 	<ul style="list-style-type: none"> • Umfangreiche sozialwissenschaftliche Analysen zur Auswirkung gesellschaftlicher Umbrüche auf Geschäftsmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Übertragung der vier Resilienz-Dimensionen Gefährdung, Empfindlichkeit, Lernfähigkeit und produktive Abhängigkeit auf Geschäftsmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Fokussierung auf Unternehmen, die sich strukturell-politisch in gesellschaftlichen Umbruchsituationen befinden
<i>Business Impact Analysis</i> (Romeike, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation von kritischen Geschäftsprozessen im Unternehmen bzw. Störungen, die sich auf die Geschäftsprozesse auswirken 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse von Prozessabhängigkeiten auf Basis von Datenerhebungen, Interviews und Risikobewertungen • Parameterbestimmung: Max. tolerierbare Ausfallzeit, Wiederanlaufzeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertete Kritikalität von Geschäftsprozessen und notwendigen Ressourcen für den Notbetrieb • Prioritätenliste 	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Fokussierung auf einzelne Prozesse, Prozessausfälle und Notbetrieb • Starke Abhängigkeit von Genauigkeit und Aktualität gesammelter Daten
<i>EFQMplusR-Modell (Teil des Resilienzkompass)</i> (Flüter-Hoffmann et al., 2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung des klassischen EFQM-Modells zur systematischen Erfassung von Resilienzfaktoren • Stärkung der organisationalen und individuellen Resilienz im Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • 40-Fragen-Katalog zur Bewertung von Befähiger (Führung, Strategie, Mitarbeitende, Partnerschaften & Ressourcen, Prozesse, Produkte & Dienstleistungen) und Ergebnis-Kriterien (auf einer Skala von 1-10) 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenführung der beantworteten Fragebögen in mittelwertbasierter Matrix (Fokus: Stärken, Chancen) • Darstellung von resilienzfördernden Maßnahmen mit Fokus auf Workshops, Anleitungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Individuelle und organisationale Resilienz im Fokus, insb. im Kontext Unternehmenskultur und Führungskompetenz • Methodenausrichtung vorrangig für KMU

2 Wissenschaftstheoretische Grundlagen

<p><i>ICOR Organizational Resilience Framework</i> (ICOR, 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Stärkung der organisationalen Resilienz durch systematische Ansätze 	<ul style="list-style-type: none"> • Integriertes Management von 12 Disziplinen (u.a. Risikomanagement, Informationssicherheit, Recht, HR Management, u.w.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikation und Stärkung resilienzrelevanter Aspekte • Nutzung großer Datensätze zum Benchmarking 	<ul style="list-style-type: none"> • Sehr umfangreiche und komplexe Zusammenführung • Integration aller Disziplinen erforderlich
<p><i>Resilienzcheck</i> (Pedell & Seiden-schwanz, 2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Systematisches Analyse-raster zur Einführung eines Resilienzmanagements in Unternehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitfragen zu fünf Handlungsfeldern (inkl. notwendiger individueller Erweiterung der Fragen) zur Beantwortung in einem funktions-übergreifenden Team 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung resilienzkritischer Bereiche und Prozesse zur Ableitung eines Umsetzungsprogramms zur Steigerung der organisationalen Resilienz 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspirationsrahmen zur individuellen Weiterentwicklung • Ohne konkretisierte Verknüpfung mit Handlungsempfehlungen
<p>„<i>Resilience as a Process</i>“ (Duchek, 2020)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konzeptualisierung von Resilienz als Meta-Fähigkeit zur Bewältigung von Krisen und Förderung langfristiger Widerstandsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Prozessbasierte Unterteilung in die Phasen Antizipation, Bewältigung und Anpassung mit den jeweiligen Fähigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturierte Darstellung eines konzeptionellen Modells, das die Interaktionen und Beziehungen zwischen den Phasen der Resilienz beschreibt 	<ul style="list-style-type: none"> • Modell ist theoretisch fundiert, erfordert aber empirische Validierung • Praktische Anwendung kann durch die Komplexität der Phasen herausfordernd sein
<p><i>Resilience Engineering</i> (Thoma et al., 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von kritischen Infrastrukturen und komplexen Systemen gegenüber Störungen und Krisen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ansätze des Resilience Engineering in Form eines Phasenmodells: Prepare, Prevent, Protect, Respond, Recover • Integration ingenieurwissenschaftlicher Methoden zur Aufrechterhaltung von Systemfunktionalitäten und schneller Erholung nach Störungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Schaffung generischer Fähigkeiten und technologischer Lösungsoptionen zur Steigerung der Resilienzfähigkeit in den fünf Resilienzphasen 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifizierter Forschungsbedarf zur Quantifizierung und Modellierung von Resilienz • Fokus auf kritische Infrastrukturen, insb. Sicherheitssysteme • Kein konkreter Bezug zu potentiellen Risiken oder Szenarien
<p><i>Spaicer Resilience Benchmarking</i> (Untenberg et al., 2020)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung der Resilienz eines Unternehmens oder Geschäftsbereichs zur Verbesserung der Antizipation und Reaktionsfähigkeit • Bettet sich in Gesamtzielstellung ein, KI-basierte Resilienz-Services auf einer digitalen Plattform bereitzustellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Indexermittlung in sechs Kategorien (Produktion, Produkte, Digitalisierung, Lieferung, Lagerung, Finanzen) auf Basis von standardisierten Kategorie-KPI (niedrige bis höchste Ausprägung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgabe eines Overall Index (als arithmetisches Mittel der Kategorie-KPI) und Darstellung der unterschiedlichen Resilienzgrade in Spinnennetz- und Balkendiagrammen • Ableitung möglicher Verbesserungspotentiale 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Methode auf Basis einer Selbsteinschätzung, jedoch in der Bewertung ausschließlich auf die Kategorie-KPI zugeschnitten • Erste Lösungen adressieren einzelne Prozesse (Fertigung, Prozessindustrie) auf operativer Ebene

2.2.4 Ableitung von Forschungsbedarfen und -potentialen

Basierend auf den Erkenntnissen der Literaturanalyse wird deutlich, dass sich das Thema Resilienz im Bereich der Betriebswirtschaftslehre vom beginnenden Risikomanagement, über das prozessfokussierte *Business Continuity Management*, dem Unternehmen ganzheitlich auch mit Fokus auf die Geschäftsmodelle zuwendet (vgl. auch Radic et al., 2022, S. 26). Aktuell gibt es noch kein vereinheitlichtes Rahmenmodell, welches einen Überblick über die Entwicklung und Verortung resilienzfördernder Geschäftsmodelle gibt. Zum aktuellen Forschungsstand besteht der Bedarf an einer durchgängig methodischen Unterstützung, um Resilienzpotentiale verknüpft auf der Management- und Prozessebene zu identifizieren, eine systematische Auswahl geeigneter Gestaltungsmöglichkeiten vorzuschlagen und spezifische Strategien je nach Unternehmenssituation zu ermöglichen. Es ist festgestellt worden, dass der Zusammenhang zwischen Resilienz und Digitalisierung im Hinblick auf technologieorientierte Gestaltungsoptionen in den Unternehmen bisher kaum adressiert ist (vgl. Kap. 2.2.2). In Betrachtung der systemtechnischen und digitalen Umsetzung birgt zum aktuellen Stand die Bewertung von unternehmerischer Resilienz als auch der Blick auf die Resilienz von digital erweiterten Geschäftsmodellen großes Forschungspotential (vgl. Abbildung 10). Beispielhaft sind hier folgende Trends und Technologien zu nennen, die vor allem für produzierende Unternehmen eine bedeutende Rolle einnehmen: Flexible und modulare Produktionssysteme und -architekturen, KI-basierte und simulationsbasierte Ansätze, Nutzung von generativen KI-Modellen, Maschinenüberwachung und Verknüpfung von Datenquellen oder auch die Integration der Blockchaintechologie im Kontext von Smart Contracts (vgl. FhG, 2024, S. 2-3; Gürpınar et al., 2022; Röhe, 2022, S. 61; Lünsch et al., 2022; Plattform I4.0, 2022a und 2022b; Rauch et al., 2021, S. 6-9 ; Endres et al., 2015; S. 29-30; siehe auch Ergebnisse der Unternehmensbefragung in Kap. 3.1).

Der Einsatz generativer KI im Resilienzmanagement weist ebenfalls erheblichen Forschungsbedarf auf und wird hier in den Fokus gerückt, da diese Technologie neue Optionen bietet, die über die bisherigen herkömmlichen Ansätze hinausgehen. Generative KI kann durch die Analyse großer Datenmengen alternative Szenarien simulieren, Handlungsempfehlungen in Echtzeit erstellen und adaptive Lösungen vorschlagen, sodass Einsatzpotentiale sowohl für Prozess- als auch Managementebene (vgl. Pfeil in Abbildung 10) angenommen werden. Es besteht Forschungsbedarf in den Gestaltungsoptionen zur Steigerung der unternehmerischen Resilienzfähigkeit durch den Einsatz generativer KI, bzgl. der wirksamen Umsetzung, des Datenmanagements als auch der Integration in bestehende Geschäftsprozesse.

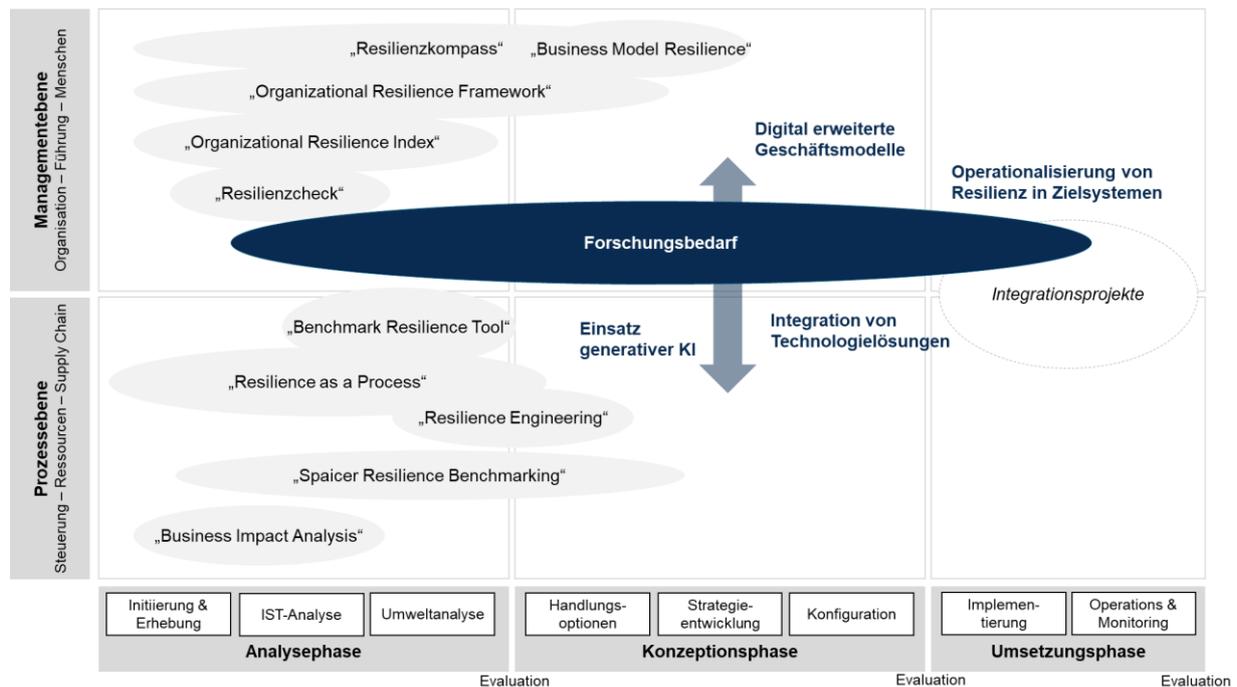


Abbildung 10: Abgeleiteter Forschungsbedarf in Zusammenführung bestehender Ansätze und Modelle (benannte Methodenansätze vgl. Kap. 2.1.2; 2.2.3)

Bestehende Modelle helfen dem Management bereits heute, Strategien durch risikobasierte Bewertungen und definierte Handlungsfelder zu gestalten, umzusetzen und zu optimieren (z.B. ISO 22316). Die Fokusbetrachtung liegt zumeist auf der Analysephase als Fundament zur Evaluation von passfähigen Strategien und deren Implementierung. Hier agieren die bestehenden Modelle überwiegend auf qualitativer (Befragungs-) Ebene oder stark zugeschnitten auf quantitativer (Prozess-) Ebene (Wiederherstellungszeiten, Ausfallzeiten, u.Ä.), sodass Anforderungen für Operationen und anknüpfend auch das Monitoring im Sinne einer phasenübergreifenden Operationalisierung kaum Berücksichtigung finden. Hier greift die vorliegende Arbeit Anforderungen zur Quantifizierung an die Managementsysteme auf, die bei Technologieintegrationen zu berücksichtigen sind. In komplexen Wertschöpfungsnetzwerken besteht der Bedarf nach Ansätzen, die Resilienz stärker in Strategien und Geschäftsmodelle einbeziehen, anstatt dies lediglich flankierend zu berücksichtigen. Methoden müssen sowohl die Dynamik entlang der gesamten Wertschöpfungskette als auch die wechselseitigen Abhängigkeiten der Interventionsebenen (vgl. Tabelle 1) berücksichtigen. Dadurch werden Zielkonflikte, wie z.B. zwischen JIT-Zustellungen und Bestandsbildung, dokumentierbar und bewertbar. Das Strategiedefizit hinsichtlich des gemeinsamen Zielsystems und dessen Kommunikation löst sich auf (vgl. Kohl et al., 2021, S. 32). Derartige Integrationsmodelle (vgl. Kap. 1.2) versetzen Unternehmen in die Lage, neben der starken Prozess- bzw. Produktorientierung auch die Kundenperspektive (im Sinne des Geschäftsmodells) im Blick zu behalten. Hier werden die Interdependenzen zwischen den unterschiedlichen Unternehmensebenen betrachtet und analysiert: Die Prozess- und Steuerungsebene, die Geschäftsmodellebene sowie unternehmens- bzw. werksgrenzenübergreifend die Lieferkette (vgl. Behrendt et al., 2023, S. 13). Abbildung 11 skizziert die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Ebenen und gibt einen

Eindruck über die stattfindenden Wechselwirkungen (in Anlehnung an die Automatisierungspyramide, vgl. Meudt et al., 2017, S. 6).

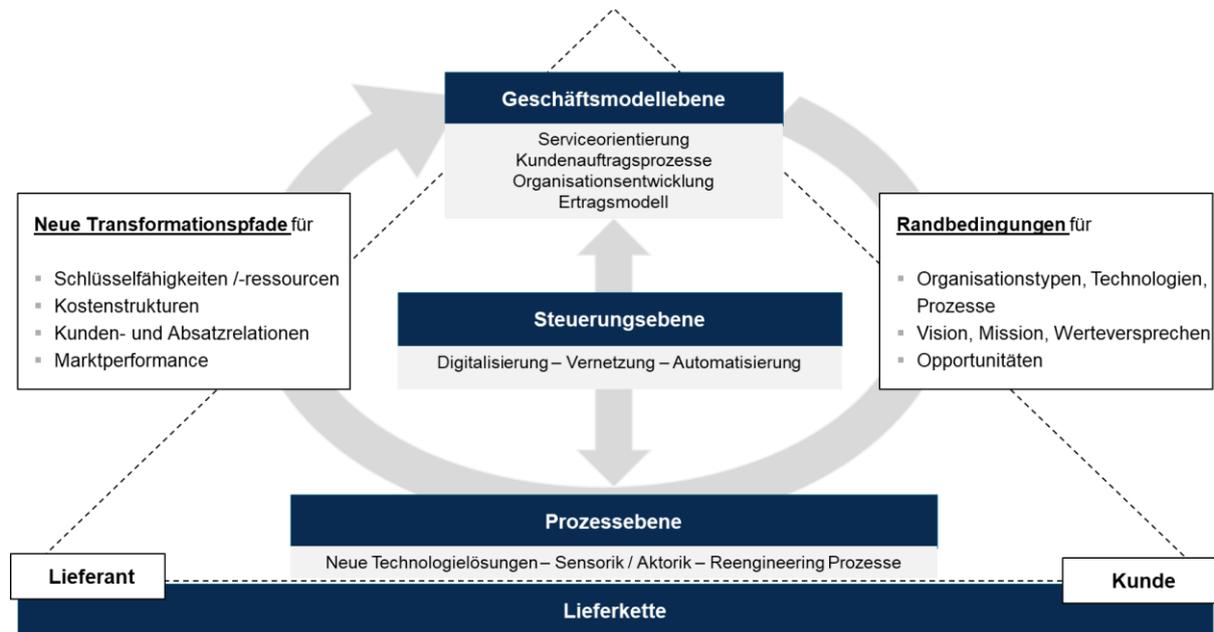


Abbildung 11: Interdependenzen zwischen Prozess- und Geschäftsmodellebene

Eine ganzheitliche Betrachtungsweise der Geschäftsmodellebene in Zusammenhang mit der Prozess- und Steuerungsebene sowie der Lieferkette schafft für Unternehmen die Basis einer resilienten Auslegung, z.B. durch die Adressierung neuer Einnahmequellen und Absatzmärkte, die alternative Gestaltung von Prozessketten und die Ausweitung des Produktportfolios, z.B. durch digitale Dienstleistungsangebote und somit neue Schlüsselaktivitäten. Im Gegenzug wird durch das Geschäftsmodell der Rahmen für das Ertragsmodell sowie die wertschöpfenden Tätigkeiten geschaffen, vor allem geprägt durch den Organisationstyp (Produktionsform, Netzwerkorganisation, u.Ä.) als auch die mit dem Unternehmen verbundene Vision, Mission und Wertversprechen. Die Nutzung von Daten und Technologien spielt dabei eine erhebliche Rolle in der Ausrichtung des Geschäftsmodells (vgl. Cimini et al., 2017, S. 120). Es müssen nicht nur interne, sondern auch externe Informationen zu relevanten Störfaktoren wie z.B. Logistikausfälle, Wittereinschränkungen oder politische Ereignisse berücksichtigt werden, um kritische Unternehmensprozesse wie Auftragseingänge, Lieferantenbewertung oder Verfügbarkeit von Rohstoffen bewerten zu können. Gleichzeitig kann durch die Integration von modellbasierten Simulationskomponenten die Möglichkeit zur Beurteilung verschiedener Szenarien für das gesamte Prozessgefüge und zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit, vor allem der unternehmerischen Liquidität, gegeben werden. Dieser Aspekt der Beleuchtung der Wechselwirkungen wird im Methodenteil der Arbeit (vgl. Kap. 3.5.1) detailliert ausgeführt.

2.3 Resilienz im Unternehmenskontext

Der Untersuchungsfokus dieser Arbeit liegt im Kontext der organisationalen oder auch *unternehmerischen Resilienz*. Diese lässt sich wie in Kap. 1.1 und 2.1.1 beschrieben als Befähigung eines Unternehmens definieren, widerstandsfähig gegenüber unvorhergesehenen Ereignissen zu sein. Diese können derart einschneidend sein, dass sie das Unternehmen in seiner Existenz gefährden und einen Zusammenbruch zur Folge haben können. Resilienz führt jedoch auch dazu, dass aus der Widerstandskraft gegen einflussreiche Veränderungen und Bedrohungen Kompetenzen aufgebaut werden können, welche zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens führen (vgl. Pedell & Seidenschwarz, 2011, S. 152ff.). Fortan wird im Kontext dieser Arbeit von unternehmerischer Resilienz gesprochen.

Die Betrachtung der Resilienz auf verschiedenen Ebenen spielt eine entscheidende Rolle in der heutigen komplexen und dynamischen Welt. In der Wirtschaft wird nach Herleitung in Kapitel 2.1.1 zwischen der *adaptiven* und *inhärenten Resilienz* als entsprechende Schlüsselmerkmale unterschieden. Die adaptive Resilienz beschreibt die Fähigkeit auf ungeplante und einschneidende Ereignisse wie geopolitische Konflikte, Pandemien und damit einhergehende beträchtliche Nachfrageänderungen durch gezielte Maßnahmen, Prozessanpassungen oder Technologieimplementierungen aktiv zu reagieren (Resilienzfähigkeiten). Die inhärente Resilienz dagegen definiert die Eigenschaft einer Organisation, von Natur aus gegenüber Störungen oder Stressoren widerstandsfähig zu sein, ohne dass erhebliche Anpassungen notwendig sind (vgl. Biedermann, 2018, S. 46). Dies kann z.B. durch die Verschiebung von Ressourcen in Unternehmen ohne die Anpassung der Grundstrukturen gelingen (Resilienzeigenschaften). Resiliente Unternehmen müssen daher über proaktive Fähigkeiten im Sinne von Resilienzpotentialen und reaktive Fähigkeiten im Sinne einer Resilienzrealisierung verfügen (vgl. Duckek, 2020, S. 238).

Das Heben von Resilienzpotentialen vom Produkt bis zum vernetzten Wertschöpfungssystem findet weiterhin auf unterschiedlichen Interventionsebenen statt (vgl. Kohl et al., 2021, S. 14). Es müssen Dimensionen wie das Marktgeschehen, Partner- und Mitarbeiterstrukturen mit den konkreten Produkten, Dienstleistungen, Wertschöpfungsprozessen sowie deren genutzten Ressourcen und Infrastrukturen in Einklang gebracht werden. Röhe (2022, S. 14-15) leitet in diesem Zusammenhang folgende Kernforderungen an die unternehmerische Resilienz ab, die im Kontext dieser Arbeit aufgegriffen, diskutiert und mit entsprechenden Methoden und Maßnahmen hinterlegt werden:

- Unternehmerische Resilienz muss als zentraler Baustein der Unternehmensstrategie zur Entwicklung von lernfähigen Unternehmen berücksichtigt werden (vgl. Kap. 2.3.5)
- Unternehmen müssen alle wesentlichen unternehmensinternen, -externen und systemischen Einflussfaktoren im Blick behalten und darauf reagieren können (vgl. Kap. 2.3.2)
- Unternehmerische Resilienz muss mess- und berechenbar im Sinne von kalkulierbar bzw. zahlenbasiert sein (vgl. Kap. 2.3.3)

- Unternehmerische Resilienz muss mithilfe von IT-gestützten Maßnahmen umsetzbar und steuerbar sein (vgl. Kap. 2.3.4 und 2.3.7)

Im Folgenden wird zunächst ein Verständnis zu den Grundelementen eines Wertschöpfungs-systems auf der Prozess- und Steuerungsebene gegeben als auch eine differenzierte Unterscheidung nach endogenen und exogenen Faktoren zur Beeinflussung der unternehmerischen Resilienz.

2.3.1 Resilienz auf System-, Prozess-, Objekt- und Infrastrukturebene

Am Beispiel des Denkmodells der Logistik (vgl. Trojahn et al., 2022, S. 36ff.; Illés et al., 2007, S. 3ff.) sowie dessen Unterteilung nach System-, Prozess-, Objekt- und die Erweiterung um die technische Infrastruktursicht (S-P-O-I) wird veranschaulicht, welche Aspekte berücksichtigt werden müssen, um Beschreibungsstandards und Referenzlösungen zu schaffen und diese für unterschiedliche Anwendungen zu nutzen. Im Kern werden starre Denkweisen durch eine intelligente Vernetzung und Integration überwunden, wodurch Aktionsbereiche entstehen, die bedarfsgerecht auf Anforderungen und Zustände reagieren, sich selbst und die Umwelt wahrnehmen und daraus Handlungsempfehlungen ableiten (vgl. Schmidtke et al., 2019, S. 8-10).

Die Prozesssicht definiert die elementaren, kombinierten und integrierten Geschäftsprozess-, Materialfluss-, Informationsfluss-, Finanzfluss- und auch Energieflussoperationen. Klassisch lassen sich Prozesse an Best-Practices anlehnen (Benchmarking), neu definieren (Business Process Reengineering), bekannte Musterprozesse anwenden (JIT, JIS, Kanban) und bestehende Prozesse verbessern (Lean Management, Kaizen, TQM) (vgl. Glistau & Machado, 2019, S. 50). Die Integration von Resilienz in Prozessabläufe trägt dazu bei, Engpässe und Schwachstellen zu identifizieren und diese proaktiv zu beheben. Auf der Systemebene erfolgt die Umsetzung der Prozesse als Mensch-, Technik-, Organisationssystem. Dabei ist festzulegen, wie der Mensch und mit welcher technischen Unterstützung (teilweise, vollständig) die Prozesse realisiert werden. Dies bringt eine Reihe von organisatorischen und technologischen Herausforderungen mit sich, die mit konkreten Lösungen in Bezug auf Management-Fragestellungen begegnet werden muss. Dabei bilden flexible, wandelbare und hoch verfügbare Wertschöpfungssysteme die Grundlage für eine erfolgreiche Bewältigung dieser Herausforderungen und somit für eine stabile Betriebswirtschaft (vgl. Borgmann & Henke, 2023). Die Resilienzbeurteilung auf Objektebene beschreibt die Fähigkeit einzelner Ressourcen oder Komponenten, Störfälle oder Events frühzeitig zu erkennen, zu widerstehen und ihre Funktionen aufrechtzuerhalten. Im Fokus steht die Identifikation von kritischen Objekten (Materialien, Baugruppen, Verpackungen, Behälter, Ladungsträger, u.Ä.), die für den reibungslosen Ablauf eines Systems oder einer Organisation besonders wichtig sind. Erweitert wird die Perspektive durch die Formulierung von Anforderungen an die Infrastruktur und die zielgerichtete Nutzung der Möglichkeiten der Infrastruktur (vgl. Göpfert, 2016, S. 320). Neben der volkswirtschaftlichen Definition umfasst die Infrastruktur explizit die Bereiche Verkehr, Energie, Medien und universelle Technik. Eine widerstandsfähige Infrastruktur, konkret z.B. die Informations- und Kommunikationsinfrastruktur (IKT), die Wasserversorgung oder das Transportnetz, stärkt die

Wettbewerbsfähigkeit und Sicherheit der Unternehmen als wesentliche Faktoren für wirtschaftliches Wachstum und Stabilität. Integrationsplattformen können hier zweckmäßige Technologielösungen in einem wirkungsvollen Zusammenspiel zusammenbringen. Diese Sichtweise geht über die bisher übliche klassische Systembetrachtung hinaus. In der in Kapitel 2.3.4 dargestellten Abbildung 13 wird diese Sichtweise mit den Entwicklungsstufen der digitalen Transformation zusammengeführt und ein Beispiel für Ausprägungsformen in den unterschiedlichen Gestaltungsebenen gegeben.

2.3.2 Resilienz auf Ebene der Einflussfaktoren (Analyse)

Unternehmen müssen sich an verändernde Umstände anpassen, Krisen bewältigen, sich neuen Wettbewerbssituationen stellen und dabei langfristig erfolgreich bleiben. Die Analyse verschiedene Einflussfaktoren spielt an dieser Stelle eine ausschlaggebende Rolle, welche folgend in exogene und endogene Faktoren unterteilt wird.

Exogene Faktoren sind externe Einflussgrößen, die von außerhalb auf das Unternehmen wirken und nicht direkt gesteuert werden können. Dazu gehören z.B. Einflüsse durch die Politik, neue Gesetzgebungen, aber auch Einflüsse durch Wettbewerber auf dem Markt, die Gesellschaft, Umweltaspekte als auch neue Technologietrends und Innovationen (vgl. Di Bella, 2014, S. 153). Klassischerweise können derartige externe Einflussgrößen durch eine *PESTEL-Analyse* (**p**olitical, **e**conomical, **s**ocial, **t**echnological, **e**cological, **l**egal), ein Instrument der Makro-Umweltanalyse, analysiert und bewertet werden (vgl. Kaufmann, 2021, S. 19ff.). Diese Einflussfaktoren können die Resilienz eines Unternehmens auf vielfältige Weise beeinflussen, indem sie unvorhergesehene Herausforderungen und Risiken mit sich bringen. Eine Auswahl an konkreten Beispielen ist in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Übersicht von Einflussfaktoren zur Beeinflussung der Resilienzfähigkeit und -eigenschaften (i.A.a. Radic et al., 2022, S. 585; Di Bella, 2014, S. 153, 170)

Exogene Faktoren		Endogene Faktoren			
Pestel-Analyse	Politik	<ul style="list-style-type: none"> - Politische Stabilität - Steuerliche Stabilität und Förderung - Internationale Beziehungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Produktionsdesign - Lieferkettendesign - Infrastrukturflexibilität 	Organisationsstruktur	MTO-Analyse
	Recht	<ul style="list-style-type: none"> - Handelsbeschränkungen - Regulierungen und Compliance - Vertragsrecht und IP 	<ul style="list-style-type: none"> - Produktportfolio - Branchendiversität - Vision und Zielbilder 	Management	
	Wirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Konjunkturlage - Zins- und Wechselkurse - Arbeitsmarktbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Umsatzdiversität - Kurzfristige Liquidität - Langfristige Stabilität 	Finanzen	
	Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Soziale Werte und Normen - Demografische Veränderungen - Arbeitsrechtliche Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Offene Wertekultur - Interdisziplinarität - Qualifizierung und Führung 	Mitarbeitende & Kultur	
	Ökologie	<ul style="list-style-type: none"> - Ressourcenknappheit - Umweltregulierung und -standards - Klimawandel und Wetterereignisse 	<ul style="list-style-type: none"> - Gesamtanlageneffektivität - Kapazitätsauslastung - Lagerbestand 	Ressourcen	
	Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - Technologietrends und -lösungen - Bedrohungen Cybersicherheit - Infrastrukturzugang und -ausbau 	<ul style="list-style-type: none"> - FuE-Ausstattung - Innovationsquote und KVP - Digitalisierungsgrad 	Innovation	
SWOT-Analyse					

Endogene Faktoren dagegen sind interne Einflussfaktoren, die innerhalb eines Unternehmens existieren und auch von diesem kontrolliert und beeinflusst werden können. Hierzu zählen vor allem die internen Strukturen, Prozesse, Strategien als auch Personal- und Ressourcenkapazitäten, die zur Aufrechterhaltung der Betriebskontinuität und Anpassungsfähigkeit wesentlich sind (vgl. Di Bella, 2014, S. 153). Als methodisch komplementärer Gegenspieler kann hier eine *MTO-Analyse* (**M**ensch, **T**echnik, **O**rganisation) als ganzheitliche, autonomieorientierte Betriebsanalyse herangezogen werden, um Unternehmen oder Organisationen auf der Ebene des Gesamtunternehmens oder einzelner Organisationseinheiten zu betrachten (vgl. Strohm & Ulich, 1997). Diese Faktoren beeinflussen maßgeblich die Resilienz eines Unternehmens, da diese die Fähigkeit zur internen Anpassung und Veränderung bestimmen.

Zur Zusammenführung der internen und externen Einflussfaktoren wird häufig auch eine *SWOT-Analyse* (**s**trengths, **w**eaknesses, **o**pportunities, **t**hreats) herangezogen, welche interne Stärken und Schwächen als auch externe Chancen und Risiken aus dem Unternehmensumfeld zusammenführt und somit als Instrument zur Positionsbestimmung und strategischen Planung genutzt werden kann (vgl. Welge & Al-Laham, 2008, S. 299, 416). Insgesamt ist es von großer Bedeutung, die endogenen und exogenen Einflussfaktoren gründlich zu analysieren und zu verstehen, wie sie miteinander interagieren. Eine differenzierte Betrachtung dieser Faktoren schafft die Grundlage, effektive Resilienzstrategien zu entwickeln, sodass sich Unternehmen sowohl auf interne Veränderungen als auch auf externe Unsicherheiten vorbereiten können.

Im Kontext der Vorausschau bzw. Darstellung von Entwicklungsszenarien wird im Rahmen dieser Arbeit auf die *Szenario-Technik* zurückgegriffen. Die Szenario-Technik ist eine Methode, die insbesondere bei Unternehmensentscheidungen unter Unsicherheit eingesetzt wird, um z.B. zukünftige Entwicklungsrichtungen im Hinblick auf unterschiedlichste Einflussfaktoren zu beurteilen. Hier werden sowohl interne als auch externe Faktoren (vgl. Tabelle 8), u.a. aus den Bereichen Wirtschaft, Technologie und Gesellschaft herangezogen und zum eigenen Handlungssystem in Bezug gesetzt. In der Herleitung können sowohl qualitative als auch quantitative Informationen berücksichtigt und miteinander verknüpft werden (vgl. Göpfert, 2016, S. 25; Behrendt, 2016, S. 56). Die Herleitung im Kontext dieser Arbeit wird dabei durch generative KI unterstützt (vgl. Kap. 3.4.2). Auf Ebene des eintretenden Szenarios kann generative KI als begleitendes Instrument durch z.B. kontinuierliches Reinforcement Learning eingesetzt werden, indem (in Echtzeit) aus neuen Daten und Ereignissen gelernt wird. Damit können Strategien dynamisch angepasst und fortlaufend Feedback von tatsächlichen Ereignissen genutzt werden, um die Vorhersagen im Szenariomodell zu verbessern. Abbildung 12 zeigt für den Anwendungskontext dieser Arbeit das Herleitungsschema der Szenario-Technik, bei der neben zwei Extremszenarien (optimistisches und pessimistisches Szenario) ein neutrales Szenario erstellt wird. Die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit deckt sich über den gesamten Szenarioraum ab (vgl. Kap. 3.4.2).

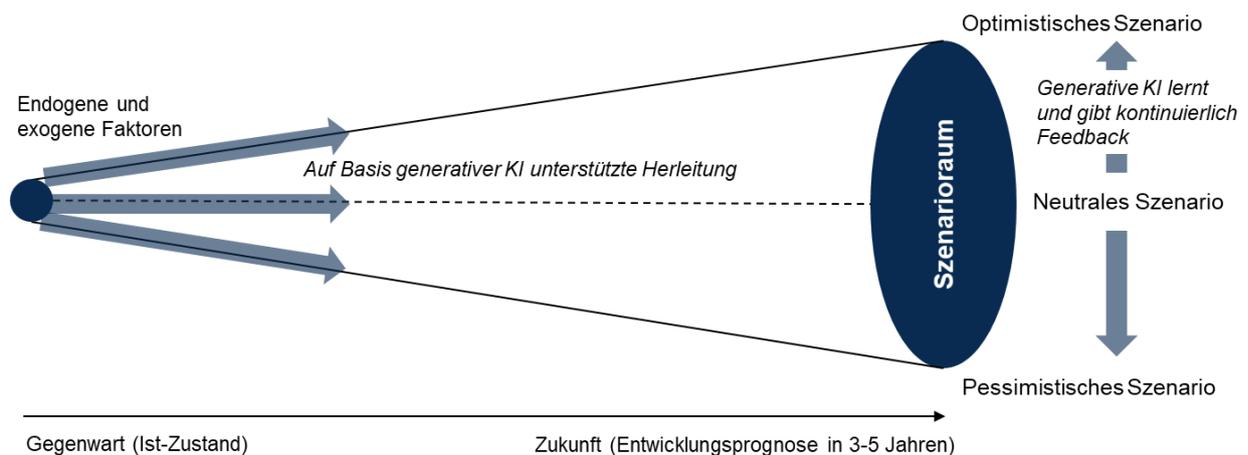


Abbildung 12: Adaptiertes Denkmodell der Szenariotechnik (i.A.a. Göpfert, 2016, S. 25)

2.3.3 Resilienz im Kontext von Kennzahlen (Bewertung)

Das Messbarmachen bzw. die Operationalisierung von Resilienz ist eine komplexe Aufgabe, da es viele verschiedene Faktoren gibt, die berücksichtigt werden müssen (vgl. Tabelle 8). Eine Möglichkeit ist das Heranziehen von Kennzahlen, die im Allgemeinen zur Vereinfachung der Realität dienen und sich aus quantifizierbaren Daten zusammensetzen lassen, die durch Berechnungszusammenhänge aus einer Vielzahl von Einzelinformationen eine Aussage zu relevanten und zahlenmäßig erfassbaren Sachverhalten widerspiegeln können (vgl. Klaus et al., 2012, S. 259). Kennzahlen können als Planungsinstrument verwendet werden, um bei festgelegten Zielen eine Kontrolle der Zielerreichung vorzunehmen und das Leistungsverhalten eines Wertschöpfungssystems oder -prozesses bewerten zu können (vgl. Wiendahl, 2008, S. 228f.). Klassischerweise werden hierzu sogenannte *Key Performance Indicators* (KPI) herangezogen, die die Leistung und damit den Erfolg eines Unternehmens auf spezifische Ziele messen. Sie sind leistungsorientiert und zeigen an, wie gut ein Unternehmen oder eine Organisationseinheit strategische und operative Zielen erreicht (vgl. Gorecki & Pautsch, 2014, S. 72ff.). Prominente Beispiele sind das Umsatzwachstum, die Gesamtanlageneffektivität (OEE = Overall Equipment Effectiveness), oder die Durchlaufzeit. Insbesondere Sielaff et al. (2023), die ein Resilienz-Kennzahlensystem für Produktionssysteme vorstellen, fokussieren hauptsächlich die OEE, welche sich aus den Faktoren der Anlagenverfügbarkeit, -leistung und -qualität zusammensetzt und dabei Abweichungen von Durchschnittsniveaus erfasst. Ergänzt werden resilienzbeschreibende Kennzahlen wie eine Störungseintrittszeit, Lösungsfindungszeit und Wiederanlaufzeit (vgl. Sielaff et al., 2023, S. 268). Diese Interpretation deckt sich mit Abbildung 6, bei der die Resilienz eines Unternehmens oder eines Systems messbar gemacht wird, indem Leistung als Verlauf über die Zeit betrachtet wird (vgl. Röhe, 2022, S. 82).

Für den gezielten Einsatz von Kennzahlen für Planungszwecke sollte ein Abgleich von Ist- und Soll-Werten erfolgen. Die Ermittlung der Kennzahl über einen zeitlichen Verlauf in regelmäßigen Abständen kann Auskunft über die Entwicklungstendenzen einer zu verfolgenden Zielstellung geben. Hierzu ist es notwendig, zuvor festzulegen, welche Grenzen oder Schwellenwerte

die Kennzahl annehmen darf und welche Aussage eine positive oder negative Entwicklung hat (vgl. Behrendt, 2016, S. 36).

Im Kontext der Risikobewertung werden zudem sogenannte *Key Risk Indicators* (KRI) genutzt. Im Gegensatz zu KPI ist diese Kennzahlengruppe risikoorientiert und fokussiert sich auf die frühzeitige Identifizierung und Messung von potentiellen Risiken, die die Erreichung von Unternehmenszielen beeinträchtigen können (vgl. Romeike, 2018, S. 103). Repräsentative Beispiele sind die Mitarbeiterfluktuation, Ausfallwahrscheinlichkeiten von Maschinen und Anlagen als auch die Anzahl an Qualitätsmängeln oder Rückrufe von Produkten. Durch indikatororientierte Früherkennungssysteme lassen sich sowohl interne als auch externe Risiken rechtzeitig erkennen und sogar gänzlich vermeiden (vgl. Diederichs, 2017, S. 120). Allerdings werden an dieser Stelle Risiken oftmals auch anhand von KPI interpretiert, sodass z.B. durch eine erhöhte Maschinenauslastung mehr Produkte gefertigt, gleichzeitig aber auch eine zu hohe Auslastung der Maschinen zu Ausfällen führen kann, was ein erhebliches Risiko darstellt. Die Korrelation und Abgrenzung zwischen KPI und KRI wird hierbei nicht eindeutig dargelegt. Das ist auch der Grund, weshalb Unternehmen eher KPI-Systeme und seltener ausschließlich KRI-Systeme implementieren. Dennoch kann durch die effektive Einbettung von KRI die Beherrschung von Risiken proaktiv und damit die Resilienzfähigkeit unterstützt werden.

Im Hinblick auf die hohe Komplementarität zwischen Resilienz und Nachhaltigkeit (vgl. Kap. 2.1.3) wird ebenfalls ein Blick auf die sogenannten *ESG-Kriterien* (Umwelt, Soziales, Governance) gelegt. Diese helfen Unternehmen, nachhaltige Praktiken und sozial verträgliches Verhalten zu priorisieren, fokussieren dabei aber vor allem nichtfinanzielle Faktoren, die maßgeblich die Leistung eines Unternehmens beeinflussen (vgl. Plattform I4.0, 2024, S. 6). Hierzu gehören z.B. Treibhausgasemissionen, Wasserverbräuche und das Ressourcen- und Abfallmanagement im Bereich Umwelt, aber eben auch Themen wie Arbeits- und Produktsicherheit sowie Mitarbeitervielfalt und Gleichberechtigung im Bereich Soziales sowie Transparenz und Rechenschaftspflichten im Bereich Unternehmensführung. Der Expertenkreis der Plattform Industrie 4.0 (2024, S. 8) postuliert die ESG-Integration und damit die Definition von Nachhaltigkeitszielen in Unternehmen als ganzheitlichen Ansatz, der alle operativen Bereiche umfasst. Dieses Verständnis deckt sich mit der Ausrichtung des Resilienzmanagements und wirkt sich demnach auch entscheidend auf die Zukunftsfähigkeit eines Unternehmens und dessen Geschäftsmodell aus.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass Kennzahlen in ihrer Aussagekraft als einzelne Bezugsgröße begrenzt sind. Insbesondere Leistungskennzahlen sind auf die Operationalisierung von Zielstellungen in Produktion und Logistik ausgerichtet (vgl. Koch, 2014, S. 88), jedoch bietet erst die systematische Zusammenstellung von sinnvoll aufeinander abgestimmten und sich ergänzenden Kennzahlen ein wertvolles Hilfsmittel zur Ausrichtung von Zielsystemen (vgl. Vahrenkamp et al., 2012, S. 429ff.). Kennzahlensysteme bzw. -verbände besitzen dabei eine Überwachungs- und Steuerungsfunktion, welche durch den kontinuierlichen Vergleich von Soll- zu Ist-Kennzahlen interne als auch externe Schwachstellen aufdecken. Somit können kritische Zielgrößen für Unternehmensbereiche ermittelt werden, was die Vereinfachung von

Steuerungsprozessen zur Folge hat. Die Gestaltung der Beziehungen der einzelnen Kennzahlen innerhalb eines Kennzahlensystems kann durch ein Rechensystem oder ein Ordnungssystem abgebildet werden. Ein Rechensystem stellt dabei mathematische Beziehungen zwischen einzelnen Kennzahlen her, um eine rechentechnische Verdichtung bis hin zu einer Spitzenkennzahl zu erreichen. Ein Ordnungssystem dagegen besitzt keine auf einer Rechnung basierende Verknüpfung der Kennzahlen, sondern stellt eine Systematisierung der Kennzahlen nach bestimmten Systemzusammenhängen her (vgl. Vahrenkamp et al., 2012, S. 429, Behrendt, 2016, S. 37).

Zusammenfassend ist zu beachten, dass Kennzahlen bzw. kombiniert in Kennzahlenverbänden (KPI, KRI, ESG) allein an dieser Stelle nicht ausreichen, um die Resilienzfähigkeit eines Unternehmens zu messen. Vielmehr muss sie in Kombination mit anderen Faktoren, wie der strategischen Planung und Ausrichtung des Geschäftsmodells, der erweiterten Perspektive des Risikomanagements als auch den organisatorisch, personell und technisch zu schaffenden Voraussetzungen umgesetzt werden. Im methodischen Teil der Arbeit werden neben den leistungs- und risikoorientierten Kennzahlen daher auch vom Charakter her resilienzorientierte Kennzahlen (Beschreibung von Redundanzen, Diversifikation, Agilität, u.Ä.) hergeleitet und gegenübergestellt (vgl. Kap. 3.6)

2.3.4 Resilienz im Kontext der Digitalen Transformation (Planung)

Im Kontext von Transformationsprozessen kommt in der Wirtschaft in den letzten Jahren der digitalen Transformation eine besondere Bedeutung zu. Die Anpassung bestehender oder das Schaffen neuer Wertschöpfungsketten durch digitale Technologien führt zu neuen Dienstleistungen und Produkten und dementsprechend auch zu neuen digitalen bzw. digital erweiterten Geschäftsmodellen (vgl. Tokarski et al., 2022, S. 3). Zur Begriffsdifferenzierung im Kontext dieser Arbeit wird die *Digitalisierung* als Prozess zur Umwandlung analoger Informationen in digitale Formate unter der Integration digitaler Technologien in Geschäftsprozesse verstanden. Dies umfasst die Nutzung von Software, digitalen Plattformen oder Datenanalysen, um betriebliche Abläufe hinsichtlich Resilienz, Effizienz oder Nachhaltigkeit zu verbessern. *Technologie* wird dagegen als Terminus verstanden, der sowohl Hardware (Internet-of-Things-Geräte (IoT), Sensoren, u.w.) als auch Software (KI-Algorithmen, Cloud-Services, u.w.) umfasst, die zur Lösung technischer Herausforderungen und zur Implementierung digitaler Prozesse genutzt wird. Technologie bildet daher die Grundlage für die Digitalisierung (vgl. Bican & Brem, 2020, S. 4).

„Digitalisierung ist der Schlüssel für resiliente Wertschöpfungsketten sowie für robuste und krisenfeste Geschäftsprozesse.“ (Prof. Dr.-Ing. Holger Kohl)

Themen der Digitalisierung sind in diesem Verständnis zumeist interdisziplinäre Themen und erfordern eine Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg. Dies gilt auch für den Bereich der Resilienz, für den eine Stärkung der Unternehmensvernetzung und Kollaboration im Sinne eines strukturierten gemeinsamen Handelns und Wertschöpfens notwendig wird (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 12). Im Zusammendenken von Technologie und nachhaltigem

Wirtschaften ist bereits der Begriff *Twin Transition* im Sinne von kombinatorischen Effekten der Nachhaltigkeit und Digitalisierung geprägt worden. Um die gegenwärtigen Herausforderungen der Klimakrise zu bewältigen und gleichzeitig wirtschaftliches Wachstum sowie die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen aufrechtzuerhalten, sind neue Technologien erforderlich, die nachhaltiges Wirtschaften und effizienten Ressourceneinsatz ermöglichen. Dies kann nur erreicht werden, indem digitale und nachhaltige Transformationen gemeinsam betrachtet werden. Die Integration von Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsmaßnahmen erzeugt dabei Synergien, die den Transformationsprozess beschleunigen (vgl. Plattform I4.0, 2024, S. 18). Dieses Verständnis, die synergetische Kombinatorik der Themen Digitalisierung und Resilienz, wird auf diese Arbeit übertragen, denn die digitale Reife spielt eine wichtige Rolle bei der Auslegung von Zielsystemen in Unternehmen.

Die nächste Generation des Resilienzmanagements steht im Zeichen einer *resilienzgetriebenen digitalen Transformation*, die über die bloße Neuausrichtung bestehender Wertschöpfungssysteme hinausgeht. Hierbei wird die digitale Reife als technologische Grundlage als auch als integraler Bestandteil eines zukunftsfähigen Resilienzansatzes betrachtet. Durch den Einsatz von Technologielösungen, wie z.B. KI- und IoT-Systemen, werden Unternehmen befähigt, proaktiv Maßnahmen zu entwickeln, die es möglich machen, auf Unsicherheiten, Veränderungen und Krisen nicht nur zu reagieren, sondern sie vorab zu antizipieren. Diese Transformation kann im Hinblick auf den synergetischen Zusammenhang zwischen Resilienz und Nachhaltigkeit auch die nachhaltige Wertschöpfung fördern, indem Ressourcen ausgewogen genutzt und klimabezogene Risiken reduziert werden.

Digitalisierung realisiert grundsätzlich die Messbarmachung von relevanten Größen, wie z.B. die Robustheit von Prozessen, Anlagen oder Lieferketten. Einerseits können so Handlungsbedarfe sichtbar gemacht werden, andererseits kann der Erfolg bzw. die Wirkungsweise von Strategien und Maßnahmen besser nachvollzogen werden. Die Implementierung von digitalen Analysetools oder Sensorsystemen in Produktionsanlagen unterstützt z.B. die Agilität in Schlüsselprozessen oder die Lernfähigkeit bei Prozessanpassungen. Aus Sicht der Mitarbeitenden erfordert dies ein Verständnis von Aufgaben, agilen Abläufen und Zusammenhängen der Produktion und weiteren Unternehmensbereichen, die über das eigene Handlungsfeld hinausgehen (vgl. Hunziker & Steiner, 2022, S. 140f.). Das gilt insbesondere bei der Betrachtung von Service- und Lieferketten. Resilienz setzt umfassendes Wissen und flexible Zusammenarbeit voraus, gestützt durch eine gezielte individuelle Weiterentwicklung. Die Digitalisierung der Produktion und Logistik im Sinne einer Industrie 4.0 erfordert eine Vernetzung und Integration der inner- und außerbetrieblichen Prozesslandschaft, um eine effiziente Wertschöpfung gewährleisten zu können. Es ist von besonderer Bedeutung, die vorhandenen Wertschöpfungssysteme und -prozesse vertikal (in Verknüpfung der Systemarchitekturen in Unternehmen) und horizontal (entlang der Lieferkette und zum Kunden) zu integrieren und mit den inner- und außerbetrieblichen Produktionsanlagen sowie externen Partnern zu vernetzen (vgl. Simchi-Levi et al., 2000, S. 189f.). Neben der internen Vernetzung sind Daten und deren Nutzung Kernelemente digitaler Geschäftsmodelle. Die Industrie 4.0 (I4.0) kann zu einer vollständigen datentechnischen Integration der industriellen Prozesse führen, von der

Bedarfsermittlung über die Entwicklung, Produktion, Logistik, Inbetriebnahme, Service für den Kunden bis hin zur Entsorgung und Wiederverwendung, also den gesamten Lebenszyklus eines Produktes oder Produktionssystems (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 4). Abbildung 13 zeigt die verschiedenen Stufen der digitalen Transformation in einem Unternehmen und ist in die unterschiedlichen Gestaltungsebenen (Geschäftsmodell, S-P-O-I) des Unternehmens eingeteilt. Jede Dimension stellt exemplarisch drei Entwicklungsstufen dar, die von traditionellen Methoden bis hin zu hoch digitalisierten Systemen reichen, die neben der Verbesserung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften auch neue Wertversprechen für Kunden und Partner offerieren können (vgl. Kap. 2.3.5).

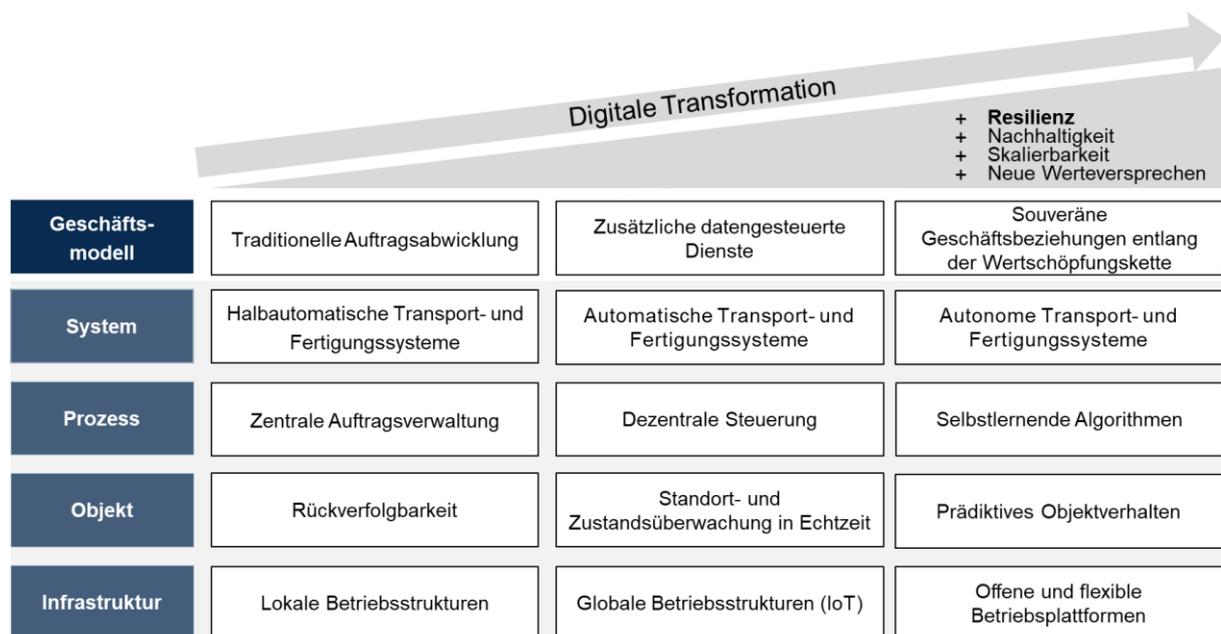


Abbildung 13: Exemplarische S-P-O-I-Entwicklungsstufen im Kontext der digitalen Transformation (i. A. a. Behrendt et al., 2023, S. 8)

Die digitale Zusammenarbeit wird durch digitale Infrastrukturen und Betriebsplattformen bedingt. Digitale Infrastrukturen umfassen einerseits die technischen Infrastrukturen, Funkinfrastrukturen, Datacenter oder Edge Devices (Geräte für lokale Datenverarbeitungen am Netzwerkrand), als auch Dateninfrastrukturen und technisch-organisatorische Ansätze, um Daten in Datenräumen souverän und interoperabel zwischen verschiedenen Wertschöpfungspartnern austauschen zu können. Die digitale Infrastruktur definiert somit den Zugang zu den Ökosystemen der Industrie 4.0 und garantiert unternehmensübergreifendes Agieren und die Vielfalt am Markt. Eine resiliente digitale Infrastruktur bündelt übergreifende Anforderungen und Dienste, die zur unternehmensübergreifenden Erfassung, Austausch, Analyse und Anwendung von Daten benötigt werden (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 7). Prominente Entwicklungsbeispiele sind u.a. in GAIA-X und Manufacturing-X (vgl. Plattform I4.0, 2022b, S. 4) zu finden. Für die Umsetzung einer digitalen Transformation im Kontext von Resilienz sind folgende strategische Handlungsfelder als zentrale Erfordernisse beschrieben (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 3-7):

Souveränität – Durch offene, interoperable und sichere Datenökosysteme sollen freie Gestaltungsräume die Wettbewerbsfähigkeit in digitalen Geschäftsmodellen stärken. Hier muss sichergestellt werden, dass die Infrastruktur für alle Teilnehmenden gleichermaßen offen zugänglich ist und die technisch-organisatorischen Voraussetzungen bietet, dass der Datenaustausch den individuellen Sicherheitsanforderungen an Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit gerecht werden kann.

Interoperabilität - Neben der Gestaltung der digitalen Infrastruktur kommt der Entwicklung neuer Technologien zur Sicherung von Pluralität und Flexibilität eine besondere Bedeutung zu. Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Industrie haben sich Produktionssysteme massiv weiterentwickelt und verändert. Neue Produktionsorganisationsformen wie die Matrixproduktion (vgl. Greschke, 2016; Simulationsstudie in Kap. 4.1.3) aber auch die Nutzung von Technologien wie der Digitale Zwilling sind technologische Ansätze zur Integration. Neben diesen technischen Aspekten hat sich auch die Rolle des Menschen für die Produktion verändert. Durch die Erhöhung der Effizienz von Produktionssystemen hat sich weiterhin die Komplexität und Anfälligkeit für Disruptionen der Systeme gesteigert (vgl. Abbildung 7).

Versorgungssicherheit - Produktions- und Lieferausfälle oder auch die Befriedigung akuter Bedarfe an notwendigen Produkten und Dienstleistungen erfordern zügiges und konsequentes Handeln. Die Implementierung von Systemen zum transparenten, unternehmensübergreifenden Monitoring von Lieferketten und -netzwerken schafft die Grundlage zur Realisierung von Ansätzen wie z.B. „Shared Production und „Multiple Sourcing“. Weiterhin sind in diesem Zusammenhang Strategien zur Kreislaufführung von Rohstoffen als auch zur stabilen Energieversorgung in Bezug auf erneuerbare Energieträger und stabile und sichere Energienetze zu entwickeln.

Da die moderne Produktion heutzutage digitalisiert und vernetzt ist, bildet sie eine aussagekräftige Datenbasis, die als Wegbereiter für die resiliente Produktion und den Einsatz innovativer Technologien dient und gleichzeitig eine systematische Früherkennung potentieller Störungen umfassen sollte. Die resiliente Produktion erfordert, die vorhandenen Ressourcen und die technologischen Innovationen wandlungs- sowie anpassungsfähig zu verknüpfen. Das Ziel von resilienten Prozessketten ist es, Flexibilität auf allen Ebenen der Prozessgestaltung, der Produktionssteuerung, Produktionsanlagen und Prozesskettenauslegung, zu schaffen. Unternehmen müssen bereits im Vorfeld von Störungen alternative Prozesse hinsichtlich Verfügbarkeit und Anlagenfähigkeiten berücksichtigen. Besonders die Entwicklungen neuartiger oder die Erweiterungen bereits etablierter Fertigungstechnologien sollten von Unternehmen verfolgt und der Einsatz im eigenen Unternehmen als Ergänzung oder Substitution zum bestehenden Portfolio geprüft (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 13).

Neben den Potentialen digitaler und technologiegetriebener Lösungen zur Steigerung der Resilienz müssen auch die damit verbundenen Investitionen, Kosten, personeller Aufwand als auch Risiken berücksichtigt werden. Die Implementierung entsprechender Technologielösungen rechnet sich oft erst langfristig (vgl. Ries et al., 2022, S. 102). Oftmals müssen Technologielösungen erst an die unternehmensindividuellen Anforderungen adaptiert und interne

Prozessabläufe umstrukturiert werden. Der Aufbau und das Management digital erweiterter Geschäftsmodelle parallel zum laufenden Betrieb ist aufwendig und bindet entsprechende Ressourcen (vgl. Ebert & Cabral, 2018, S. 17-21). Investitionen in die Digitalisierung in unsicheren Zeiten können die Handlungsfähigkeit einschränken, bieten langfristig aber das enorme Potential zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch flexible und robuste Gestaltungsmöglichkeiten der Wertschöpfung mit der Befähigung zur Antizipation und Selbstorganisation. Im Methodenteil dieser Arbeit (vgl. Kap. 3.5.3) wird die Verknüpfung des Resilienzmanagements mit Technologiestrategien detailliert.

2.3.5 Resilienzorientierte Geschäftsmodelle durch die Industrie 4.0

Um die Anforderungen der digitalen Transformation zielgerichtet umzusetzen, bedarf es in Zukunft neuer Ansätze und Methoden zur Analyse, Bewertung, Planung, Steuerung und Regelung unternehmerischer Prozesse. Klassische Methoden der Planung von Wertschöpfungssystemen stoßen allmählich an ihre Grenzen (vgl. Kap. 2.2; Schmidtke et al. 2022, S. 18ff.), eine integrative Betrachtung in Verbindung mit den wichtigsten Elementen des zugehörigen Geschäftsmodells findet bisher wenig statt. Da es bei der digitalen Transformation neben der Optimierung von Prozessen und der Qualifizierung von Mitarbeitenden vor allem auch um den Einsatz in allen Unternehmensbereichen, mit hohen Geschwindigkeiten bei Veränderungsprozessen und Veränderungen der Rahmenbedingungen eines Unternehmens geht (vgl. Scheufele et al., 2022, S. 90), wird die Notwendigkeit der integrativen Betrachtung nochmal unterstrichen. Eine Integration neuer Technologien durch eine kontinuierliche Rekombination von Geschäftsmodellmustern kann die nicht sofort sichtbaren Optimierungspotentiale in einzelnen Dimensionen des Geschäftsmodells aufdecken und den Transformations- und Innovationsprozess instrumentalisieren. Die ökonomische Dimension von Geschäftsmodellen wird oft getrennt von den technologischen Möglichkeiten betrachtet. Der technologische Vorsprung ermöglicht positive Effekte auf der strategischen Ebene, die ohne ein autarkes Zusammenspiel von Geschäftsmodell und Technologie nur schwer zu erkennen und umzusetzen sind (vgl. Adewumi et al., 2024, S. 3373).

Eine etablierte Managementmethode zur Beschreibung, zum Entwurf oder auch zur Neuausrichtung von Geschäftsmodellen ist der *Business Model Canvas* (BMC). Der BMC besteht aus insgesamt neun Segmenten (Schlüsselpartner, Schlüsselaktivitäten, Schlüsselressourcen, Nutzenversprechen, Kundenbeziehungen, Kundensegmente, Absatzkanäle, Kostenstruktur und Erlösstruktur), die in einem strukturierten Framework zusammengeführt werden und dabei Entwicklungspotentiale eines Unternehmens sowie Veränderungsperspektiven, z.B. der digitalen Transformation ordnen lassen (vgl. Abbildung 14) (vgl. Osterwalder & Pigneur, 2010, S. 44). Der BMC hat in der Vergangenheit bereits bei Transformationsprozessen, u.a. im Kontext des unvorhersehbaren Black Swan Ereignisses der SARS-Covid-19-Pandemie, seinen Nutzen gezeigt, da Unternehmen unabhängig von Branche, Größe oder geografischer Lage ihre Geschäftsmodelle drastisch ändern mussten, um im neuen Umfeld erfolgreich bestehen zu können. Khan & Khan (2023, S. 1126ff.) haben eine umfangreiche Analyse zur Wirkung der

Pandemie auf die einzelnen Geschäftsmodellsegmente erarbeitet und dabei Methoden und Lösungen aus der Literatur vorgeschlagen. In diesem Zusammenhang sind an vielen Stellen Empfehlungen zur Intensivierung von Digitalisierungsaktivitäten gegeben worden, die insbesondere als Maßnahmen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit im BMC beschrieben werden (vgl. Khan & Khan, 2023, S. 1132), z.B.:

- Kollaboration auf digitalen Plattformen (Schlüsselpartner, -ressourcen)
- Befähigung der Datenanalyse zur Automatisierung, KI-/ML-basierten Auswertung, Big Data Analytics (Schlüssel Fähigkeiten)
- Stärkere Ausrichtung auf E-Commerce (Nutzenversprechen, Absatzkanäle)
- Digitalkompetente Kunden kennen und (virtuell) vernetzen (Kundensegmente, Kundenbeziehungen)
- Umstellung auf digitale Zahlungssysteme (Kosten-, Erlösstruktur)

Schlimbach & Asghari (2020, S. 866-868) stellen weiterhin fest, dass sich im Kontext der digitalen Transformation gravierende Veränderungen in der Architektur von Geschäftsmodellen ergeben und diesbezüglich Überarbeitungen bzw. integrierte Betrachtungen weiterer Aspekte notwendig sind. Dies umfasst die überwiegend datengetriebene gemeinsame Wertschöpfung zwischen Partnern, Kunden und Lieferanten und damit die zunehmende Transformation von einer produktorientierten zu einer dienstleistungsorientierten Anschauungsweise (vgl. Vargo & Lusch, 2008, S. 4), die wachsende Kundenzentrierung als starke Marktorientierung (vgl. Reinartz, 2018, S. 124-137) sowie die Fähigkeit von Unternehmen im Sinne einer organisationalen Resilienz, sich an die verändernde Umwelt anzupassen, was zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor wird (vgl. Downs & Velamuri, 2018, S. 550).

Im Zuge einer qualitativen Untersuchung konnten Schlimbach & Asghari (2020, S. 872) Anforderungen an ein BMC ableiten, welches sich an den neuen Rahmenbedingungen der sich zunehmend digital transformierenden Ökosysteme orientiert (vgl. Tabelle 9). Die Untersetzung des BMC mit operationalisierbaren Kenngrößen ist weiterhin für die strategische Planung, das operative Management und die langfristige Ausrichtung im Hinblick auf Resilienz im Kontext der digitalen Transformation von entscheidender Bedeutung. Dieses Verständnis gilt es vor dem Hintergrund der definierten Forschungsfragen (vgl. Kap. 1.3) in die resilienzorientierte Gestaltung von Geschäftsmodellen durch neue Technologie- und datengetriebene Lösungen zu überführen (vgl. Tabelle 9). Im Methodenteil (vgl. Kap. 3.2) werden diese Anforderungen aufgegriffen, ein Lösungskonzept erarbeitet und im Zusammenhang mit den Interdependenzen zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmensprozesse und Geschäftsmodellsegmente diskutiert.

Tabelle 9: Anforderungen an ein Business Model Canvas zur Gestaltung digital erweiterter und resilienzorientierter Geschäftsmodelle (i.A.a. Schlimbach & Asghari, 2020, S.872)

<i>Formulierte Anforderung (Digitalisierung)</i>	<i>Primär betroffene Geschäftsmodellsegmente</i>	<i>Implikationen für die Resilienzorientierung</i>
Stärkere Fokussierung des Kunden und der geschaffenen Mehrwerte von digitalen Dienstleistungen	Nutzenversprechen, Kundenbeziehungen, Kundensegmente	Darstellung von Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell, insb. zum Ausbau langfristiger Kundenbindungen
Hybridisierung des Leistungsangebots in physische und digitale, datengetriebene Bestandteile	Schlüsselfähigkeiten, Nutzenversprechen, Absatzkanäle	Adressierung von Diversifikations- und Flexibilisierungsgrößen im Portfolio
Verknüpfung des Geschäftsmodells an die dynamischen Einflüsse im Markt und Gesellschaft, insb. durch technologische Trends und einzuhaltende Regularien	Kundensegmente, Schlüsselressourcen	Erweiterung der Geschäftstätigkeitsbeschreibung durch methodische Verknüpfung mit (externen) Entwicklungstrends
Integration der organisationalen Resilienzfähigkeit als überlebenswichtiger Faktor im Geschäftsmodell	Schlüsselfähigkeiten, Schlüsselressourcen, Schlüsselpartner	Stärkere horizontale und vertikale Integration von Fähigkeiten, Kompetenzen und Partnern
Dynamisierung des Geschäftsmodells zur Bewertung der einzelnen Segmente zu verschiedenen Zeitpunkten	Kostenstruktur, Erlösstruktur	Operationalisierung von Resilienzeigenschaften im Geschäftsmodell, vor allem zur Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit und (finanziellen) Stabilität

Neben dem BMC existieren weitere etablierte Methoden zur Beschreibung und Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen, wie z.B. der *Business Model Navigator* der Universität St. Gallen (vgl. Gassmann et al., 2021, S. 24ff.) oder der *Business Model Innovation Process* nach der University of Cambridge (CBIMP, vgl. Geissdoerfer et al., 2017, S. 262-269). Während der Business Model Navigator die Grundidee verfolgt, innovative Geschäftsmodelle durch die Neukombination auf Basis von über 250 analysierten Geschäftsmodellmustern zu entwickeln, wird der CBIMP genutzt, um die Entwicklung, Implementierung und Skalierung innovativer Geschäftsmodelle zu leiten und zu unterstützen. Dies bietet einen strukturierten Ansatz, mit dem Unternehmen die notwendigen Aktivitäten und potentiellen Herausforderungen erfassen können, um Werte für die Kunden zu schaffen und einen Wettbewerbsvorteil auf dem Markt zu erlangen. Im weiteren Untersuchungsverlauf wird der BMC nach Osterwalder & Pigneur (2010, S. 44) verwendet, da diese Darstellungsvariante die verschiedenen Elemente eines Geschäftsmodells integriert, welche interdependent funktionieren, und darauf abzielt, die Unternehmensstrategie und -operationen auf den Kundennutzen und im Kontext dieser Arbeit auf die Resilienzfähigkeit des Unternehmens fokussieren zu können. Weiterhin bietet der BMC durch die visuelle Darstellungsvariante aller relevanten Elemente eines Geschäftsmodells in einem kompakten Format die Möglichkeit, übersichtlich und klar eine Analyse und Identifikation resilienzfördernder Aspekte und Abhängigkeiten vorzunehmen, u.a. durch eine direkte Verknüpfung mit Operationalisierungsgrößen.

Im Hinblick auf konkrete Beispiele zur digitalen Transformation von Geschäftsmodellen werden neue Informationsquellen und -kanäle geschaffen, die die Grundlage für die Entwicklung und Verbesserung von digital erweiterten bzw. datenbasierten Geschäftsmodellen bilden, so z.B. durch die Einführung von IoT-Technologien. In Abbildung 14 werden entlang des BMC Beispiele für eine systematische Transformation von Geschäftsmodellen, welche neben Technologie-, Produkt- und Prozessinnovationen auch neue resilienzfördernde Potentiale im Zusammenspiel von Technologie und Geschäftsmodell beinhalten (vgl. Schmidtke et al., 2022, S. 22), angegeben. Im Methoden- und Anwendungsteil dieser Arbeit werden technologie- und anwendungsbezogenen Effekte auf die Resilienzfähigkeit ausgegeben und aus den Interdependenzen und Randbedingungen der Geschäftsmodelle strategische Handlungsoptionen für die entsprechenden Segmente abgeleitet. Dies führt analog der Grundsätze und Handlungsfelder zur Förderung von organisationaler bzw. unternehmerischer Resilienz (vgl. Tabelle 2) zu einem kreativen Prozess der kontinuierlichen Verbesserung von Geschäftsmodellen. Beispielhaft ist an dieser Stelle die Cloud-Computing-Technologie zu nennen, die die skalierbare IT-Infrastruktur oder das virtuelle Rechenzentrum repräsentiert und zu Veränderungen in verschiedenen Segmenten (z.B. Echtzeit-Analytik, digitale Serviceapplikationen, IT- und Datensicherheit) des Geschäftsmodells führt.

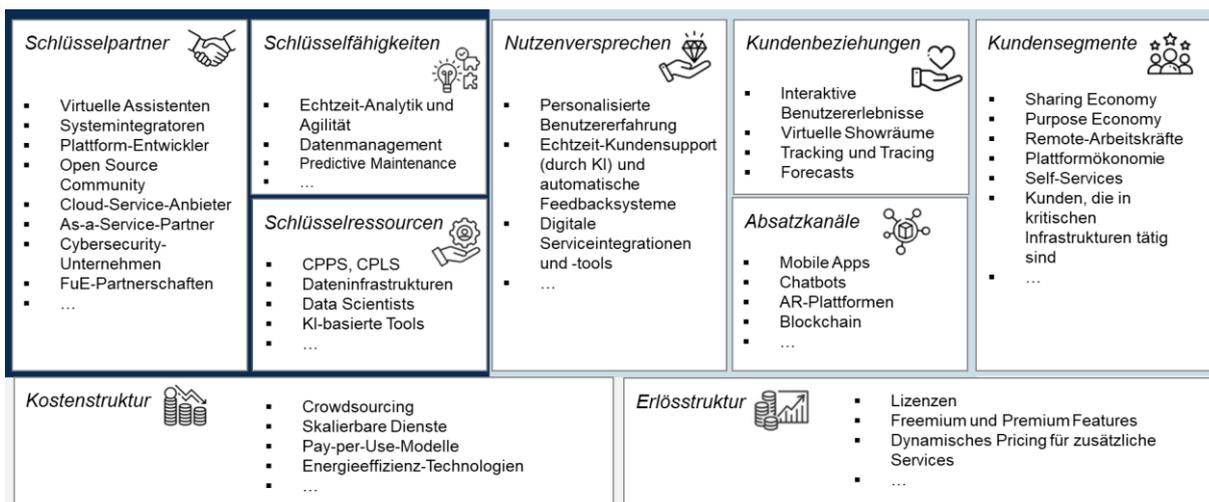


Abbildung 14: Digitale Transformation entlang der Geschäftsmodellsegmente (Beispiele)
Icons: www.flaticon.com

Neben diesen positiven Aspekten und Chancen sind auch Risiken und Hemmnisse bei Technologieeinführungen in Unternehmen zu bewältigen. Dazu gehören die Anpassung an den technologischen Fortschritt, fehlende Hard- und Softwarekenntnisse, ein Mangel an spezialisierten Arbeitskräften und Herausforderungen zur Integration und Interoperabilität der Technologielösungen. Insbesondere KMU behindern begrenzte Ressourcen und ein Mangel an geeigneten methodischen Ansätzen bei einer systematischen und strategischen Vorausschau für Technologieeinführungen (vgl. Berndt & Mietzner, 2019, S. 87-88). Bei Digitalisierungsprojekten wie z.B. der Einführung von Enterprise Resource Planning-Systemen (ERP) kommt es häufig zu Budget- und Zeitüberschreitungen, wobei neben technischen und organisatorischen

Herausforderungen auch menschliche Faktoren eine entscheidende Rolle spielen (vgl. Hasenbeck & Nickel, 2020, S. 39-40). Tabelle 10 greift eine Auswahl an Hemmnissen bei Technologieeinführen auf und gibt exemplarisch Bewältigungsstrategien an. Ein Teil dieser Hemmnisse werden aktiv im Methoden- und Anwendungsteil dieser Arbeit adressiert, einige Aspekte befinden sich wiederum außerhalb des Fokus dieser Arbeit (vgl. Spalte 3).

Tabelle 10: Hemmnisse und Bewältigungsstrategien bei der Technologieeinführung (i.A.a. Romeike & Hager, 2020, S. 481ff.; Hasenbeck & Nickel, 2020, S. 39-40; Cimini et al., 2017, S. 124)

<i>Hemmnisse bei der Technologieeinführung</i>	<i>Bewältigungsstrategien und Handlungsempfehlungen</i>	<i>Adressierung im Methoden- und Anwendungsteils der Arbeit</i>
Kosten (Invest- und Betriebskosten)	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellung von Business Plänen und Kosten-Nutzen-Analysen • Nutzung von Förder- und Forschungsprogrammen 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der finanziellen Stabilität als Operationalisierungsgröße • Umfangreiche Kostenkalkulationen zur Beurteilung der Technologierentabilität sind nicht Bestandteil der Arbeit
Sicherheitsbedenken, Compliance und Datenschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung von Sicherheitsprotokollen und Compliance-Management-Systemen • Durchführung von Schulungen und Audits 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung regulatorischer und weitere sicherheitsrelevanter Aspekte in Positionsbestimmung • Entwicklung von technischen Sicherheitsmechanismen u.Ä. sind nicht Bestandteil der Arbeit
Komplexität der Technologieimplementierung	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung von standardisierten Schnittstellen • Schrittweise und modulare Technologieimplementierung durch Pilotprojekte 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der Voraussetzungen und Erfolgsfaktoren im Reifegradmodell • Verfolgung unterschiedlicher Technologiestrategien (Akquisition, Führerschaft, Joint Venture, u.Ä.)
Infrastruktur- und Datenbasis	<ul style="list-style-type: none"> • Individuelle Ausbauprüfungen sind erforderlich, da moderne und leistungsfähige (IT-) Infrastrukturen ein wesentlicher Erfolgsfaktor zur Resilienzsteigerung sind • Option zur Nutzung von Cloud-diensten (Skalierung, Flexibilisierung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der Voraussetzungen und Erfolgsfaktoren im Reifegradmodell • Generatives KI-Modell als Werkzeug zur Zusammenführung von heterogenen Daten und Informationen
Abhängigkeiten von Integrationspartnern	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines Netzwerks mit zuverlässigen Dienstleistern und klaren Service Level Agreements • Entwicklung von Alternativ- und Backuplösungen • Trade Off zwischen Diversifikation oder Systempartnerschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung von alternativen Partnerschaften und redundanten Lieferoptionen als Operationalisierungsgröße
Fachkräftemangel	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung von Integrationsprojekten mit starken Technologiepartnern • Förderung einer innovationsfreundlichen Unternehmenskultur 	<ul style="list-style-type: none"> • Konfigurationsleitfaden und Prompt-Engineering zur Qualifizierung mehrerer Anwendergruppen • Resilienzstärkende Maßnahmen zur Förderung der

		Innovationsfreundlichkeit werden über bestehende Good-Practice-Beispiele referenziert
--	--	---

Um Risiken zu mindern und vielmehr Chancen im Sinne eines aktiven Resilienzmanagements zu nutzen, können Unternehmen Methoden, wie z.B. das Technologie-Scouting, und Visualisierungstools, wie z.B. Technologie- und Trendradare, einsetzen (vgl. Berndt & Mietzner, 2019, S. 89). Einschlägige Beispiele für den Kontext dieser Arbeit sind der aktuelle Technologie- und Trendradar des BMWK (vgl. Stich et al., 2022), die Trendradare des Gartner Hype Cycle mit Fokus auf Technologieinnovationen (vgl. Gartner, 2023) oder der (DHL) Logistics Trend Radar (Version 6.0, vgl. Dohrmann et al., 2022), die als Input für das anzutrainierende Modell genutzt werden.

2.3.6 Datenmodelle als Wegbereiter für die KI-unterstützte Strategieentwicklung

Datenmodelle und auf künstlicher Intelligenz basierende Modelle (KI-Modelle) nehmen eine tragende Rolle bei der digitalen Transformation von Unternehmen ein. Während Datenmodelle die Basis für effiziente Datenverwaltungen und -nutzung schaffen, ermöglichen KI-Modelle fortschrittliche Analysen und Automatisierungen, die zu erheblichen Verbesserungen der Geschäftsprozesse, Individualisierungen von Systemen und Angeboten sowie Innovationen führen können. Im methodischen Kern stellen Datenmodelle abstrakte Strukturen zur Organisation und Nutzung von Daten dar, um Datenpunkte innerhalb eines Systems mit entsprechenden Regeln und über unterschiedliche Datentypen in Beziehung zu setzen (vgl. Silberschatz et al., 2019, S. 29). ERP-Systeme mit all ihren möglichen Einsatzzwecken (Controlling, Supply Chain Management, Customer-Relationship-Management, Produktion und Fertigung, u.w.) fungieren als zentrale Datenmodelle, die umfassende und strukturierte Informationen über Unternehmensprozesse bereitstellen, was für die Analyse, Bewertung und Entscheidungsfindung unerlässlich ist (vgl. Hasenbeck & Nickel, 2020, S. 39). KI-Modelle können auf Basis solcher Datenmodelle mathematisch und statistisch erweitert werden, die darauf trainiert werden, Muster in heterogenen Daten zu erkennen und Vorhersagen oder Empfehlungen abzuleiten oder auch Handlungen basierend auf diesen Mustern auszuführen (vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 115-131). Diese Systeme setzen auf Verfahren des maschinellen Lernens (ML-Algorithmik), logischer Programmierung, einfachen statistischen Verfahren oder lernenden Ansätzen wie neuronalen Netzwerken. Sogenannte *diskriminative KI-Modelle* dienen vor allem für die Klassifikation von Datensätzen, bei denen Inputparameter interpretiert werden und entsprechende Handlungsempfehlungen ausgegeben werden (vgl. Memisevic, 2006, S. 1). Ein klassisches Beispiel ist hierfür die Bild- oder Anomalieerkennung im Kontext der Qualitätssicherung (vgl. Rauch et al., 2021, S. 8). Merkel-Kiss & von Garrel (2022) untersuchen in einer systematischen Literaturanalyse den Einsatz von KI in produzierenden KMU. Die Forschungsarbeit zeigt, dass KI vor allem in der Produktionsplanung, Qualitätskontrolle und im Kundenservice genutzt wird. Haupttreiber für den KI-Einsatz sind Effizienzsteigerungen und Wettbewerbsvorteile. Die Vorteile zum Einsatz von KI im Kontext Resilienz- und Risikomanagement sind bisher allerdings

unterrepräsentiert (vgl. Merkel-Kiss & von Garrel, 2022, S. 460). Gleichzeitig behindern fehlende Fachkompetenzen und hohe Implementierungskosten den Einsatz. Empirische Studien betonen, dass erfolgreiche KMU oft externe Beratungsleistungen und Kooperationen nutzen (vgl. Merkel-Kiss & von Garrel, 2022, S. 454).

Dem gegenüber stehen *generative KI-Modelle* (auch genannt: *GPT* – „generative pre-trained transformer“), die auf Grundlage von vorhandenen Daten und Informationen und unter Einsatz von Deep Learning und künstlichen neuronalen Netzen neue Inhalte kreieren (vgl. Lund et al., 2023, S. 4). Im besonderen Fokus dieser Arbeit stehen sogenannte *Large Language Models* (LLM), die mit mithilfe unterschiedlichen Datentypen und eben neuronaler Netzwerke entwickelt werden, um natürliche Sprache zu verstehen, zu generieren und zu verarbeiten. Die Modelle werden auf umfangreichen Datensätzen trainiert, die Millionen bis Milliarden frei verfügbare Textdokumente (Artikel, Bücher, Webseiten, wissenschaftliche Publikationen, u.Ä.) umfassen, im Trainingsprozess Sprachmuster, Grammatik und Kontext verstehen und durch Transformer-Architekturen bei der Textverarbeitung und -generierung Mechanismen (z.B. Self-Attention) nutzen, um den Kontext von Wörtern in einem Satz zu erfassen (vgl. FhG, 2024, S. 2). Solche Modelle werden auch als multi-modale *Foundation Models* bezeichnet (vgl. Fritz, 2024, S. 344).

Die Literatur zeigt bisher nur eine Auswahl an konkreten Anwendungen durch generative KI in Unternehmen. Leible et al. (2024, S. 354) erarbeiten in einer Konzeptmatrix die Fähigkeiten und Limitationen von generativer KI. Insbesondere werden bedeutende Fortschritte in den Bereichen Datenrekonstruktion, Textgenerierung und computergestützter Grafik erzielt, sodass generative KI in der Lage ist, komplexe und kohärente Texte sowie realistische Bilder zu generieren. Im Unternehmenskontext findet die Anwendung bisher vor allem in Interaktion mit dem Kunden und in Serviceprozessen zur effizienteren Bearbeitung von Anfragen und zur Steigerung der Servicequalität statt (vgl. Leible et al., 2024, S. 361-362). Die Forschung verdeutlicht hier, dass zusätzliche Trainingsmethoden und Feintuning-Prozesse erforderlich sind, um Modelle an spezifische Anwendungsfälle und proprietäre Daten anzupassen. Dies ist besonders relevant für die Integration in betriebliche Prozesse. Zurückzuführen ist dieser Umstand nach Wittenbrink et al. (2023, S. 201) vor allem darauf, dass Schwachstellen bei der Auswahl der Datengrundlage, der Modellerstellung als auch dem Antrainieren des Modells sowie der Modellbewertung und Interpretation der Modellergebnisse auftreten können. Hier stellt sich die Frage, welche Voraussetzung für eine *resiliente KI* geschaffen werden müssen.

Im Grundverständnis decken sich die unterschiedlichen Anforderungen bzw. notwendigen Eigenschaften zur Auslegung resilienter Systeme, ob auf der organisationalen Ebene in Bezug auf Unternehmen oder auf der methodisch-technologischen Ebene in Bezug auf konkrete Technologien wie der KI. Resilienz im unternehmerischen Kontext ist in Kapitel 2.1.1 als Kombination der Eigenschaften Antizipation, Adaptivität, Robustheit, Lernfähigkeit (vgl. Kohl et al., 2021, S. 15) als auch Redundanz (vgl. Markgraf, 2024) beschrieben, während auf der KI-Ebene neben grundlegenden hier technisch geprägten Aspekten (ebenfalls Robustheit usw.) auch Aspekte wie die Verständlichkeit bzw. Nachvollziehbarkeit, die Transparenz der

Ergebnisse und die Sicherheit von Systemen eine große Rolle spielen. Dies führt eine technologische Perspektive ein, die Auswirkungen auf die Akzeptanz und das Vertrauen derartiger Systeme hat (vgl. Wittenbrink et al., 2023, S. 201). Abbildung 15 führt diese beiden Sichtweisen zusammen.

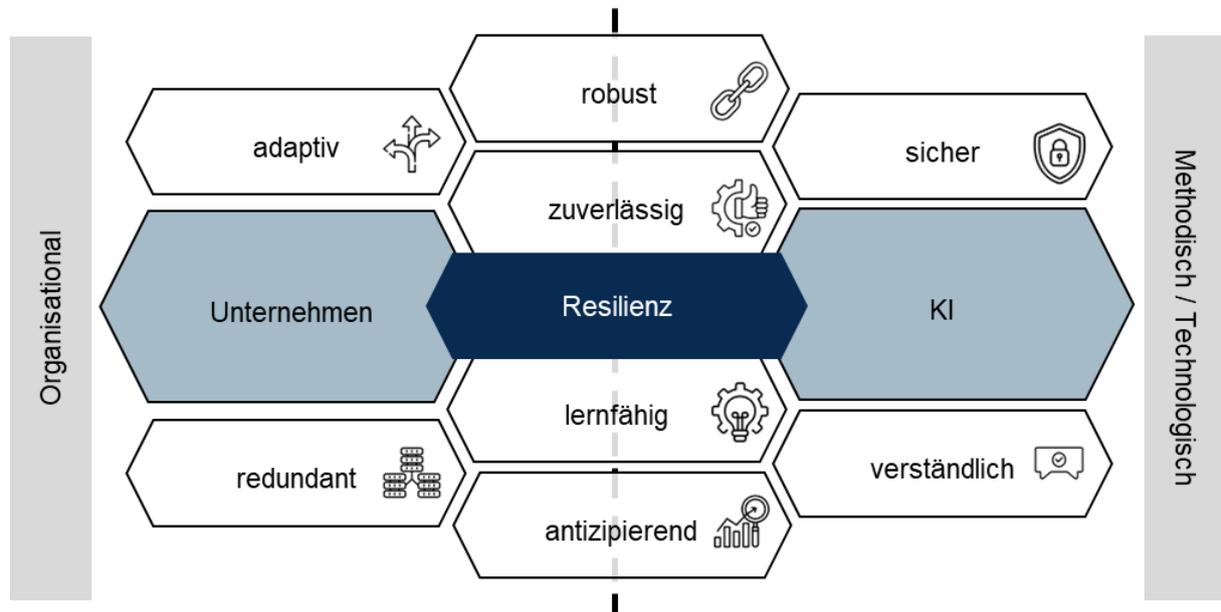


Abbildung 15: Erweitertes Verständnis der Eigenschaften zur Gestaltung resilienter Systeme (i.A.a. Wittenbrink et al., 2023, S. 201; Kohl et al., 2021, S. 15); Icons: www.flaticon.com

Als Handlungserfordernisse zur resilienzorientierten Umsetzung schlagen Wittenbrink et al. (2023, S. 206f.) bewährte Praktiken, wie die Verwendung von etablierten und konkreten Entwurfsmustern als auch die Umsetzung von Darstellungsvarianten zur Abbildung von Zusammenhängen zwischen einzelnen Handlungssegmenten, vor. Übertragen in den Kontext dieser Arbeit werden daher die Anforderungen adressiert, die einerseits einen konkreten Handlungsleitfaden zum Aufbau eines durch generative KI unterstützten Resilienzmanagementsystems inkl. Ansätzen zur Reduzierung von Datenverzerrungen (Bias) umsetzen, und andererseits Wirkzusammenhänge zwischen den einzelnen Segmenten der Geschäftsmodelle analysieren und im Zuge von technologiebasierten Veränderungsperspektiven Interdependenzen im Geschäftsmodell berücksichtigen.

Besonderes Potential bieten derartige Modelle insbesondere nach dem Training durch die Feinabstimmung auf bestimmte Anwendungsfälle und durch die Verwendung von spezifischeren oder auch unternehmenssensiblen Datensätzen und Informationsquellen. Insbesondere im Resilienzmanagement sind breite Anwendungsmöglichkeiten im Wissensmanagement, bei der Szenarioanalyse (Risiken, Trends, unvorhersehbare Ereignisse), bei der Krisenkommunikation oder Überwachung denkbar. Der folgende Abschnitt diskutiert detailliert diese Anwendungsmöglichkeiten und geht auf die Funktionsweise von generativen KI-Systemen als auch deren Bias ein.

2.3.7 Einsatz von generativen KI-Systemen zur Förderung der unternehmerischen Resilienz

Mit generativen KI-Systeme oder KI-Agenten werden in absehbarer Zeit sehr leistungsfähige Assistenzsysteme in wissensintensiven Bereichen, wie z.B. der Strategieentwicklung in der Unternehmensführung, verfügbar sein (vgl. Seufert & Meier, 2023, S. 1198). Ein zentraler Aspekt ist die Zusammenarbeit von Menschen und Maschine. KI-basierte Systeme dienen als intelligente Assistenten, die komplexe Analysen durchführen und Empfehlungen aussprechen, während die endgültigen strategischen Entscheidungen von menschlichen Experten getroffen werden. Diese Synergie ermöglicht es Unternehmen, schneller und fundierter zu entscheiden, was insbesondere in kritischen Situationen ein entscheidender Vorteil im dynamischen Wettbewerbsgeschehen sein kann. Bisherige Modellierungen von KI-Kompetenzen bleiben jedoch recht allgemein und sind dahingehend nicht spezifiziert, welches Wissen, welche Fähigkeiten und welche Einstellungen für eine erfolgreiche Interaktion mit generativen KI-Systeme benötigt werden (vgl. Seufert & Meier, 2023, S. 1194). An dieser Stelle müssen Fragestellungen beantwortet werden, die zum einen Gestaltungsoptionen der Zusammenarbeit von Menschen und KI-basierten Systemen sowie die erforderlichen Kompetenzen adressieren als auch zum anderen die verschiedenen Einsatzpotentiale, die sich im Schwerpunkt der vorliegenden Forschungsarbeit (vgl. Kapitel 1.2) ergeben können.

Im Kontext der Bewertung einer unternehmerischen Resilienz und der Entwicklung geeigneter Resilienzstrategien in produzierenden Unternehmen kann die Integration von generativer KI eine umfängliche Analyse von Geschäftsberichten, Marktdaten und -trends leisten (vgl. Lund et al., 2023, S. 4). Derartige KI-Systeme erkennen Muster und Korrelationen in historischen und aktuellen Daten, die menschliche Analysten möglicherweise entgehen. Solche Erkenntnisse können ausschlaggebend für die Antizipation zukünftiger Marktentwicklungen und potentieller Störeinflüsse sein. KI-Systeme, die auf logischer Programmierung basieren, können auch komplexe Problemlösungsstrategien entwickeln. Dabei werden verschiedene Szenarien (z.B. optimistisches, pessimistisches und neutrales Szenario, vgl. Abbildung 12) abgeleitet und Strategien vorgeschlagen, die auf wahrscheinlichen Markt- und Geschäftsveränderungen basieren. Hier kommen Unternehmen in die Lage, proaktiv Entscheidungen zu treffen, die ihre Adaptivität und Robustheit gegenüber unerwarteten Ereignissen verbessern. Ohne Robustheit ist an dieser Stelle keine Resilienz möglich (vgl. Röhe, 2022, S. 54). Statistische Verfahren als eine weitere Ebene der Datenanalyse ergänzen diese Fähigkeit zur Identifikation relevanter Trends und Abweichungen, sodass konkret für produzierende Unternehmen Vorhersagen von Produktionsausfällen, Lieferengpässen oder Veränderungen im Konsumentenverhalten abgeleitet werden können (vgl. Mockenhaupt, 2021, S. 227-269).

Für das synergetische Zusammenwirken von Menschen und KI-basiertem System spielen weiterhin die spezifischen menschlichen Kompetenzen eine wichtige Rolle. Nach Seufert & Meier (2023, S. 1204f.) gehört vor allem ein allgemeines Verständnis zur Funktionsweise von KI dazu, d.h. Unterschiede zwischen menschlicher Kompetenz und KI-Fähigkeiten und deren Limitationen als auch die Kompetenz zur Gestaltung von sogenannten *Prompts* (oder auch

Prompt Engineering als Aufgabenbeschreibung), die als Eingabeaufforderung für eine spezifische Antwort oder Aktion des KI-Systems zu verstehen ist. Um qualitativ hochwertige Ergebnisse zu erzielen, ist es notwendig, dass sich der Nutzer mit dem Anwendungszweck des Modells beschäftigt und die Eingabeaufforderungen klar, präzise und strukturiert formuliert. Ein effektiver Prompt besteht dabei aus den folgenden Komponenten (vgl. Fritz, 2024, S. 345), die in der vorliegenden Arbeit als Formulierungsanforderungen aufgefasst werden:

- Konkrete Anweisungen mit einer Zielvorgabe und Formatierungsangaben (z.B. in Form eines Textes, einer Tabelle, einer Auflistung)
- Kontextherstellung unter Bereitstellung von relevanten oder primär zu nutzenden Quellen, Dokumenten oder Informationen
- Präzisierung des Rollenbildes zur Steuerung der Perspektive des Modells
- Angabe von Beispielen zur Vorgabe, Definition der Erwartungshaltung bzw. Umfang der gewünschten Ergebnisse

Dazu kommen die Fähigkeiten zur reflexiven Beobachtung und Steuerung des eigenen Handelns und der Zusammenarbeit in der KI-Interaktion, sodass die individualisierte Weiterentwicklung eines KI-unterstützten Managementsystems realisiert werden kann, als auch die Sensibilität für die ethnischen Herausforderungen der Kooperation, die insbesondere den Vorrang des menschlichen Handelns und Transparenz zur Herleitung der KI-generierten Antworten geben sollen (vgl. Leible et al., 2024, S. 357f.; Budelacci, 2022, S. 104ff., 129ff.).

Eine wesentliche Herausforderung neben den Nutzungspotentialen von KI ist der Umgang mit *Bias*, welches auf systematische Verzerrungen in Daten oder Algorithmen abzielt, die zu ungenauen oder falschen Ergebnissen und Fehlinterpretationen führen können. Derartige Bias können aus verschiedenen Quellen entstehen und haben die Tendenz, die Objektivität, die Genauigkeit und ggf. auch die Fairness von KI-Ergebnissen zu beeinträchtigen (vgl. Poretschkin et al., 2021, S. 37). Dies ist an dieser Stelle besonders relevant in der Beurteilung der Resilienz von Unternehmen, da hieraus weitreichende Konsequenzen für strategische Entscheidungen, Investitionen oder anderweitige betriebliche Anpassungen entstehen können. Die korrekte Identifizierung und Umgang mit Bias von KI-Systemen ist daher nicht nur eine technische Notwendigkeit, sondern auch zentraler Aspekt der verantwortungsvollen Entscheidungsfindung des Unternehmensmanagements. Tabelle 11 gibt eine Übersicht an unterschiedlichen Aspekten, die bei der Bewältigung von Bias berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 11: Überblick von Bias in generativen KI-Systemen und Ansätze zur Reduzierung (vgl. Bitkom, 2024, S. 44; Fritz, 2024, S. 346; Leible et al., 2024, S. 358f.; Budelacci, 2022, S. 121f.; Poretschkin et al., 2021; Hao, 2019; Min, 2023, S. 5, 12ff.)

<i>Art des Bias</i>	<i>Ausprägung</i>	<i>Reduzierungsoptionen</i>	<i>Anforderungen an die vorliegende Methodentwicklung</i>
Datenverzerrungen	Unvollständige, nicht repräsentative Daten oder mangelnde Vielfalt in Trainingsdaten	Nutzung diversifizierter, umfassender und aktueller Datensätze	Bereitstellung aktueller Geschäftsberichte und belastbarer Datenquellen

Historische Bias	Vergangenheitsbasierte Vorurteile, z.B. durch die Bevorzugung bestimmter Parameter oder Branchen	Berücksichtigung gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und technologischer Trends und Szenarien	Sicherstellung der zeitlichen Relevanz durch aktuelle Trendanalysen und Nutzung der Szenariotechnik
Algorithmische Verzerrungen	KI-bestimmte Auswahl von Algorithmen, Modellarchitektur oder Parameterfestlegungen	Objektivierte und transparente Auswahl von Modellparametern	Implementierung von individuellen Anpassungsmöglichkeiten zur Parametrisierung, Bestimmung von Eintrittswahrscheinlichkeiten durch den Anwender
Feedback-Schleifen	Verstärkung bestehender Vorurteile durch eigene Vorhersagen der KI	Einführung von Checks, um Feedback-Schleifen zu unterbrechen	Entwicklung dynamischer Lernmodelle und Phasen zur Förderung des kontinuierlichen Verbesserns, Validierungen durch Praxispartner und andere Stakeholder
Kontextuelle Faktoren	Herausforderungen der KI, den vollen Kontext zu verstehen und Fehlinterpretationen abzuwehren	Einbeziehung menschlicher Expertise für die Kontextualisierung	Implementierung von individuellen Anpassungsmöglichkeiten zur Erweiterung und Überwachung der Kontextualisierung
Überbewertung quantitativer Daten	Unterbewertung qualitativer Aspekte wie Unternehmens- und Innovationskultur	Berücksichtigung qualitativer Daten und Einflussfaktoren	Integration von gemischten Datenmodellen und Informationsquellen zur Qualifizierung und Quantifizierung

Ein kompletter Ausschluss von Bias in KI-basierten Systemen scheint jedoch nicht möglich (vgl. Mittelstand-Digital, 2023). Die Auswirkungen von Bias können aber durch die genannten Reduzierungsoptionen und formulierten Anforderungen im Sinne einer kontinuierlichen Überprüfung, Förderung und Anpassung der KI-Modelle deutlich reduziert werden. Es ist wichtig, dass die KI-basierten Ergebnisse von Menschen überwacht und kontextualisiert werden, um eine belastbare Bewertung der Resilienz von Unternehmen zu gewährleisten. Darüber hinaus existieren weitere Risiken in Zusammenhang mit der Einführung und Nutzung von generativen KI-Systemen, die insbesondere die Aspekte Sicherheit und auch ESG-Auswirkungen betreffen (vgl. Fritz, 2024, S. 346). Konkret sind dies Aspekte des Datenschutzes, bei dem sensible Unternehmensdaten durch unüberlegte Nutzung geteilt oder Teil der Trainingsdaten werden, sowie Cyberangriffe durch professionelle Hacker. Weiterhin stehen erhebliche CO₂-Emissionen durch den Rechenaufwand bei der Modellerstellung in der öffentlichen Kritik, sowie ethische und regulatorische Fragestellungen auf unterschiedlichen Ebenen der Nutzung, die jedoch nicht tiefgreifender im Kontext dieser Arbeit behandelt werden (vgl. Leible et al., 2024, S. 357f.; Budelacci, 2022, S. 104ff., 129ff.).

Gabriel et al. (2024, S. 15-17) geben an, dass frei verfügbare generative KI-Lösungen bereits die ersten 10% an Aufgaben in Unternehmen massiv beschleunigen. Ein echter

Wettbewerbsvorteil ergibt sich aus der Unterstützung der restlichen Prozent, zu dessen Zweck u.a. fundiertes Expertenwissen eingebracht, intuitive, strukturierte Benutzererfahrungen gestaltet als auch spezifische Arbeitsbereiche zur Kompetenzerweiterung und Jobtransformation geschaffen werden müssen. Es gilt Nutzungspotentiale umfänglich zu identifizieren und Mitarbeitende und kooperierende Funktionsbereiche zu qualifizieren und kontinuierlich einzubinden (vgl. Zukunftsrat, 2024, S. 10).

2.4 Zusammenfassung Grundlagenkapitel

Die in den Kapiteln 2.1 und 2.3 aufgezeigten theoretischen Grundlagen spiegeln den aktuellen Stand der Theorie und Praxis im Themenfeld Resilienzmanagement wider und erweitern diese Darstellung stellenweise durch ein Selbstverständnis in Bezug auf das Thema Resilienz im Unternehmenskontext. Dazu ist in Kapitel 2.2 und in Vorarbeiten ein tiefgreifendes Verständnis erarbeitet und Forschungsbedarfe für diese Arbeit abgeleitet worden. Im Rahmen einer strukturierten Literaturanalyse sind Forschungslücken identifiziert worden, die den Bedarf hervorheben, Methoden des Resilienzmanagements stärker mit datenbasierten Ansätzen und digitalen Werkzeugen zu verbinden. Hervorgehoben werden muss, dass es ohne eine Risikobetrachtung keine Resilienz in Organisationen und Unternehmen geben kann (vgl. Andrae, 2023). Dieses Verständnis muss jedoch viel stärker in Richtung Chancen und Trends und im Kontext dieser Arbeit auf die Fokussierung der digitalen Transformation erweitert werden.

In Kapitel 2.3 wird die Rolle von Resilienz im Unternehmenskontext detailliert ausgearbeitet. Die Betrachtung erfolgt auf verschiedenen Ebenen, vom Denkmodell System, Prozess, Objekt, Infrastruktur (S-P-O-I) bis zu exogenen und endogenen Einflussfaktoren. Es wird weiterhin entsprechend des identifizierten Forschungsbedarfs die Verbindung zwischen Resilienz und datengetriebenen Lösungen und Technologien herausgearbeitet. Digital erweiterte Geschäftsmodelle und Kennzahlen zur Bewertung der Resilienz werden als zentrale und notwendige Stellhebel für die langfristige Förderung der unternehmerischen Resilienz beschrieben. Hier wird der Einsatz generativer KI als Wegbereiter hervorgehoben, welche neben Strategieplanungen vor allem die Analyse und Bewertung aktueller Unternehmens- und Umfeldsituationen unterstützen kann und damit die Modellierung und Ausrichtung resilienter Wertschöpfungssysteme aktiv erweitert.

Zusammenfassend zeigt sich, dass das Resilienzmanagement im Kontext der digitalen Transformation ein dynamisches und interdisziplinäres Gebiet (vgl. insbesondere Kap. 2.1.2; 2.3.2) ist. Die wissenschaftstheoretischen und methodischen Erkenntnisse werden bei der Entwicklung eines Integrationsmodells zur Auslegung resilienter Wertschöpfungssysteme sowie der verknüpften Formulierung eines entsprechenden Handlungsleitfadens zum Aufbau eines durch generative KI unterstützten Tools berücksichtigt. Der Einsatz generativer KI zur vielschichtigen Datenanalyse markiert hier den nächsten konsequenten Schritt in der digitalen Transformation und schafft neue Handlungsmöglichkeiten und Datengrundlagen, z.B. durch die Vorhersage und Modellierung zukünftiger Szenarien und die Einnahme von verschiedenen Rollenbildern, für unternehmerische Entscheidungen.

3 Entwicklung eines integrativen Modells zum Resilienzmanagement

3.1 Ergebnisanalyse Unternehmensbefragung

Mithilfe des Fragebogensetups in Anhang A ist die Zielstellung verbunden gewesen, einen Eindruck darüber zu gewinnen, welchen Stellenwert der Auslegung resilienter Geschäftsprozesse und Gestaltungsoptionen in Unternehmen beigemessen wird. Der Fragebogen ist über das Tool *Soscisurvey*¹ im Zeitraum 07/2022 – 06/2023 an ausgewählte Industriepartner und Wirtschaftsnetzwerke verteilt worden, um vor dem Hintergrund jüngster Krisenereignisse (Pandemie, Kriegskonflikte, Lieferengpässe) ein Stimmungsbild aus der Wirtschaft einzufangen. Primäres Ziel dieser zur Literaturrecherche flankierenden Maßnahme ist die Verifizierung des Bedarfs zur Steigerung der Resilienz in Unternehmen als auch die unmittelbare Aufnahme von Anforderungen zur methodischen Unterstützung eines aktiven Resilienzmanagements.

Insgesamt haben 40 Unternehmen verschiedener Größen und Branchen (Industrie / produzierendes Gewerbe (32%), Dienstleistungsgewerbe und Logistik (33%) sowie Sonstige (35%, bestehend vor allem aus Forschungsinstitutionen und Beratungsunternehmen) an der Befragung mit fünf zentralen inhaltlichen Fragen (vgl. Anhang A, Fragen 2-6) teilgenommen. Die Teilnehmenden wurden gebeten, die Wertigkeit der Zieldimensionen Effizienz, Resilienz und Nachhaltigkeit aus Unternehmenssicht zu bewerten. Dabei ist erfragt worden, ob bereits Maßnahmen ergriffen worden sind, um entsprechende Zielkriterien zu verbessern. Zusätzlich ist erfragt worden, welche Kennzahlen aktuell einen wichtigen Stellenwert aus Unternehmenssicht haben und welche zukünftig an Bedeutung gewinnen bzw. priorisiert werden. Eine weitere Fragestellung bezieht sich auf die verwendeten Werkzeuge und Methoden als auch Technologien in den Unternehmen. Von besonderem Interesse ist die Angabe, welche Dinge bereits genutzt werden bzw. welche im Rahmen einer zukünftigen Nutzung avisiert werden. Eine weitere Fragestellung zielt auf die Anforderungen an den Aufbau eines Resilienzmanagementsystems aus Unternehmenssicht ab. Hier sind konkrete Einschätzungen zum Anwendungsmodus, zum Betrachtungsfokus als auch zu Auswertungsumfängen erfragt worden. Zusammenführend ist mit der Unternehmensbefragung die Zielstellung verfolgt worden, neben den methodischen Anforderungen, Priorisierungsbedarfe im Kontext der Operationalisierung von Resilienz und Unternehmenszielen als auch das Interesse von Praxispartnern zur Erprobung und Validierung des zu entwickelnden Integrationsmodells zu erheben. Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse dieser Befragung als indikativ zu betrachten sind. Die Interviewpartner setzen sich vor allem als repräsentative Gruppe aus Sachsen-Anhalt zusammen, spiegeln möglicherweise jedoch nicht das Meinungsbild der gesamten Industrielandschaft wider. Die Ergebnisse geben jedoch aktuelle, praxisnahe Einblicke und können zusammen mit den Ergebnissen der

¹ Resilienz & Wertschöpfung – Neue Prioritäten im Kontext des Unternehmensmanagement?
[Fragebogen | Seite 1 \(soscisurvey.de\)](#)

Literaturanalyse interpretiert und für die folgende Methodenentwicklung referenziert werden. In Tabelle 12 werden die wesentlichsten Implikationen der Befragung aufgeführt, Anhang B enthält je Fragestellung entsprechende grafische Auswertungen.

Tabelle 12: Implikationen der Unternehmensbefragung „Resilienz & Wertschöpfung“ – Neue Prioritäten im Kontext des Unternehmensmanagement?

Fragestellung (Anhang A)	Auswertung, Erkenntnisse und Implikationen	Abbildung (Anhang B)
2) Bedeutung der Zieldimensionen Effizienz, Nachhaltigkeit und Resilienz	<ul style="list-style-type: none"> • In der Gesamtheit aller Teilnehmenden wird keine der Zieldimensionen (Effizienz, Nachhaltigkeit, Resilienz) eine geringere Bedeutung zwischen den Referenzjahren 2019 („Markthochlauf“) und 2022 („Marktkonsolidierung“) zugesprochen • Im Hinblick auf Einzelindikatoren gewinnen die leistungsorientierten Kennzahlen wie Prozesszeiten (57,5%) und -kosten (57,5%) an Bedeutung, ebenso resilienzoriente Indikatorik wie Wandlungsfähigkeit (65%) und Robustheit (55%) • Differenziert nach dem produzierenden Gewerbe wird der notwendige Trade-Off zwischen zeit-effizienten (69,2%) und flexiblen (53,8%) Systemen deutlich • Es sind überwiegend Maßnahmen zur Effizienzsteigerung umgesetzt (Ø 58,1%), Maßnahmen zur Resilienzsteigerung dagegen deutlich weniger (Ø 38,8%) 	vgl. Abbildung 40 vgl. Abbildung 41
3) Priorisierung von Resilienzfaktoren (Wertschöpfung, Kunde)	<ul style="list-style-type: none"> • Im Kontext Wertschöpfung (Prozess- und Steuerungsebene) wird die Verkürzung der Lieferzeit sowie die Reduzierung der Ausfallwahrscheinlichkeit von jeweils mehr als 40% der Befragten als eine zu priorisierende Kennzahl angegeben, die Erhöhung der Fertigungsqualität gehört für 80% der Befragten nicht dazu • Implikation: Oberste Prämisse ist die Verfügbarkeit von Ressourcen und Anlagen, nachrangig priorisiert ist die Ausoptimierung von Prozessen (Fertigungszeit, OEE) • Im Kontext Kunde steht das Versprechen gegenüber dem Kunden an erster Stelle: Verbesserung der Kundenzufriedenheit (67%) als auch die Erhöhung des Innovationsgrads (60%) • Implikation: Innovationen werden als entscheidend angesehen, um im volatilen Marktumfeld Kundenwünsche effektiv bedienen zu können 	vgl. Abbildung 42 vgl. Abbildung 43
4) Einsatz von Werkzeugen, Methoden zur Aufrechterhaltung von Geschäftsprozessen	<ul style="list-style-type: none"> • Im Hinblick auf die Fokusgruppe (Industrie, Logistik) befinden sich Methoden der Cyber-Security (81%), gefolgt von etablierten Managementtools im Bereich QM und Risikomanagement im Einsatz (je 58%) • Die Nutzung von Resilienzmanagementsystemen wird mit 42% angegeben, gleichzeitig geben davon 47% an, dass keine zukünftige Nutzung avisiert ist • Implikation: Das Verständnis und der Mehrwert von Resilienzmanagementsystemen ist nicht umfänglich bekannt, die avisierte Nutzung von Prognosemodellen sowie von Krisen- und Ablaufplänen 	Vgl. Abbildung 44

	<p>(Antizipation als Kerneigenschaft von Resilienz) wird dagegen mit am höchsten angegeben</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simulationsmodelle befinden sich in der Stichprobe weniger im Einsatz (lediglich 23%), hier wird großes Potential zur Modellierung alternativer Prozessvarianten gesehen 	
5) Einsatz von Technologien zur Aufrechterhaltung von Geschäftsprozessen	<ul style="list-style-type: none"> • Analyseergebnisse werden durch die wertschöpfenden Sektoren Industrie und Logistik dominiert: Eine Vielzahl an Technologien befindet sich bereits im Einsatz (Spitzenreiter: Cloud-Computing (65%)) • Alle Unternehmen bereiten sich auf die digitale Transformation vor, d.h. bisher nicht genutzte Technologien sollen perspektivisch zum Einsatz kommen, z.B. Assistenzsysteme, KI-basierte Analysen sowie Sensorik und Anlagenvernetzung bei mehr als 50% der befragten Unternehmen • Implikation: Der Anteil an Unternehmen, welche die Nutzung KI-basierter Tools avisiert, wird durch den KI-Hype ab 2021 (Zugang von generative KI an die breite Öffentlichkeit) weiter steigen 	vgl. Abbildung 45
6) Anforderungen an ein methodengestütztes Resilienzmanagementsystem	<ul style="list-style-type: none"> • Unter allen Befragten existiert eine fast gleichgewichtete Indifferenz zwischen der Anwendung als Self-Assessment- oder Beratungstool • Es wird insgesamt eine Anforderung zur ganzheitlichen Unternehmensbetrachtung (62%) gewünscht - im Gegensatz zu einer Fokussierung auf einzelne Prozesse (nur 8%) • Die Maximierung einer Zieldimension, z.B. Resilienz, wird neutral bewertet, es ist stärker die Betrachtung von Wirkungszusammenhängen und Kennzahlenverbänden gewünscht als die Fokussierung einzelner Parameter • Hinsichtlich des Auswertungsumfangs lässt sich die Anforderung ableiten, als Integrationsmodell zwischen strategischen Handlungsoptionen und kennzahlengetriebenen Auswertungen zu agieren 	Vgl. Abbildung 46

3.2 Anforderungsanalyse an eine Methodik des Resilienzmanagements

„Kontinuierliche Disruptionen sind das „New Normal“. Unternehmen müssen Schritte einleiten, um ihre Wertschöpfungskette ganzheitlich neu zu denken. Anpassungsfähigkeit, Nachhaltigkeit und ein neues kognitives Ökosystem sind der Schlüssel.“ (Stefan Schrauf)

In Tabelle 13 werden auf Basis der erarbeiteten Erkenntnisse, aus der Literaturanalyse und dem wissenschaftstheoretischen Teil der Arbeit sowie der vorgeschalteten Unternehmensbefragung, die Anforderungen an die zu entwickelnde Methodik des Resilienzmanagements und zur Unterstützung einer resilienzgetriebenen digitalen Transformation aufgeführt. Die Gestaltung von Resilienzmanagementmethoden in wertschöpfenden Unternehmen erfordert einen integrativen und systematischen Ansatz, der sowohl technologische als auch organisationale Aspekte berücksichtigt. Unternehmen stehen vor der Herausforderung, kurzfristige und langfristige technologieorientierte Gestaltungsoptionen im Resilienzmanagement zu balancieren (vgl. Kap. 2.2.4). Während kurzfristiges Kostenmanagement zu organisationalem Burnout

führen kann, ist der Aufbau langfristiger Resilienz entscheidend (vgl. Pedell et al., 2020, S. 36-39). Zentrale Anforderung ist das Austarieren von Zielen durch die Entscheidungsträger in Unternehmen, die Integration resilienzorientierter Zielsetzungen in Strategien, Prozessen und Modellen sowie das adaptive Umschalten zwischen Aufschwung und Abschwung. Resilienz muss daher als strategische Handlungsweise verstanden werden (vgl. Tabelle 4).

Eine weitere zentrale Herausforderung besteht darin, Resilienz nicht nur konzeptionell zu erfassen, sondern auch operationalisierbar zu machen, um die Situation und die Entwicklung anhand messbarer Kriterien zu bewerten. Wichtig, auch in Reflektion zur Unternehmensbefragung, ist die Anforderung zur Praktikabilität der Lösung. Diese muss sich in bestehende Prozesse integrieren lassen, wobei generative KI-Tools eine Schlüsselrolle für Produktivitätsgewinne spielen können (vgl. Zukunftsrat, 2024, S. 10). Darüber hinaus steht die kontinuierliche Verbesserung der Resilienzfähigkeit als Anforderung im Vordergrund. Unternehmen müssen in der Lage sein, durch kontinuierliches Lernen und Anpassungen ihre Belastbarkeit gegenüber zukünftigen Herausforderungen stetig zu erhöhen. Tabelle 13 führt diese Anforderungen übersichtlich zusammen und referenziert dabei die theoretische Herleitung dieser Vorgaben und gibt vorausschauend einen Link auf die methodische Umsetzung im Rahmen dieser Arbeit.

Tabelle 13: Anforderungen zur Methodengestaltung im Resilienzmanagement

<i>Anforderung</i>	<i>Ausprägung</i>	<i>Herleitung aus Kap. 2, 3.1</i>	<i>Umsetzung in Kap. 3.2 folgend</i>
Ganzheitlicher Ansatz	Umfasst die Management- und Prozessebene von Unternehmen im Kontext von organisationaler (unternehmerischer) und technischer Resilienz und schließt interne und externe Einflussfaktoren und Zukunftsszenarien ein	vgl. Tabelle 2 vgl. Tabelle 4 vgl. Tabelle 8 vgl. Abbildung 11 vgl. Abbildung 12	vgl. Abbildung 18 vgl. Abbildung 24 vgl. Anhang C vgl. Anhang D
Anwendungsfokus	Berücksichtigt die unterschiedlichen Ausgangssituationen von Unternehmen (in Reifegraden) und fokussiert die Steigerung der unternehmerischen Resilienz durch technologiebasierte Strategieentwicklung	vgl. Abbildung 13 vgl. Abbildung 15	vgl. Abbildung 16 vgl. Abbildung 22 vgl. Tabelle 22 vgl. Anhang E
Branchenfokus	Zuschnitt auf die spezifischen Bedürfnisse und Anforderungen von produzierenden Unternehmen und dessen Umfeld	vgl. Tabelle 12	vgl. Abbildung 21 vgl. Abbildung 37
Strategische Ausrichtung	Technologiebasierte Geschäftsstrategien zur Resilienzsteigerung müssen langfristig ausgerichtet und mit dem übergeordneten, digital erweiterten Geschäftsmodell verknüpft sein	vgl. Tabelle 9 vgl. Abbildung 14	vgl. Tabelle 18 vgl. Abbildung 20 vgl. Tabelle 19
Operationalisierbarkeit	Resilienz muss messbar sein, der Fortschritt bei der Umsetzung von Resilienzstrategien muss überwacht	vgl. Kap. 2.3.3 vgl. Tabelle 12	vgl. Abbildung 23 vgl. Tabelle 23 vgl. Tabelle 24

	und bewertet werden können, dabei keine Neuschöpfungen von Kennzahlen		
Praktikabilität	Einfache und durch generative KI unterstützte Integration in Arbeitsabläufe und die Organisation von Unternehmen, einfache Pflege, Nutzung und Erweiterung	vgl. Tabelle 11 vgl. Tabelle 12	vgl. Tabelle 14 vgl. Tabelle 35 vgl. Anhang G
Kontinuierliche Verbesserung	Resilienzfähigkeit muss kontinuierlich über den Lauf der Zeit (Phasen) erhöht werden (Lern- und Regenerationsfähigkeit), Unterstützung KVP-Prozess	vgl. Tabelle 2 vgl. Abbildung 3	vgl. Abbildung 23 vgl. Tabelle 24

In konsequenter Verfolgung des kontinuierlichen Lernens und damit im operativen Betrieb müssen Unternehmen Monitoring-Systeme aufsetzen, welche auf (Echtzeit-) Datenübertragungen und Interoperabilität ausgelegt sind (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 3-7). Obwohl der Fokus der Arbeit auf strategisch-taktischen Kennzahlensystemen liegt, die zur langfristigen Planung und Resilienzförderung dienen, wird zugleich eine Brücke zu operativ agierenden und unternehmensindividuell etablierten Dashboards geschaffen. Die relevanten technischen Systeme und Plattformen sollten dabei miteinander kommunizieren, um eine umfassende Datenintegration zu ermöglichen. Dies erlaubt neben der Überwachung kritischer Geschäftsprozesse auch Analysen zur Vorhersage und Vermeidung von Entwicklungstrends und Störungen, z.B. durch die effiziente Nutzung von KI-gestützten Modellen. Die Fähigkeit, Daten umfangreich (in Echtzeit) zu erfassen und schnittstellenübergreifend zu übertragen, schafft die Basis für ein dynamisches Resilienzmanagement in Unternehmen.

Die Einbeziehung generativer KI-Systeme in aktive Resilienzmanagementprozesse und damit die Entwicklung des angestrebten Integrationsmodells kann nach der wissenschaftlichen Auseinandersetzung in den Kapiteln 2.3.6 und 2.3.7 auf verschiedene Arten von Nutzen sein:

- Strukturiertes Zusammenbringen von Datenquellen zur Datenanalyse und Mustererkennung, d.h. Erkennung von Mustern und Trends in großen Datenmengen, dabei auch mit Möglichkeiten der Korrelationsanalyse
- Szenarienmodellierung und Prognose zur Herleitung heterogener Entwicklungsszenarien für bestimmte Ereignisse inkl. Ableitung der Auswirkungen auf die Resilienzfähigkeit von Unternehmen und Entwicklung von proaktiven Maßnahmen zur Bewältigung aufkommender Herausforderungen
- Automatisierung der Erstellung von Berichten und Dokumente durch die Zusammenstellung relevanter Informationen in einem standardisierten Format und zur Verbesserung der Kommunikationsprozesse
- Personalisierung von Lösungen, d.h. Berücksichtigung unternehmensspezifischer Kontexte, Herausforderungen und Bedürfnisse für individuelle und adaptierbare Lösungen
- Feedback und kontinuierliche Verbesserung im Sinne der Prüfung der Wirksamkeit von Resilienzstrategien auf Basis sich ändernder Einflussgrößen und neuer Informationen

Um diese Potentiale zu heben, bedarf es einem strukturierten Prompt Engineering, welches in der Umsetzung die Reduzierung entsprechender Bias (vgl. Kap. 2.3.7) berücksichtigt, und gleichzeitig der Auswahl eines geeigneten Modells auf dem Markt. Der Anspruch der Arbeit ist die einfache und unterstützte Integration in Arbeitsabläufe von Unternehmen (vgl. Zukunftsrat, 2024, S. 11f.), sodass keine proprietäre, sondern eine allgemeingültige und verfügbare Lösung vorgeschlagen wird. In Tabelle 14 findet sich eine Gegenüberstellung von verschiedenen generativen KI-Modellen, welche sich nach Einsatzzwecken, Vorteilen und Nachteilen als auch der Eignung zum Aufbau eines individualisierten Resilienzmanagements differenziert. Hinsichtlich der Funktionsweise basiert die Anwendung aller Modelle auf Transformer-Architekturen, einer besonderen Netzwerkarchitektur von verbundenen künstlichen Neuronen (vgl. FhG, 2024, S. 2; Brown et al., 2020, S. 3). Anzumerken ist, dass die Übersicht eine aktuelle Momentaufnahme (Stand: 10/2024) darstellt. In Zusammenhang mit der Entwicklung generativer KI-Modelle ist auch weiterhin eine exponentielle Entwicklung zu erwarten, die weitere Tools in kurzer Zeit hervorbringen kann. Dadurch wird die aus Unternehmenssicht formulierte Zielsetzung zur aufwandsvertretbaren Handhabung unterstrichen, auf vortrainierte Modelle zurückzugreifen und komplexe und ressourcenintensive Prozesse der eigens getriebenen KI-Entwicklung für den initialen Aufbau eines Resilienzmanagementsystems zu vermeiden.

Tabelle 14: Gegenüberstellung ausgewählter generativer KI-Modelle (Momentaufnahme)

<i>Modell</i>	<i>Unternehmen</i>	<i>Einsatzzweck</i>	<i>Vorteil</i>	<i>Nachteil</i>	<i>Eignung zum Aufbau eines Resilienzmanagementsystems</i>
ChatGPT	Open AI	Textgenerierung, Konversations-KI, Serviceorientierung	Hohe Sprachqualität, Vielseitigkeit	Möglicher Kontextverlust bei langen Gesprächen	Hoch (allerdings Datenschutzbedenken)
Claude	Anthropic	Geschäftskommunikation, Unterstützung bei Entscheidungsprozessen	Gut für formale Kommunikation, präzise Antworten	Einschränkungen in kreativen Herleitungen und Schreiben	Mittel (Eignung in formalisierten Krisen- und Notfallsituationen)
Copilot	Microsoft	Programmierungunterstützung, Code-Vervollständigung	Hohe Effizienz für Entwickler, Reduktion von Entwicklungszeiten	Begrenzte Fähigkeiten außerhalb von Programmierkontexten	Mittel (Eignung eher im operativ-technischen Kontext)
DALL-E	Open AI	Generierung von Bildern aus Textbeschreibungen	Kreative Bildgenerierung, Anwendung in Designprozessen	Ungenau und unerwartete Ergebnisse möglich	Gering (Fokus auf visuelle Aspekte)
Gemini	Google	Allgemeine KI-Anwendungen, Forschung und Entwicklung	Integration von Google-Diensten möglich	Hoher Komplexitätsgrad und Datenbedarf zur Anwendung	Mittel bis hoch (weniger zugänglich für kommerzielle Anwendungen)

Grok	xAI	Unternehmensanalyse, Prozessoptimierungen	Tiefe Analysefähigkeiten, für geschäftliche Anwendungen	Hoher Komplexitätsgrad und Datenbedarf zur Anwendung	Mittel (Umfangreiche spezifische Anpassungen und Daten notwendig)
Meta AI	Meta	Soziale Medien, Bild- und Textanalyse	Multimodale Fähigkeiten (Text, Bild)	Starke Fokussierung auf soziale Plattformen, noch nicht in Deutschland verfügbar	Gering (Fokus auf soziale Dimension)
Mistral	Mistral AI	Effiziente KI-Modelle für Textverarbeitung	Schnelle Verarbeitung, geringe Hardwareanforderungen	Weniger leistungsfähig als die großen Modelle (wie ChatGPT)	Mittel (nützlich bei Szenarien mit schnellen Entscheidungshorizonten, Fokus der Arbeit allerdings strategisch)
Ollama	Ollama	Lokale KI-Modelle, Datenschutzfokus	Lokale Datenverarbeitung, keine Abhängigkeit von Cloud-Diensten	Eingeschränkte Skalierbarkeit, geringe Datenmengen verfügbar	Mittel (keine breite Wissensbasis, nützlich für Datenschutz-Anwendungen)
Partyrock	Amazon AWS	Schnelle Entwicklung von Prototypen für KI-Anwendungen	Einfache Handhabung, ermöglicht schnelles Testen von Ideen	Eingeschränkte Skalierbarkeit und Funktionsumfang	Mittel (Eignung vor allem in einer Prototypenphase zur Ideenvalidierung)
Perplexity	Perplexity AI	Beantwortung von Wissensfragen, Recherche	Hohe Genauigkeit bei Fakten, gute Recherchefähigkeit	Komplexe Anfragen können nicht immer korrekt interpretiert werden	Mittel bis hoch (starke Datenabhängigkeit bzgl. Kontextverständnis)

Zusammenfassend lässt sich bzgl. der Eignung und Einschränkungen beim Aufbau eines Systems zum aktiven Resilienzmanagement für Unternehmen feststellen, dass alle öffentlichen KI-Tools die Herausforderung eint, Datenverluste bzw. -bedenken in Kauf zu nehmen, da viele Modelle umfangreiche Daten benötigen, insbesondere bei der Verarbeitung von sensiblen Unternehmensdaten und Informationen. Durch die erheblichen Aufwände in der Modellerstellung liegt die Marktmacht bei wenigen großen Akteuren (Meta, Google, Microsoft, u.Ä.) (vgl. Fritz, 2024, S. 346), sodass die Anwendungen im Kontext dieser Arbeit auf Basis existierender und generisch vortrainierter Foundation Modelle (vgl. Kap. 2.3.6) basiert, die auf die spezifische Zielstellung der Arbeit angepasst und trainiert werden. Einige der oben genannte Modelle sind bereits auf spezifische Anwendungsbereiche (z.B. Programmierung, Soziales, Bildgebung) spezialisiert, können aber im Kerngedanken des ganzheitlichen Ansatzes zum Resilienzmanagement nur geringfügig nutzbringend sein. Weiterhin besteht durchgehend Anpassungsbedarf mit spezifischen Daten und Szenarien, um ein individualisiertes Resilienzmanagement effektiv zu unterstützen, was zusätzlichen Aufwand und technische Expertise erfordert.

Oftmals besteht kein Zugang zu Inhalten hinter einer Bezahlschranke oder vertraulichen Datensätzen. Die Lösung liegt im Ansatz des Aufbaus eines abgeschirmten und spezifischen generativen KI-Modells zur Berücksichtigung der jeweiligen Informationsklassifizierung von Dokumenten und Daten sowie deren Schutz. Je nach Modellaufbau (öffentlich, lokal) kann die Einbindung vertraulicher Informationen (Auftragsdaten, Programmplanungen, Zugangsdaten zu verschiedenen Services) realisiert werden, mit der es möglich ist, unternehmensspezifisches Fein-Tuning der KI und damit belastbarere Entscheidungsvorlagen für relevante Anwendungsfälle zu erhalten (vgl. Tabelle 15).

Tabelle 15: Beurteilung von Datentypen und Modelleignung

Informationsklassifizierung	Datentypen (Auswahl)	Modelleignung
Öffentlich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produktkataloge ▪ Geschäftsberichte ▪ Positionspapiere 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eignung für öffentliche GPT-Modelle und On-Premise-Systeme (unter Beachtung von Copyrights, klassifizierten Datentypen)
Intern	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strategieberichte ▪ Finanzberichte ▪ Operative Kennzahlen ▪ Projektpläne 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht geeignet für öffentliche GPT-Modell ▪ Eignung für On-Premise-Systeme mit Verschlüsselung und Zugriffsmanagement (ISO 27001, u.Ä.)
Vertraulich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spez. Marktstrategien ▪ Programmpläne ▪ Kundendaten ▪ Techn. Spezifikationen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht geeignet für öffentliche GPT-Modelle ▪ Eignung für On-Premise-Systeme mit zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen (Verschlüsselung, Zugriffsbeschränkungen, Audit) (DSGVO, NDA, u.w.)
Streng vertraulich	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mitarbeiterdaten ▪ Gesundheitsdaten ▪ Zugangsinformationen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht geeignet für öffentliche GPT-Modelle ▪ Eignung für On-Premise-Systeme nur unter weiteren strengen Datenschutzvorkehrungen (DSGVO, HIPAA, u.w.)

Im Kontext dieser Arbeit eignet sich insbesondere der *OpenAI GPT Builder*, der als serviceorientierte Konversations-KI und skalierbare Open Source Lösung ein vielfältiges und gleichzeitig spezifiziertes Aufgabenspektrum der auf S. 69 genannten Nutzenarten (Zusammenführung heterogener Datenquellen, Szenarioanalyse, Automatisiertes Reporting) für das Integrationsmodell abdecken kann. Das Tool zeichnet sich dadurch aus, dass Arbeiten mit unterschiedlichen Dateiformaten (PDF, Word, PowerPoint, u.w.) und geregelte Zugriffskontrollen möglich sind (vgl. Open AI, 2024). Hochgeladene Daten werden im Online-Modus über TLS (Transport Layer Security) verschlüsselt, sodass Datenschutz während der Übertragung zugesichert wird. Im Offline-Modus dagegen werden Daten auf dem Server via AES (Advanced Encryption Standard) verschlüsselt. In bedenklichen Fällen sollte eine lokale Lösung unter der Implementierung weiterer Sicherheitsprotokolle und unter Einbindung des unternehmenseigenem IT-Sicherheitsteams evaluiert werden (vgl. Bitkom, 2024, S. 32, 39). Die konkrete lokale, technische und unternehmensindividuelle Integration liegt dabei außerhalb des Fokus dieser Arbeit, es werden jedoch Handlungs- und Umsetzungsempfehlungen formuliert. Aus Datensicherungs- und -wiederherstellungsgründen wird das softwaretechnisch entwickelte Excel-Tool mit einer Makro-Schnittstelle zur generativen KI genutzt (vgl. Kap. 1.2). Damit wird der Weg für die Implementierung von „KI-assisted works“ innerhalb von Organisationen geebnet. Anwender

können durch diese Unterstützung im Zuge repetitiver oder komplexer Aufgaben, wie z.B. die Zusammenführung heterogener Datenquellen, durch das Erstellen von Szenarioanalysen und automatisierten Reports entlastet werden.

3.3 Voraussetzungen zur Etablierung eines Resilienzmanagements

In Reflektion zur Anforderungsanalyse im vorherigen Abschnitt (vgl. Tabelle 13) ist die Zielsetzung ein Integrationsmodell für das Resilienzmanagement zu entwickeln, welches die strategische Managementebene unterstützt, proaktiv Veränderungen und dabei auch den Fortschritt bei der Umsetzung von resilienzfördernden Strategien zu bewerten. Um Unternehmen im dynamischen Marktumfeld bei dem Auf- und Ausbau eines solchen Resilienzmanagements zu unterstützen, werden in Form von Entwicklungsstufen organisationale, technische und personelle Voraussetzungen sowie Erfolgsfaktoren beschrieben. Während zu Beginn kein systematischer und strategischer Handlungsleitfaden existiert, wird das Resilienzmanagement in optimierter Ausprägung als integraler Bestandteil der Unternehmensstrategie betrachtet. Voraussetzung ist, dass die Funktionen und Handlungsweisen in bestehende Geschäftsstrukturen und -bereiche integriert werden, sodass unmittelbar agiert und gestaltet werden kann. Es wird davon abgesehen, ein umfangreiches *Change Management* (deutsch: Veränderungsmanagement) im Sinne der Umsetzung ausgewählter Maßnahmen einzusetzen, welches Abteilungen oder die gesamte Organisationsstruktur tiefgreifend verändert und von einem Ausgangszustand zu einem definierten neuen Zielzustand überführt (vgl. Steinle et al., 2008, S. 21-33). Demgegenüber stehen allerdings Veränderungsperspektiven innerhalb von Unternehmen, die mit der fortschreitenden Digitalisierung und Integration von Technologielösungen einhergehen. Voraussetzungen zur Analyse, Bewertung und Planung von Veränderungsprozessen dieser Art finden im Kontext dieser Arbeit Berücksichtigung. Abbildung 16 illustriert ein Reifegradmodell, welches die Entwicklungsstufen zur Umsetzung eines aktiven Resilienzmanagements in Unternehmen beschreibt. Die Entwicklungsstufen werden ebenfalls bei der Interpretation der im folgenden Kapitel 3.4 beschriebenen Positionsbestimmung und Verortung in der Resilienzmatrix (vgl. Abbildung 18) herangezogen.

3 Entwicklung eines integrativen Modells zum Resilienzmanagement

Integrationsumfang	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5	Status Quo
	Die Organisation reagiert auf Störungen und Ausfälle. Es existiert kein systematischer und strategischer Handlungsleitfaden.	Erste Formalisierung von Prozessen und Verfahren zur Vorbereitung von unerwarteten Ereignissen finden statt. Notfallpläne und klare Verantwortlichkeiten sind definiert.	Resilienzmanagement ist Bestandteil der Unternehmensstrategie – mit formalen Richtlinien, Verfahren, Schulungen und umfassenden Risikobewertungen.	Kontinuierliche Überwachung und Testen der Leistung und Wirksamkeit der Resilienzstrategien unter Einbeziehung von Experten- und Erfahrungswissen	Resilienzmanagement ist integraler Bestandteil der Unternehmensstrategie – mit MVP, Optimierung und umfassenden Schulungs- und Sensibilisierungsangebote für Mitarbeitende	
	Ad hoc	Wiederholbar	Definiert	Beherrschbar	Optimiert	
	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau von Datenmanagementsystemen und Datenanalyse-Tools Aufbau eines Business Continuity Management (BCM) zur Darstellung und Analyse der IST-Situation 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung zuverlässiger Infrastrukturen (redundante IT-Infrastruktur, Datenmodelle, stabile Energieversorgung) Ausbau eines BCM mit konkreten Maßnahmen zur Sicherstellung der Geschäftskontinuität 	<ul style="list-style-type: none"> Effiziente Datenmanagementsysteme als Basis zur Nutzung von Technologielösungen Digitalisierungslösungen zur effizienten und automatisierten Datenerfassung Definierte Monitoring-Systeme und Operationalisierungsgrößen 	<ul style="list-style-type: none"> Integration von Technologielösungen (IoT, KI), prädiktiven Modellen und Big Data Analysen Ausbau zu leistungsfähigen Netzwerken mit wirksamen IT-Sicherheitsstrategien Flexibilisierung des Energiesystems 	<ul style="list-style-type: none"> Zusammenspiel von Technologielösungen in IoT-Netzwerken Einsatz von KI als Entscheidungshilfe und Dezentralisierungslösungen (z.B. Cloud Computing) Flexibilisierter Einsatz von technischen Infrastrukturen 	Technisch
	<ul style="list-style-type: none"> Resilienzfähigkeit wird als wesentliche Eigenschaft zur Sicherung der unternehmerischen Handlungsfähigkeit erkannt Strukturierte Erarbeitung des eigenen Geschäftsmodells 	<ul style="list-style-type: none"> Verfügbarkeit von Notfall- und Krisenplänen Definition klarer Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten Benennung von Resilienz-Beauftragten zur Strategieentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Schulungen und Trainings zur angemessenen Reaktion bei Störungen (Krisenmanagement) Kontinuierliche Prozessbewertungen Szenarioplanungen 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitschaft der agilen Zusammenarbeit, um Prozesse und Strukturen bei Bedarf anzupassen Workshops zur Zusammenarbeit im Störfall Szenariosimulationen 	<ul style="list-style-type: none"> Kultur der Offenheit, Kreativität und Zusammenarbeit Förderung von Innovationen Erweiterte Schulungsangebote zum Umgang mit Technologielösungen 	Organisatorisch
	<ul style="list-style-type: none"> Auswahl von motivierten und engagierten Personen, die die Bedeutung der Resilienz für Unternehmen verstehen und sich dafür einsetzen 	<ul style="list-style-type: none"> Ausweitung der Entscheidungsbefugnis der Mitarbeitenden im Störfall zur schnellen und effektiven Entscheidungsfindung 	<ul style="list-style-type: none"> Ausbildung kompetenter Mitarbeiter mit Fähigkeiten im Bereich Risikomanagement, Krisenmanagement, IT-Sicherheit, Datenanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> Qualifizierung sämtlicher Mitarbeitenden im Bereich des Resilienzmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> Interdisziplinäre Teams mit Fachwissen aus verschiedenen Fachbereichen Offene Innovationskultur 	Personell

Abbildung 16: Reifegradmodell – Anforderungen und Voraussetzungen zur Etablierung eines Resilienzmanagements (i.A.a. Stephenson, 2010, S. 350)

In der Anfangsphase, der Stufe 1 – „Ad hoc“, werden die Organisationen zu Beginn als fast ausschließlich reagierend charakterisiert. Es existiert kein systematischer oder strategischer Handlungsleitfaden, um auf Störungen oder Ausfälle und zu reagieren. Zur Befähigung sollten grundlegende Datenmanagementsysteme und Analyse-Tools eingerichtet werden. Ein BCM sollte aufgesetzt werden, um kritische Prozesse zu identifizieren und die aktuelle Situation zu analysieren (vgl. Kap. 2.1.2). Ebenso braucht es stabile Infrastrukturen mit redundanten IT-Systemen und einer weitestgehend zuverlässigen Energieversorgung. Robuste technische Infrastrukturen sind die Basis für die Wertschöpfungsprozesse in Unternehmen (vgl. Kap. 2.3.1). Resilienz wird hier als entscheidende Eigenschaft zur Sicherung der unternehmerischen Handlungsfähigkeit anerkannt. Personell ist es daher wichtig, Schlüsselpersonen zu identifizieren, die die Resilienzthematik vorantreiben und im Ernstfall mit einer Veränderungsbereitschaft schnell reagieren können (vgl. Becker, 2020, S. 3). Neben dem Bewusstsein des unternehmerischen Geschäftsmodells sollten Notfall- und Krisenpläne existieren sowie klare Verantwortlichkeiten festgelegt werden, um erste Strukturen und Prozesse zu etablieren, die eine effektive Reaktion in erforderlichen Situationen ermöglichen (vgl. Abbildung 6). In praktischer Reflektion ist der Stufe 1 auch ein Unternehmenszustand vorgelagert, der Unternehmen als „nicht in der Lage“ (Stufe 0) definiert, um auf Störungen, Events oder Krisen zu reagieren. In dieser Phase existieren demnach weder Strukturen noch Prozesse, die auf unerwartete Ereignisse vorbereitet sind. Es fehlen grundlegende Mechanismen, formalisierte Vorgehensweise und klare Verantwortlichkeiten, die eine fehlende Resilienz und eine hohe Abhängigkeit von externen Einflussfaktoren kennzeichnen.

Die Stufe 2 – „Wiederholbar“ baut auf den technischen, organisatorischen und personellen Voraussetzungen auf und greift erste Formalisierungen von Prozessen und Verfahren zur Vorbereitung von unerwarteten Ereignissen (negativ oder positiv) auf (vgl. Abbildung 5). Mitarbeitende verfügen über Handlungsanweisungen und sind in der Lage, im Ernstfall selbstständig Entscheidungen zu treffen. Hier ist es wichtig, die Entscheidungsbefugnisse von Mitarbeitenden zu erweitern, um agile und effektive Entscheidungsfindungen zu realisieren. Technisch erfordert diese Stufe die Einführung von zuverlässigen Infrastrukturen und Datenmodellen, um Daten strukturiert zu erfassen und analysieren zu können. Effiziente Datenmanagementsysteme dienen als Grundlage für den Einsatz von Technologielösungen (vgl. Kap. 2.3.6).

Resilienzmanagement wird in Stufe 3 – „Definiert“ als Bestandteil der Unternehmensstrategie mit formalen Richtlinien, Verfahren, Schulungen und umfassenden Risikobewertungen verstanden. Kompetente Mitarbeitende sollten insbesondere in den Bereichen Risikomanagement, Krisenmanagement und IT-Sicherheit sensibilisiert und ausgebildet werden. Eine kontinuierliche Weiterbildung der Mitarbeitenden ist erforderlich, um sicherzustellen, dass diese über die neuesten Entwicklungen, Technologien und Verfahren informiert sind. Die Durchführung regelmäßiger Schulungen, Übungen und Szenarientests hilft die Wirksamkeit der bestehenden Ablaufpläne zu überprüfen und zu verbessern. Technisch sollte die Einführung von Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen erfolgt sein, um Daten zuverlässig erfassen und bewerten zu können. Die Bewertung erfolgt durch definierte Monitoring-Systeme und resilienzierte Operationalisierungsgrößen.

Die kontinuierliche Überwachung und das Testen der Leistung und Wirksamkeit der Resilienzstrategien unter Einbeziehung von Experten- und Erfahrungswissen ist in Stufe 4 – „Beherrschbar“ charakteristisch. Hier ist es wichtig, leistungsfähige Netzwerke mit wirksamen IT-Sicherheitsstrategien aufzubauen. Vernetzte Systeme im Sinne einer Industrie 4.0 (z.B. durch die Integration von IoT-Sensoren, Big-Data-Analysen) müssen stabil ausgelegt und idealerweise in Echtzeit miteinander kommunizieren können. Die effektive Adressierung von IT-Sicherheitsrisiken (Industriespionage, Betrug, Datenmanipulation) ist entscheidend für das Gelingen eines aktiven Resilienzmanagements (vgl. Endres et al., 2015; S. 29). Weiterhin ist die Zusammensetzung von interdisziplinären Teams relevant, die umfassende Expertise in verschiedenen Bereichen besitzen und eng zusammenarbeiten können. Diese Entwicklungsstufe erfordert bereits eine fortgeschrittene technische Infrastruktur, die in der Lage ist, große Datenmengen zu verarbeiten und zu analysieren. Hilfestellung bieten für ausgewählte Einsatzzwecke bereits verfügbare generative KI-Modelle (vgl. Tabelle 14). Auch technische Infrastrukturen wie das Energiesystem sind im Idealfall flexibilisiert und verbessern das Zusammenspiel von Technologielösungen in IoT-Netzwerken. Organisatorisch ist es unerlässlich, dass kontinuierliche Verbesserungsprozesse (vgl. Kap. 2.1.2) etabliert werden, die auf regelmäßigen Audits, Tests und Evaluierungen von verschiedenen Szenarien basieren.

In Stufe 5 – „Optimiert“ ist das Resilienzmanagement integraler Bestandteil der Unternehmensstrategie, mit KVP, entsprechenden Optimierungen und umfassenden Schulungs- und Sensibilisierungsangebote für die Mitarbeitenden in einer offenen Innovationskultur (vgl. Tabelle 2). Resilienzmanagement ist damit tief in der Unternehmenskultur verankert. Alle Mitarbeitenden sind nicht nur gut geschult, sondern auch in der Lage sein, flexibel und kreativ im Kontext neuer Herausforderungen zu agieren. Es existiert ein strukturierter Prozess zur Förderung und zum Nachhalten von Innovationen. Auf technischer Ebene erfolgt im Ideal eine vollständige Integration und Nutzung moderner Technologielösungen, um die strategischen Handlungsfelder von Resilienz im Kontext von Industrie 4.0 wie Interoperabilität, Skalierbarkeit und Versorgungssicherheit (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 3-7) (z.B. durch Cloud Computing, dezentrale Energielösungen) bedienen und entsprechende Maßnahmen erfolgreich umsetzen zu können.

In der theoretischen Betrachtung weist das Reifegradmodell die Herausforderung auf, dass Unternehmen in den verschiedenen Anforderungsdimensionen, technisch, organisatorisch und personell, in unterschiedlichen Entwicklungsstufen sein können. So kann ein Unternehmen z.B. in technischer Hinsicht bereits auf einem hohen Reifegrad agieren, während organisatorische Strukturen oder personelle Schulungen erst auf einem niedrigeren Reifegrad etabliert sind. Diese Heterogenität in der Reifeentwicklung spiegelt die realistische Dynamik von Unternehmen wider, in der Entwicklungsfortschritte nicht in allen Dimensionen gleichzeitig oder gleichmäßig erfolgen. Im Hinblick auf die Positionsbestimmung von Unternehmen (vgl. Kap. 3.4.1) kann das vorliegende Modell für jede Dimension (technisch, organisatorisch, personell) einen separaten Reifegrad bestimmen. Diese differenzierten Reifegrade können dann als Grundlage für differenzierte Entwicklungsstrategien dienen, die gezielt auf Schwachstellen in den jeweiligen Bereichen abzielen. So wird der Fokus auf die spezifischen Bedarfe und

Prioritäten in jeder Dimension gelegt, was zu einer ausgewogenen und zielgerichteten Weiterentwicklung des Unternehmens führt.

Im Schluß mit der im folgenden Kapitel 3.4 beschriebenen Berechnungssystematik zur Verortung eines Unternehmens in der entwickelten *Resilienzmatrix*, als Zusammenführung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse, kann es als zentrale Zielstellung aus Unternehmenssicht verstanden werden, die Stufe 5 zu erlangen. In der Praxis scheint es jedoch nicht realistisch, in einem vollständig optimierten Zustand zu agieren. Auf Grund der Komplexität der Realität, der prinzipiellen Unvollständigkeit und Unsicherheit der Informationen über die Zukunft sowie wegen begrenzter Managementfähigkeiten und -kapazitäten kann generell nicht davon ausgegangen werden, dass die in der Praxis realisierten Wertschöpfungssysteme in dem bislang definierten, idealtypischen Sinne vollständig resilient sind (vgl. Dyckhoff & Spengler, 2010, S. 132). In diesem Verständnis ist Resilienz neben Effizienz und Nachhaltigkeit ein Erfolgsprinzip und bildet insgesamt zwar eine anzustrebende aber kaum erreichbare Grenze, an deren die absolute Vorteilhaftigkeit realisierter Maßnahmen widerspiegelt werden kann. An dieser Stelle ist die Anforderung abgeleitet worden, neben der Positionsbestimmung (Ist-Analyse) auch eine Szenarioanalyse für zukünftige Entwicklungen zu integrieren. In der Berechnungssystematik spiegelt sich dieser Umstand darin wider, dass rein rechnerisch eine glatte „5“ nur unter der sehr unwahrscheinlichen Bestbewertung aller Einflussfaktoren angenommen werden kann, grundsätzlich werden bei sehr optimistischen Bewertungen Dezimalwerte zwischen „4“ und „5“ erreicht.

In Zusammenhang mit der digitalen Transformation kennzeichnet Röhe (2022, S. 116) Unternehmen als digital, wenn mehr als 80% der Daten in digitaler Form vorliegen bzw. mehr als 80% einer Auswertung durch Software zugänglich gemacht werden. Charakterisiert werden solche Unternehmen vor allem durch den Einsatz von ERP-Systemen zur Abwicklung zentraler Unternehmensprozesse oder Business Intelligence (BI-) Systemen zur Entscheidungshilfe unterstützt. Hier ergeben sich auch in Verknüpfung mit der Automatisierung relevante resilienzfördernde Tätigkeitsoptionen: Die fortlaufende Auswertung großer Datenmengen, die Identifikation von Korrelationen und Mustern, die Anbindung externer Datenquellen und die Beschleunigung von Entscheidungsprozessen (vgl. Röhe, 2022, S. 117). Nichtsdestotrotz ist an dieser Stelle hervorzuheben, dass Resilienzmanagement auf allen Entwicklungsstufen, vom analogen bis zum vollständig digitalisierten und selbstadaptierenden Unternehmen, umsetzbar ist. Mit dem Erreichen eines entsprechenden Digitalisierungsgrads sind jedoch vor allem das Messen von relevanten Parametern zur Bewertung von Resilienz und die Möglichkeit zur Ableitung entsprechender Maßnahmen ein entscheidender Vorteil (vgl. Ries et al., 2022, S. 98f.; Röhe, 2022, S. 123). Im Kontext des Reifegradmodells bedeutet dies, dass auf Stufe 1 grundlegende Voraussetzungen für eine digitale Datenverarbeitung geschaffen werden. Dies inkludiert die Verfügbarkeit von Hardware, einfachen Softwareanwendungen und Tools zur Datenauswertung. Auf den nächsten Entwicklungsstufen erarbeiten Unternehmen die Fähigkeit, große Datenmengen systematisch auszuwerten, Informationen zu vernetzen und Kollaborationstools anzuwenden. Entscheidend ist es, Insellösungen zu vermeiden und mit Digitalisierungs- und Technologiestrategien den Informationsfluss geschäftsbereichsübergreifend zu gestalten (vgl. Ries et al., S. 98). Auf den beiden obersten Entwicklungsstufen zeichnet sich die

Fähigkeit, Datenmengen prädiktiv bewertbar zu machen und Dienstleistungen sowie Produkte für den Kunden zu vernetzen, deutlich ab. Die Digitalisierung nimmt damit eine zentrale Rolle in der resilienzorientierten Wertschöpfung ein.

Insgesamt hilft das Reifegradmodell Unternehmen, systematisch die Entwicklung von Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften anzugehen und sicherzustellen, dass technische, organisatorische und personelle Voraussetzungen erfüllt sind. Umfassende Schulungsangebote sowie der Einsatz innovativer Technologielösungen bereiten Unternehmen in allen Resilienzphasen auf entsprechende Handlungsoptionen vor.

3.4 Umsetzung einer resilienzorientierten Unternehmens- und Umfeldanalyse

Eine fundierte Positionsbestimmung ist die Basis, um die aktuelle Resilienzfähigkeit einer Organisation oder eines Unternehmens zu verstehen. Die Bewertung umfasst als ganzheitlicher Ansatz alle hergeleiteten internen und externen Einflussfaktoren (vgl. Tabelle 8) sowie zukünftige Entwicklungen in den gleichen Dimensionen in Form einer Szenarioanalyse (vgl. Abbildung 12). Ziel ist es, Transparenz über die eigene Position (Stärken und Schwächen) und deren Entwicklungsperspektive (Chancen und Risiken) zu erhalten und darauf aufbauend passfähige zu priorisierende Strategien und Maßnahmen zu entwickeln.

3.4.1 Methodenbaustein: Positionsbestimmung

Im ersten Schritt erfolgt die *Positionsbestimmung* anhand einer strukturierten Bewertung der *inneren Stärke* der Organisation in Form von hergeleiteten Fragestellungen zur Beurteilung des aktuellen Ist-Standes der internen Einflussfaktoren. Hierzu zählen die Einflussfaktoren Organisationsstruktur, Management, Finanzen, Mitarbeitende und Kultur, Ressourcen sowie Innovation. Als vorbereitender Schritt ist die Zusammenstellung von relevanten Dokumenten und bereits getätigten Analysen sinnvoll, um so spezifische Anlerneeffekte im generativen KI-Tool zu erzielen. Dies können durchgeführte SWOT-, PESTEL- oder ähnliche Analysen (vgl. Kap. 2.3.2) sein als auch Dokumente wie Geschäfts-, Finanz- oder Nachhaltigkeitsberichte. In datentechnisch geschützten Entwicklungs- und Arbeitsumgebungen können zudem interne Strategiedokumente, Markt- und Leistungshistorien integriert werden. An dieser Stelle ist die Informationsklassifizierung der verwendeten Informationsquellen zu beachten (vgl. Tabelle 15). Die Bewertung erfolgt anschließend im Kontext der eigenen Stärken und Schwächen in standardisierter Form in jeweils drei Fragestellungen durch den Anwender. An dieser Stelle werden dem Anwender mögliche Indikatoren und Kennzahlen zur Bewertungsunterstützung vorgeschlagen. Exemplarisch wird an dieser Stelle der Einflussfaktor *Innovation* herausgegriffen (vgl. Tabelle 16). Die Gesamtheit an Fragestellungen je internem Einflussfaktor sind Anhang C zu entnehmen. Dort sind ebenfalls Empfehlungen zur Bereitstellung von Dokumentenarten gegeben, die die Beurteilungsfähigkeit der generativen KI fördern können, als auch mögliche Indikatoren und Kennzahlen zur Bewertungsunterstützung.

Tabelle 16: Positionsbestimmung – Exemplarische Darstellung zur Bewertung des Einflussfaktors Innovation

Einflussfaktor	Fragestellungen	Bewertung	Mögliche Indikatoren und Kennzahlen zur Bewertungsunterstützung	KI-Eignung	KI-basierte Bewertung	Dokumente zur Förderung der KI-Beurteilungsfähigkeit	
						Intern (teils öffentlich, teils vertraulich)	Extern (öffentlich verfügbar)
Innovation	Unsere Investitionen und Ressourcen in Forschung und Entwicklung sind umfassend.	0 - 5	F&E-Ausgaben im Verhältnis zum Umsatz, Return on Investment	Moderat - Einschränkung der KI zur qualitativen Bewertung der FuE-Ergebnisse	0 - 5	Geschäftsbericht, Finanzbericht, FuE-Bericht	Technologie- und Trendradare
	Unsere Innovationsquote im Vergleich zur Branche ist hoch. KVP-Maßnahmen werden kontinuierlich gefördert.	0 - 5	Anzahl neuer Produkte, Dienstleistungen, Systematisierungsprozesse neuer Innovationen, Prozessoptimierungen	Moderat - Beurteilung der Innovationsfähigkeit und Branchenvergleich erfordert breite Datenbasis (Marktforschung, Wettbewerbsanalyse, u.w.) und tiefes Prozessverständnis (KVP)	0 - 5	Geschäftsbericht, Marktanalysen	
	Der Digitalisierungsgrad in unserer Geschäftsprozessen und Dienstleistungen ist fortschrittlich.	0 - 5	Nutzung digitaler Tools, Automatisierungsgrad, Einsatz von Cloud-Diensten, Data-Analytics	Hoch - Analyse von Systemnutzung und Infrastruktur ist durch quantifizierbare Daten gut erfassbar	0 - 5	Geschäftsbericht, Strategie-papiere	

Durch diesen Modus wird zum einen die Praktikabilität zur einfachen Nutzung und Pflege sowie zur kontinuierlichen Überwachung gewährleistet. Im Schluß mit den Reifegraden erfolgt die Bewertung nach der Likert-Skala (vgl. auch Becker, 2020, S. 63) in folgendem Spektrum:

- 0 – keine Zustimmung / ungenügende bzw. keine Ausprägung
- 1 – geringe Zustimmung / unzureichende bzw. schwache Ausprägung
- 2 – moderate Zustimmung / in Teilen ausreichende, aber nicht konsistente Ausprägung
- 3 – mäßige Zustimmung / befriedigende, teils ausgewogene Ausprägung
- 4 – hohe Zustimmung / starke, konsistente Ausprägung
- 5 – vollständige Zustimmung / vollumfängliche, optimale Ausprägung

Ergänzt wird die *Positionsbestimmung* durch die Bewertung der *äußeren Dynamik* im Sinne des aktuellen Ist-Standes der externen Einflussfaktoren. Dies umfasst die Einflussfaktoren Politik, Recht, Wirtschaft, Gesellschaft, Ökologie und Technologie. Die hergeleiteten Fragestellungen für die externen Einflussfaktoren sind Anhang D zu entnehmen. Im Ergebnis werden die Bewertungen der 36 Fragestellungen gleichgewichtet zusammengeführt und als Punktwerte je Einflußdimension in einem Spinnennetzdiagramm aufgetragen (vgl. Abbildung 17).

Der Punktwert wird dabei in Zusammenhang mit dem Reifegradmodell (vgl. Abbildung 16) interpretiert.

Der Einsatz von generativer KI birgt bei der *Positionsbestimmung* das Potential, die Bewertung der internen und externen Einflussfaktoren aus verschiedenen Perspektiven und Rollen einzunehmen und der Beurteilung des Anwenders gegenüberzustellen. Grundsätzlich kann auf Seiten des Anwenders eine Beurteilung aus einer gemeinsamen und funktionsübergreifenden Arbeitsgruppe heraus entstehen, die generative KI bietet jedoch die aufwandsarme Möglichkeit einer objektiven Analyse, die verschiedene Daten- und Informationsquellen und Perspektiven integriert. Es können z.B. Perspektiven einer Geschäftsführung (Management, Politik), des Vertriebs (Wirtschaft, Organisationsstruktur), der Produktentwicklung (Innovation, Technologie), des Personalwesens (Mitarbeitende & Kultur, Gesellschaft) oder der Verwaltung (Recht, Finanzen) eingenommen werden. Diese Rollenbilder ergänzen sich und profitieren jeweils von der Fähigkeit generativer KI-Modelle, um eine umfassende und differenzierte Positionsbestimmung zu ermöglichen. Gleichzeitig ist die generative KI allerdings anfällig gegenüber Verzerrungen in den Anfragen und Daten, die sie analysiert, die jedoch durch die aufgeführten Maßnahmen reduziert werden können (vgl. Tabelle 11). Die Bewertung sollte durch die generative KI als Ergänzung zum menschlichen Urteilsvermögen und nicht als vollständiger Ersatz gesehen werden. Prompt 1 greift vor dem Hintergrund der Anforderungen an die Komponenten eines Prompts (vgl. Kap. 2.3.7) diesen Aspekt als Sprachbefehl unter Berücksichtigung verschiedener einzunehmender Rollen auf.

Prompt 1: Positionsbestimmung – Bewertung der Einflussfaktoren und Gegenüberstellung

Zielstellung: Gegenüberstellung einer KI-generierten Einschätzung zur Unternehmenslage unter Berücksichtigung von verschiedenen Rollenbildern und im Branchenkontext.

„Nehme die Position eines [Rolle] im Unternehmen [...] ein. Bewerte kritisch den Einflussfaktoren [...] anhand der vorliegenden Fragestellungen auf einer Skala von 0 bis 5 (keine Zustimmung bis vollständige Zustimmung). Berücksichtige dabei die dir vorliegenden Informationen, Dokumente und Datenquellen [...]. Begründe die Bewertung aus Sicht der eingenommenen Rolle und Branche.“

3.4.2 Methodenbaustein: Szenarioanalyse und Zusammenführung in Resilienzmatrix

Im nächsten Schritt erfolgt die Herleitung von Entwicklungsszenarien mithilfe der Szenario-Technik (vgl. Abbildung 12) und der antrainierten generativen KI sowie einer Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten durch den Anwender. Für jede der genannten Dimensionen im Kontext der internen und externen Einflussfaktoren werden möglichst konkrete optimistische, neutrale und herausfordernde (pessimistische) Entwicklungsszenarien mit einem Zeithorizont in den nächsten drei Jahren generiert (vgl. Prompt 2).

Prompt 2: Szenarioanalyse – Herleitung von Entwicklungsszenarien und Integration

Zielstellung: Erstellung von differenzierten Szenarien in textbasierten Absätzen zur Vorbereitung von Veränderungen im Unternehmen und Unsicherheiten im Markt

„Basierend auf den vorliegenden Informationen und Dokumenten [...], kannst du bitte je ein optimistisches, neutrales und herausforderndes Szenario für das Unternehmen [...] in den nächsten 3 Jahren aufzeigen. Bitte strukturiere die Szenarien nach den externen Einflussgrößen Politik, Recht, Wirtschaft, Gesellschaft, Ökologie und Technologie. Beschreibe die Punkte möglichst konkret aus Sicht externer Entwicklungen und Marktveränderungen, Chancen und Risiken.“

„Nun führe konkrete Szenarien für die internen Einflussdimensionen Organisationsstruktur, Management, Finanzen, Mitarbeitende & Kultur, Ressourcen und Innovation auf. Beschreibe die Entwicklung aus Sicht unternehmensinterner Entwicklungen, Stärken und Schwächen.“

„Identifiziere für die Szenarien die zentralen Unsicherheitsfaktoren und Frühwarnindikatoren, die das Unternehmen [...] beobachten sollte. Beschreibe, wie diese Indikatoren genutzt werden können, um frühzeitig Anpassungen im Resilienzmanagement vorzunehmen.“

Die Festlegung erfolgt an dieser Stelle nach Reflektion mit den Praxispartnern und aufgrund der Angabe von Moldenhauer (2004, S. 15), dass 60% der Krisenfälle bereits drei Jahre vor dem Eintreten der eigentlichen Erfolgskrise erkennbar sind. Aus den dargelegten möglichen Verzerrungen (vgl. Tabelle 11) der Szenarien durch die generative KI wird zur Sicherstellung der zeitlichen Relevanz insbesondere diese Art der Trendanalyse und Szenariotechnik verwendet. Es empfiehlt sich, individuelle Anpassungsmöglichkeiten durch den Anwender zuzulassen, sodass eine Erweiterung und Überwachung der Kontextualisierung der Herleitungen realisiert werden kann. Es ist zu beurteilen, ob die betrachteten Szenarien z.B. technologische Ansätze enthalten, die erst in der fernen Zukunft realisiert werden können, und daher nicht mit kurz- und mittelfristigen Maßnahmen gemeinsam betrachtet werden können. Dies betrifft vor allem Szenarien im Kontext der eigenen Stärken und Schwächen als unternehmensinterne Fähigkeiten, deren Umsetzungspotentiale noch nicht abschätzbar sind. Hier unterstützt im folgenden Methodenablauf die Beschreibung von Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell die Potentialabschätzung. Der Anwender kann schlussendlich die Eintrittswahrscheinlichkeit durch einen Schieberegler zwischen den Polaritäten „optimistische Entwicklung“ und „pessimistische Entwicklung“ beurteilen, der einfach und praktikabel die Wertung vornimmt (vgl. Tabelle 17).

Tabelle 17: Szenarioanalyse – Exemplarische Darstellung zur Szenarioentwicklung des Einflussfaktors Innovation und dessen Bewertung

Einflussfaktor	Szenarioentwicklung in den nächsten 3 Jahren		
	Optimistische Entwicklung	Neutrale Entwicklung	Pessimistische Entwicklung
Innovation	Hohe Investitionen in F&E führen zu bahnbrechenden Innovationen, die die Marktposition stärken. Das Unternehmen wird als Technologieführer anerkannt, insb. im Bereich nachhaltiger Branchenprodukte und -lösungen.	Investitionen in Innovation führen zu regelmäßigen Verbesserungen der Produkte und Prozesse. Technologische Entwicklungen erfolgen stetig, aber ohne disruptive Innovationen.	Finanzielle Engpässe und begrenzte Ressourcen führen zu Verzögerungen bei der Entwicklung und Einführung neuer Technologien. Reduzierte Ausgaben für Forschung und Entwicklung beeinträchtigen die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit.
Eintrittswahrscheinlichkeit			
< 			

In Summe werden nach diesem Vorgehen die zwölf Einflussdimensionen mit je drei Entwicklungsszenarien bewertet und anschließend in einem Spinnennetzdiagramm mit den Ergebnissen der *Positionsbestimmung* zusammengeführt. Die Berechnungssystematik erfolgt dabei der Logik einer gleichgewichteten Bewertung jedes Einflussfaktors. Im Hinblick auf Individualisierungsanforderungen und Schwerpunktsetzungen von Unternehmen sind unterschiedliche Gewichtungsfaktoren je Einflussfaktor möglich und kalkulierbar. Abbildung 17 stellt die grafische Auswertung in Form eines Spinnennetzdiagramms und differenziert nach *Positionsbestimmung* (Ist-Analyse, helle Schattierung) und *Szenarioanalyse* (dunkle Schattierung) exemplarisch je Einflussfaktor dar.

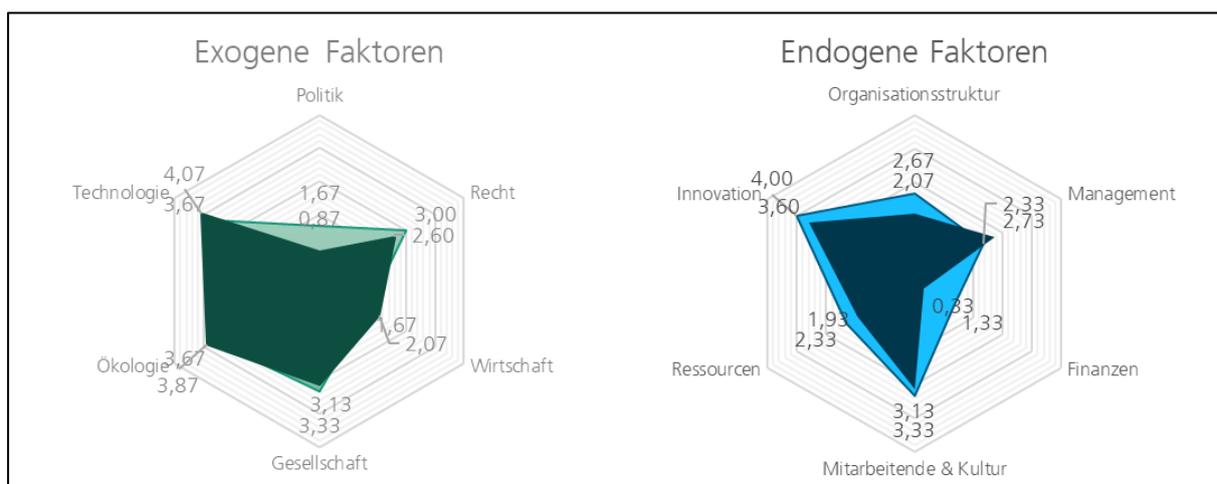


Abbildung 17: Exemplarische Auswertung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse auf Ebene der Einflussfaktoren

Als zentrales und visuell veranschaulichtes Ergebnis werden die Bewertungen der Einflussfaktoren mathematisch zusammengeführt und in Form einer *Resilienzmatrix* dargestellt. Die Resilienzmatrix folgt dem Beispiel der etablierten Wertschöpfungsmatrix nach Pfitzer et al.

(2019, S. 5-7), bei der die Dynamik und Stärke der Arbeitsproduktivität von Unternehmen bewertet wird. In Adaption auf das Thema Resilienzfähigkeit bildet die vertikale Achse die Dimension der äußeren Dynamik ab, gemessen am Mittelwert der einzelnen exogenen Einflussfaktoren. In Zusammenhang mit der Beurteilung der Entwicklungsszenarien wird dieser Wert indikativ für eine zukünftige Entwicklung der Resilienzfähigkeit gegenüber der Markt- und gesellschaftlichen Veränderungen herangezogen. Je höher der Wert angegeben ist, desto resilienter (1 – ad hoc, 2 – wiederholbar, 3 – definiert, 4 – beherrschbar, 5 – optimiert, vgl. Abbildung 16) wird die Unternehmenssituation im Marktumfeld bewertet. Auf der horizontalen Achse bildet die Resilienzmatrix die innere Stärke des Unternehmens durch die Zusammenführung der endogenen Einflussfaktoren ab. Analog können hier der Ist-Zustand und der Entwicklungstrend abgelesen werden, welche als Indikator für die unternehmenseigenen Stärken oder Schwächen identifiziert werden.

Auf Basis der beiden Punktwerte wird eine Verortung in einer 4-Felder-Matrix (X- und Y-Achse) realisiert und im Folgenden ein Rollenbild nach den Schlüsselmerkmalen (Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften) von resilienten Organisationen (vgl. Abbildung 3) zur Interpretation beschrieben. Abbildung 18 führt die Bewertungen als Ergebnisdarstellung der aktuellen und zukünftigen Unternehmens- und Umfeldanalyse zusammen.

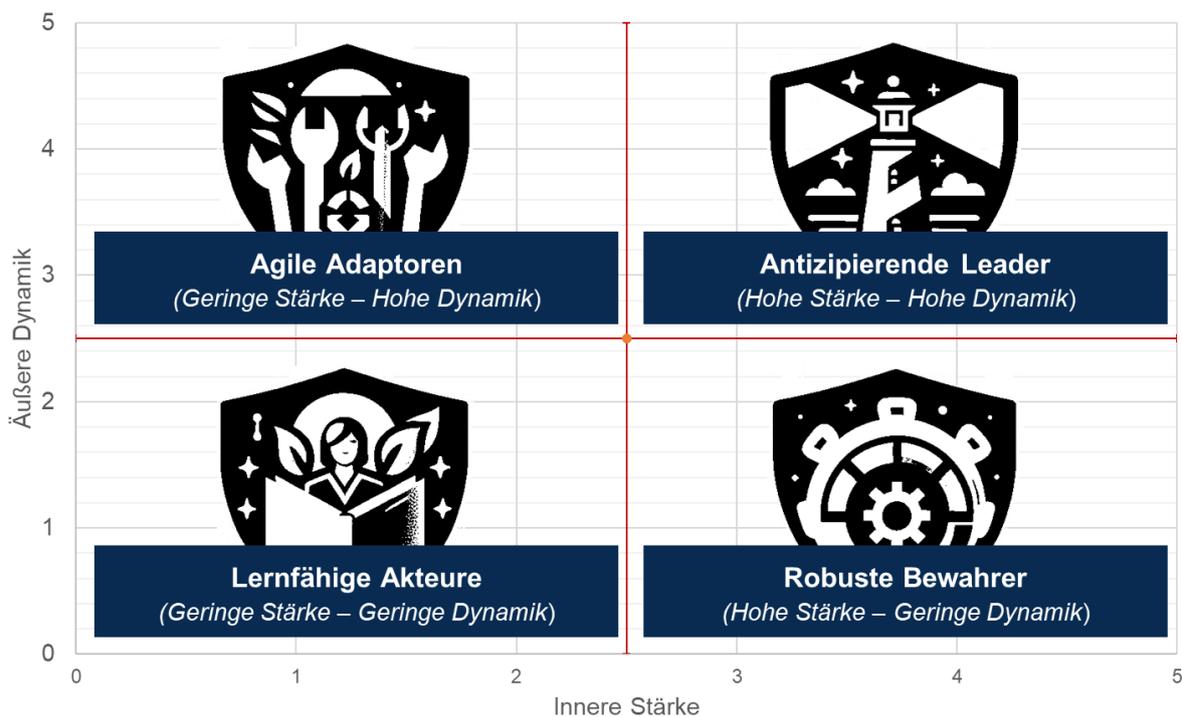


Abbildung 18: Resilienzmatrix als Ergebnisdarstellung der strukturierten Positionsbestimmung und Szenarioanalyse (i.A.a. Pfitzer et al., 2019, S. 5-7)

- Agile Adaptoren (Geringe Stärke – Hohe Dynamik):
Dieser Unternehmenstyp zeichnet sich durch die Fähigkeit aus, sich schnell an Veränderungen in der Umwelt und im Markt anzupassen. Sie besitzen eine gute Anpassungsfähigkeit (adaptive Resilienz, vgl. Kap. 2.3), gleichzeitig aber auch ein Mangel an Stabilität. Zu häufige oder zu schnelle Änderungen können zu Unsicherheiten

und möglicherweise zu unkoordinierten Maßnahmen führen.

Schlüsselmerkmal: *Adaptivität*

- Antizipierende Leader (Hohe Stärke – Hohe Dynamik):
Dieser Unternehmenstyp wird als vorausschauend beschrieben, der in der Lage ist, zukünftige Trends und Störfälle frühzeitig zu erkennen und zu agieren. Sie führen durch einen langfristigen und zukunftsorientierten Ansatz im Resilienzmanagement. Gleichzeitig darf die Fokussierung auf operative und gegenwärtige Probleme und Herausforderungen nicht vernachlässigt werden.
Schlüsselmerkmal: *Antizipation*
- Lernfähige Akteure (Geringe Stärke – Geringe Dynamik):
Je nach Entwicklungsprognose kann dieser Unternehmenstyp trotz weniger ausgeprägten Stärken und Dynamiken offen für Veränderung sein. Die Rolle besteht darin, Erfahrungen und Feedback in den kritischen Einflussdimensionen zu sammeln, um schrittweise Verbesserungen zu implementieren.
Schlüsselmerkmal: *Lernfähigkeit*
- Robuste Bewahrer (Hohe Stärke – Geringe Dynamik):
Dieser Unternehmenstyp stellt sich als stabil und widerstandsfähig dar. Primär wird die Stabilität und Kontinuität der Unternehmensprozesse durch robuste und sichere Strukturen und Organisationsabläufe sichergestellt (inhärente Resilienz, vgl. Kap. 2.3). Neben dieser Zuverlässigkeit ist dieser Unternehmenstyp eher unflexibel und anfällig gegenüber Veränderungen im Markt und Umwelt.
Schlüsselmerkmal: *Robustheit*

Auf Basis dieser Analyse und Bewertung lassen sich in der folgenden Reflektion prioritäre Handlungsfelder zur Strategieentwicklung ableiten. Die kontinuierliche Überwachung und Bewertung interner und externer Einflussfaktoren sowie zukünftiger Entwicklungen fördert die Kultur der kontinuierlichen Verbesserung als ein Grundsatz zur Förderung von organisationaler Resilienz (vgl. Tabelle 2).

Im Hinblick auf die zugrundeliegende Berechnungssystematik zur Beurteilung der Einflussfaktoren als auch Eintrittswahrscheinlichkeit der Entwicklungsszenarien ist es denkbar, dass eine Sensitivitätsanalyse, als Empfindlichkeitsanalyse bei Unsicherheiten bzgl. der Richtigkeit oder Genauigkeit der Ergebnisse bzw. Auswahl (vgl. Behrendt, 2016, S. 52), angewendet wird. Auf diesen Wahlschritt wird an dieser Stelle verzichtet, da die betrachteten Einflussfaktoren durch die Gleichgewichtung in ihrer Wirkung auf das Gesamtsystem keine hohe Dynamik aufweisen. Weiterhin ist der Verzicht vertretbar, da der Fokus der Untersuchung auf langfristigen Entscheidungen liegt, bei denen einzelne Einflussfaktoren, kurzfristige Schwankungen oder Wertänderungen keine signifikante Auswirkung auf die abgeleitete *Strategieentwicklung* haben.

3.5 Umsetzung einer resilienzorientierten Strategie- und Geschäftsmodellentwicklung

Im Schlußschluss mit den Ausführungen im wissenschaftstheoretischen Teil der Arbeit (vgl. Kap. 2.3.5) als auch den definierten Forschungsfragen (vgl. Kap. 1.3) zur resilienzorientierten Gestaltung von Geschäftsmodellen durch neue Technologie- und datengetriebene Lösungen, bedarf es eines strukturierten Ansatzes, der die abgeleiteten Anforderungen und Rahmenbedingungen berücksichtigt (vgl. Tabelle 9). Im Folgenden werden diese Anforderungen aufgegriffen und ein methodischer Rahmen für die strategische Geschäftsmodellebene erarbeitet, die auch die Interdependenzen zwischen den verschiedenen Ebenen der Unternehmensprozesse und Geschäftsmodellsegmente beleuchten. Dabei steht die Verbindung von technologischen Innovationen und die Verknüpfung von verschiedenen Datenquellen im Vordergrund, um die Resilienzauslegung der Geschäftsmodelle zu stärken und die Unternehmen besser auf interne und externe Einflussfaktoren vorzubereiten.

3.5.1 Methodenbaustein: Resilienz Canvas

In der Interpretation zur resilienzorientierten Gestaltung (neuer) Geschäftsmodelle wird das BMC genutzt und in die folgenden drei Kategorien unterteilt: Prozessorientierung, Marktorientierung und Finanzorientierung. Im Bereich der Prozessorientierung wird auf die resilienzorientierte Organisation und Kompetenzbesetzung hingewiesen. Dies betont die Bedeutung agiler und widerstandsfähiger Prozesse sowie die Notwendigkeit, Schlüsselpositionen mit kompetentem Personal oder Partnern zu besetzen. Die Integration von Partnern mit robusten Lieferketten und flexiblen Kapazitäten trägt dazu bei, das Risiko bei Unterbrechungen zu minimieren (Schlüsselpartner). Damit zusammenhängend ist der Zugang zu kritischen Ressourcen, einschließlich der verteilten Datenquellen und der technischen Infrastruktur entscheidend, um sicherzustellen, dass Ressourcen verfügbar, redundant und stabil sind (Schlüsselressourcen). Dies wird durch eine horizontale und vertikale Integration der Partner, Maschinen und Anlagen ermöglicht, die insbesondere in Kontext der Interoperabilität von Technologien und (kollaborativer) Datenanalyse (z.B. nach den Gaia-X-Prinzipien, vgl. Plattform I4.0, 2022b, S. 11) befähigt werden, schnell auf Veränderungen zu reagieren, agieren und kontinuierliche Verbesserungsprozesse vorantreiben zu können (Schlüselfähigkeiten). Im Bereich der resilienzorientierten Ausrichtung am Markt und am Kunden ist das Nutzenversprechen das Herzstück des Wertangebots eines Unternehmens und zielt auf den konkreten Kundennutzen ab. An dieser Stelle ist der Übergang von einer produkt- zur dienstleistungsorientierten Denkweise (vgl. Vargo & Lusch, 2008, S. 4) in Form der expliziten Berücksichtigung von physischen und digitalen Komponenten des Leistungsportfolios des Unternehmens integriert. Vor dem Hintergrund sich verändernder Marktbedingungen (technologisch, regulatorisch, u.Ä.) und Kundenbedürfnisse sind die Kundenbeziehungen und Absatzkanäle entscheidend für die Art und Weise, wie das Wertangebot an die Kundensegmente vermittelt wird. Die Diversifikation und Flexibilisierung der Vertriebskanäle trägt zur Resilienzfähigkeit des Unternehmens bei, indem einflussstarke Abhängigkeiten reduziert und die Adaptivität gegenüber externen Trends und Risiken erhöht wird. Die resilienzorientierte Optimierung von Liquidität und Opportunitäten

spiegelt sich im Bereich Finanzorientierung (Kosten- und Erlösstruktur) wider, die die monetären Aspekte des Geschäftsmodells repräsentieren. Die Optimierung der Kosten- und Erlösstrukturen unter Berücksichtigung der Prinzipien des Zusammenspiels von Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit (vgl. Kap. 2.1.3) ist unerlässlich. Dies umfasst Maßnahmen zur Sicherstellung der finanziellen Stabilität und die Schaffung von Pufferkapazitäten (Redundanzen und Alternativen). Abbildung 19 illustriert das Geschäftsmodellrahmenwerk nach resilienzorientierter Gestaltung als *Resilienz Canvas*.

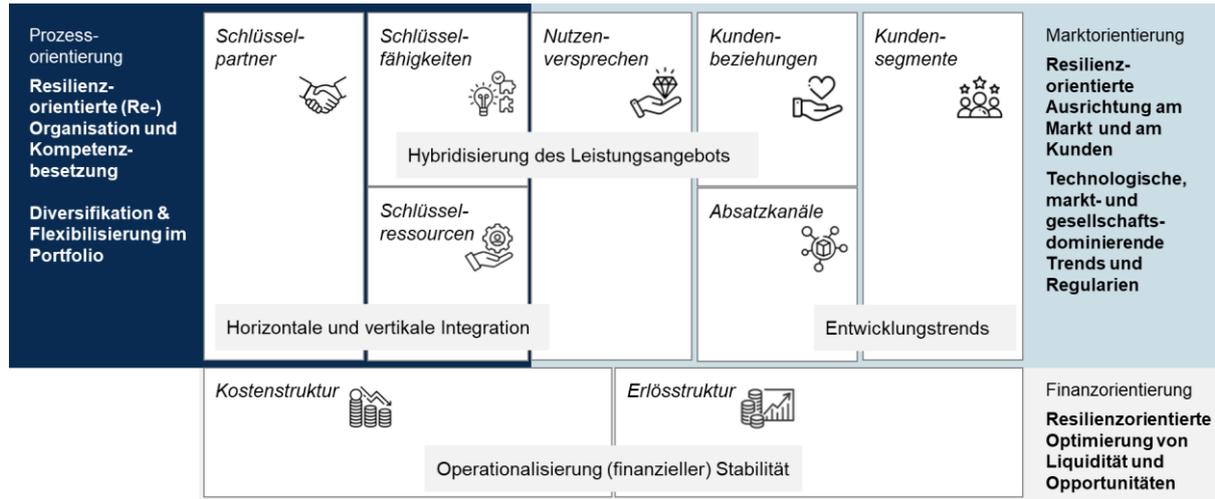


Abbildung 19: Resilienz Canvas – Resilienzorientierte Gestaltung (neuer) Geschäftsmodelle (i.A.a. Osterwalder & Pigneur, 2010, S. 44); Icons: www.flaticon.com

Eine zentrale Herausforderung bei der Gestaltung resilienzorientierter Geschäftsmodelle besteht darin, die Interdependenzen zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmensprozesse und Geschäftsmodellsegmente zu berücksichtigen. Diese Interdependenzen manifestieren sich in verschiedenen Bereichen. An dieser Stelle wird vor dem Hintergrund der dargestellten Zusammenhänge von Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit (vgl. Kap. 2.1.3) ein übergreifender Einstieg in die Analyse gewählt, um ein Verständnis der Zielgrößen und Wechselwirkungen zu schaffen. Unternehmen, die sich auf Nachhaltigkeit fokussieren, sind in der Regel auch resilienter, da auf langfristige Stabilität gesetzt und Risiken wie Ressourcenknappheit proaktiv gemanagt werden. Gleichzeitig fördern effiziente Prozesse sowohl die Nachhaltigkeit als auch die Resilienz, indem sie den Ressourcenverbrauch minimieren und die Kostenstruktur optimieren. In der heutigen dynamischen Wirtschaft und Gesellschaft sind diese drei Elemente entscheidend für den langfristigen Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens. Es braucht daher einen integrativen Ansatz, der diese Aspekte berücksichtigt und nicht nur Risiken reduziert, sondern auch neue Chancen eröffnet, um nachhaltig und erfolgreich am Markt zu agieren. Wie in Abbildung 7 dargestellt braucht es ein optimales Gleichgewicht zwischen den Zieldimensionen, wobei die Resilienz im Optimum wichtiger ist als die Effizienz im Optimum (vgl. Kaz, 2016, S. 41ff.; Lietaer, 2010, S. 93). Daher müssen vermehrt resilienzorientierte Kennzahlen Einzug in die Bewertungsmodelle von Unternehmen erhalten, was in Kapitel 3.6 aufgegriffen wird.

In Abbildung 20 werden die Zusammenhänge zwischen den Geschäftsmodellsegmenten vereinfacht dargestellt. Die Bedeutung von Resilienz zeigt sich z.B. in der Betrachtung des Segments Schlüsselpartner. Ausfälle bei Lieferungen können durch eine Diversifizierung der Lieferanten oder durch eine strategische Lagerhaltung auf Basis von Nachfrageprognosen, Lieferzeiten und Produktionskapazitäten abgefedert werden. Eine resiliente Struktur ermöglicht es einem Unternehmen, bei plötzlichen Marktveränderungen zu agieren und gleichzeitig nicht zu anfällig zu sein, was sich in einer stabilen Erlösstruktur manifestiert. Nachhaltigkeit im Geschäftsmodell geht über ökologische Aspekte hinaus und umfasst auch soziale und ökonomische Dimensionen (ESG, vgl. Fritz, 2024, S. 346). Ein nachhaltiger Ansatz berücksichtigt die langfristigen Auswirkungen der Schlüsselfähigkeiten und Schlüsselressourcen. Produktionsfehler z.B. führen zu einer Ressourcenverschwendung und erhöhen die Umweltbelastung. Nachhaltigkeit bedeutet hier, durch Prozessoptimierungen und Managementsysteme diese Fehler zu minimieren. Zudem fördert eine nachhaltige Ausrichtung die Kundenbeziehungen und Kundensegmente, da ein wachsendes Bewusstsein für Nachhaltigkeit zu einer stärkeren Kundenbindung führen kann. Effizienzgewinne können durch eine Reduktion von Überproduktion und die Vermeidung von Ressourcenverschwendung erzielt werden. Abbildung 15 zeigt vereinfacht und exemplarisch, dass ineffiziente Prozesse zu steigenden Kosten führen, was die Gewinnmargen senkt und das Unternehmen in der Wettbewerbsfähigkeit einschränkt. Effizienzsteigerungen tragen somit auch zur Nachhaltigkeit bei, da sie den Ressourcenverbrauch reduzieren und somit die Umwelt schonen.

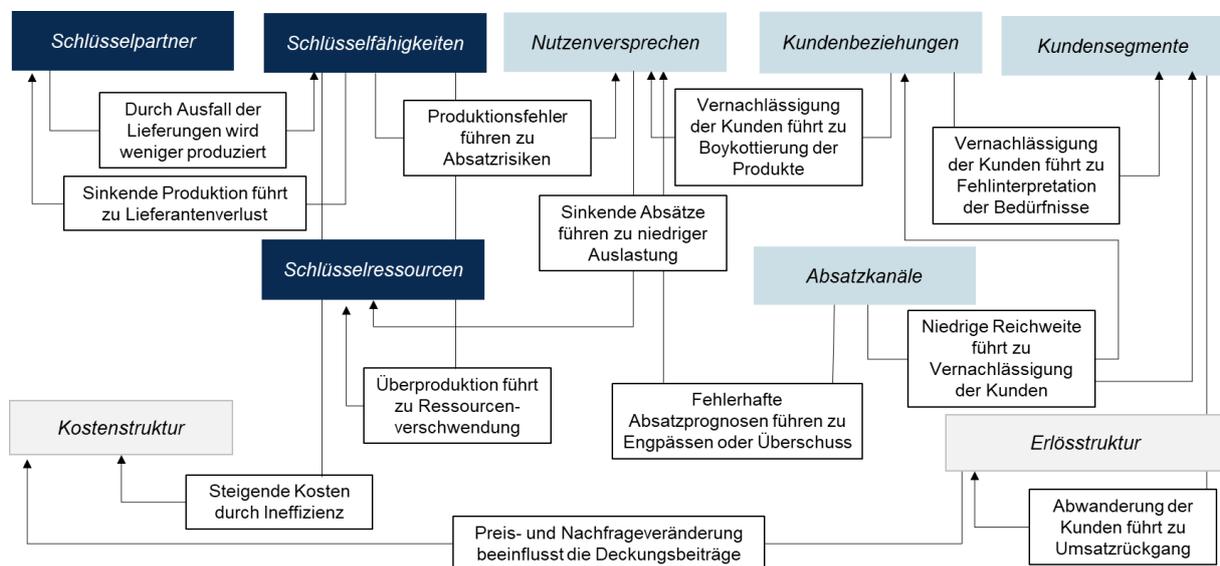


Abbildung 20: Interdependenzen der Geschäftsmodellsegmente (vereinfacht) (i.A.a. Wagner, 2021, S. 63)

Dieses Grundverständnis wird in Tabelle 18 erweitert und zeigt die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Geschäftsmodellsegmenten mit Fokus auf technologiebasierte Strategien und ihren Einfluss auf die Resilienzfähigkeit von Unternehmen. Diese Beziehungen verdeutlichen, wie verschiedene Elemente eines Geschäftsmodells durch technologische Integrations-, Digitalisierungs- oder Automatisierungslösungen gestaltet werden können, um eine resilienzierte Geschäftsstruktur zu schaffen. *Schlüsselpartner* als Teil einer resilienzierten Organisation und Kompetenzbesetzung nehmen eine wesentliche Rolle ein, indem

durch technologieorientierte Kooperationen und gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der Zugang zu marktreifen Technologien ermöglicht wird (vgl. Busch-Heizmann et al., 2023, S. 111-112). Derartige Partnerschaften fördern die Bereitstellung innovativer Dienstleistungen und Produkte und unterstützen die Erschließung neuer Märkte sowie digitaler Vertriebskanäle. Ebenfalls aus dem Blickwinkel der Prozessorientierung umfassen die *Schlüsselfähigkeiten* die Fähigkeiten zur Innovationsförderung und Technologieintegration. Der Aufbau skalierbarer Dateninfrastrukturen (vgl. Plattform I4.0, 2022a, S. 7ff.) und die Diversifizierung von Kunden und Vertriebskanälen sind Erfolgsfaktoren, um auf sich verändernde Marktanforderungen einzustellen und die Belastbarkeit der eigenen Organisation zu stärken. Im Kontext der *Schlüsselressourcen* zählt die kollaborative Nutzung von Ressourcen und die Bereitstellung notwendiger sowie redundanter Ressourcen, um Unterbrechungen in der Wertschöpfungskette abzufedern, zu einem Schlüsselmerkmal der Resilienzfähigkeit (vgl. Markgraf, 2024; Zimmermann & Knauf, 2023, S. 52). In der Wechselwirkung mit den marktorientierten Segmenten ist die datenbasierte Kundeninteraktion, die durch den Einsatz von (KI-basierten) datengetriebenen Systemen eine personalisierte Kundenansprache mit Produktdiversifizierungen ermöglicht, ein Erfolgsfaktor zur Resilienzsteigerung (vgl. Busch-Heizmann et al., 2023, S. 110).

Die resilienzorienteerte Ausrichtung am Markt und am Kunden basiert vor allem auf dem *Nutzenversprechen* mit einzigartigen Dienstleistungen, die durch die Entwicklung bzw. Integration von Technologie- und Digitalisierungslösungen (KI, Plattformen, Business Intelligence Modelle) ermöglicht werden (vgl. Röhe, 2022, S. 118). In Relation zur Finanzstruktur des Unternehmens können Investitionen in sichere Datenstrukturen und die Differenzierung von Preismodellen die Attraktivität für Kunden und insbesondere die Resilienz stärken, indem spezifische Anforderungen berücksichtigt und personalisierte Angebote geschaffen werden. *Kundenbeziehungen* profitieren dabei von digitalen und hybriden Interaktionsmodellen. Die Diversifizierung der Vertriebskanäle hebt Resilienzansforderungen und gleichzeitig die Möglichkeiten der Kundenbindung sowie Upselling-Strategien, was wiederum zur Stabilität der Geschäftsmodelle beiträgt. *Absatzkanäle* sind entscheidend für die unternehmerische Resilienz, da diese den Zugang zu verschiedenen Märkten und Kundensegmenten sicherstellen und die Kontinuität des Geschäfts in Krisenzeiten unterstützen. Die Nutzung digitaler und physischer Omnichannel-Strategien stärkt die Resilienz, indem alternative Vertriebsmöglichkeiten geschaffen werden, falls ein Kanal beeinträchtigt wird. Strategische Partnerschaften, die im Lieferantennetzwerk (vgl. Zimmermann & Knauf, 2023, S. 53) oder als Technologiepartner eingebunden sind, tragen zur Aufrechterhaltung und Flexibilität der Absatzkanäle bei, indem Infrastruktur und innovative Lösungen bereitgestellt werden. Der Einsatz von datengetriebenen Analysen, z.B. durch KI-gestützte Customer-Relationship-Management Systeme (CRM), ermöglicht es, *Kundensegmente* präzise zu identifizieren und individualisierte Marketingstrategien zu entwickeln. Dies unterstützt die Resilienz, indem Unternehmen flexibel auf unterschiedliche Kundenbedürfnisse eingehen können, was wiederum ressourcenseitig durch eine robuste Dateninfrastruktur oder automatisierte Analysetools gestärkt wird. Resilienz wird auch durch die Segmentierung und Diversifikation der Kundenbasis gefördert, da das Risiko bei Marktschwankungen verteilt wird.

Im Hinblick auf die Finanzorientierung sind die Erlös- und Kostenstruktur klassischerweise eng mit Investitionen in Digitalisierung und Automatisierung verknüpft. Technologieeinführungen zur Verfügbarkeits- oder Qualitätssicherung und die Nutzung von digitaler Zahlungsplattformen sowie Lizenzierungstools ermöglichen die Monetarisierung von Dienstleistungen als differenziertes Serviceangebot und Nutzenversprechen. Tabelle 18 veranschaulicht detailliert, wie datengetriebene Lösungen und Technologiestrategien Geschäftsmodelle anpassungs- und widerstandsfähiger machen, indem die Geschäftsmodellsegmente verknüpft betrachtet und deren gegenseitige Abhängigkeiten gestärkt werden.

3 Entwicklung eines integrativen Modells zum Resilienzmanagement

Tabelle 18: Interdependenzen der Geschäftsmodellsegmente im Kontext Resilienz

<i>Einflussnahme auf (unidirektional)</i>	Schlüssel-partner	Schlüssel-fähigkeiten	Schlüssel-ressourcen	Nutzen-versprechen	Kunden-beziehungen	Kunden-segmente	Absatzkanäle	Kosten-struktur	Erlösstruktur
Schlüssel-partner		Technologieorientierte Kollaboration und gemeinsame Forschung	Zugang zu (markt-reifen) Technologien	Unterstützung bei der Bereitstellung innovativer Dienstleistungen und Produkte	Kooperation zur Verbesserung des Kundensupports	Partnerschaften zu neuen Märkten und Kunden	Partnerschaften zu neuen / digitalen Vertriebskanälen	Kosteneffizienz durch geteilte Investitionen und Synergien	Gemeinsame Erlösmodelle
Schlüssel-fähigkeiten	Technologieintegration und Innovationsförderung		Aufbau skalierbarer Dateninfrastrukturen	Einzigartige Dienstleistungen	Aufbau von Vertrauen und Loyalität (Kundenbindung)	Diversifizierung von Kunden und Zielmärkten	Diversifizierung von Vertriebskanälen	Flexibilisierung der Kostenstruktur	Abhängigkeiten von einzelnen Produkten und Dienstleistungen
Schlüssel-ressourcen	Zusammenarbeit mit Technologiepartnern und Nutzung von Expertenwissen	Kollaborative Nutzung von Ressourcen		Bereitstellung notwendiger und redundanter Ressourcen	Datenbasierte Kundenservice (Kundeninteraktion)	Individualisierung an Kundenbedürfnisse	Verfügbarkeit von (alternativen) Lieferanten	Kosteneffiziente Ressourcennutzung	Monetarisierung von Daten
Nutzen-versprechen	Anforderungen an spezifische Partnerressourcen	Entwicklung von KI-Fähigkeiten	Integrations-schnittstellen (API) zwischen CRM, ERP, u.w.		Implementierung personalisierter CRM-Systeme	Implementierung von Business Intelligence (BI)-Systemen	Integration von digitalen Plattformen	Investitionen in sicheren, souveränen Datentransfer	Differenzierung der Preismodelle
Kunden-beziehungen	Digitale Kundenerlebnisse	Notwendigkeit für CRM- und (KI-basierte) Analysen	Datenbanken und CRM-Systeme	Hybridisierte Dienstleistungen		Personalisierte Interaktionsmodelle	Diversifizierung der Vertriebskanäle nach Kundenpräferenzen	Kostenintensitäten	Loyalitätsprogramme und Upselling
Kunden-segmente	Zugeschnittene Marketingkampagnen	Einsatz (KI-)basierter Analysetools	Datenbanken zur Segmentanalyse	Data Analytics zur Kundenansprache	Individualisierte CRM-Strategien		Technologieaffine Kunden, automatisierte Vertriebssysteme	Differenzierte Budgetzuweisung nach Kundensegmenten	Differenzierung der Preismodelle
Absatzkanäle	Anzahl (alternativer) Vertriebspartner	Digitale und physische Omnichannel-Strategien	Erfordernis von Infrastrukturen (IT, Logistik)	Personalisierte Angebote	Direkte und moderne Interaktionsmöglichkeiten	B2B-Plattformen und digitale Marktplätze		Kosten der IT-Infrastruktur und digitaler Kanäle	Differenzierung der Preismodelle
Kostenstruktur	Outsourcing-Optionen	Investitionen in Digitalisierung und Automatisierung	Optimierung des Ressourceneinsatzes mit redundanten Kapazitäten	Kosteneffiziente Technologien zur Qualitätssicherung	Budgets für (digitale) Kundensupport und -pflege	Ermittlung rentabler und stabiler Kundengruppen	Investitionen in digitale Plattformen und Services		Differenzierung der Preismodelle
Erlösstruktur	Lizenzgebühren	Befähigung zur Monetarisierung digitaler Dienstleistungen und Produkte	Digitale Zahlungsplattformen, Lizenzierungstools	Premium-Services	Ermittlung von Kundenlebenszeitwerten	Differenzierte Preisstrategien	Differenzierung der Kanäle nach Umsatz	Skaleneffekte durch Digitalisierung und Automatisierung	

3.5.2 Ableitung prioritärer strategischer Handlungsfelder zur Resilienzsteigerung

In Zusammenführung mit der *Positionsbestimmung*, als strukturierte Bewertung der inneren Ressourcen und Fähigkeiten sowie der externen Einflussfaktoren wie Markttrends und regulatorische Veränderungen, und der *Szenarioanalyse*, als Methode zur Identifikation zukünftiger potentieller Risiken und Chancen, können im Kontext der *Strategieentwicklung* prioritäre Handlungsfelder definiert werden. Diese Handlungsfelder leiten sich aus den Bereichen bzw. endogenen und exogenen Faktoren (vgl. Abbildung 17) ab, deren Bewertung und Zukunftsentwicklungen einen Negativtrend aufweisen. Dies können im Kontext der Steigerung der unternehmerischen Resilienz die Stärkung bestimmter Geschäftsbereiche, die Optimierung von (wertschöpfenden) Prozessen oder die Investition in neue Technologien sein. Abbildung 21 führt die unterschiedlichen Handlungsebenen nach den bisherigen Erläuterungen dieser Arbeit mit Resilienzfaktoren (i.A.a. Radic et al., 2022, S. 585) zusammen, sodass einerseits eine ganzheitliche Betrachtungsweise durch die Geschäftsmodellebene in Zusammenhang mit der Prozessebene (vgl. Abbildung 11) realisiert wird. Andererseits werden als zentrale unternehmensbestimmte Handlungsebenen die Aspekte Mensch, Technik und Organisation nach dem MTO-Ansatz aufgeführt (vgl. Tabelle 8). Fokus der konkreten Strategieentwicklung zur Resilienzförderung liegt wie in der Zielstellung und Forschungslücke dieser Arbeit beschrieben im Bereich der Digitalisierung und auch Innovationstätigkeit von Organisationen, wobei dies in einer eingrenzenden Komplementarität betrachtet wird, dass Technologien und Märkte identifiziert werden, die ein Unternehmen entwickeln und erschließen sollte. Zur Verbesserung der Resilienz-fähigkeit sind hier z.B. Entscheidungen zur Architektur von Prozessen und Produkten zu treffen. Modulare Produktionen und Architekturen bieten zwar eine erhöhte Flexibilität und Dynamik in der Produktentwicklung, gehen jedoch mit höheren anfänglichen Entwicklungsaufwänden und einer Zunahme der Komplexität einher. Dies kann zu einem Spannungsfeld mit der kurzfristigen Effizienz führen (vgl. Kohl et al., 2021, S. 17). Resiliente Unternehmen lassen sich unter Berücksichtigung der Resilienzfaktoren in Abbildung 21 und der erarbeiteten Reifegrade daher wie folgt charakterisieren:

- Unternehmen kennen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ihrer Kunden und Partner (Geschäftsmodell)
- Unternehmen integrieren Daten zur Prozessoptimierung (Prozesse)
- Unternehmen bereiten Mitarbeitende frühzeitig auf den Wandel vor (Mensch)
- Unternehmen nutzen Technologien, um agiler zu werden (Technik)
- Unternehmen vereinfachen die Unternehmenssteuerung zur Realisierung schneller Entscheidungen (Organisation)

Abbildung 21 führt die verschiedenen Handlungsebenen zusammen und stellt abstrakt die Vielzahl an unterschiedlichen Ausprägungsformen zur Resilienzförderung als Maßnahmenmorphologie gegenüber.



Abbildung 21: Maßnahmenmorphologie zur Entwicklung strategischer und resilienzfördernder Handlungsoptionen

Die Vielzahl an Ausprägungsoptionen zur Zielerreichung, insbesondere im Kontext der Digitalisierung, spiegelt die Komplexität und Diversität moderner Herausforderungen und Chancen für die Wirtschaft wider. Unternehmen stehen vor der Aufgabe, ihre Prozesse, Strukturen und Strategien kontinuierlich zu überprüfen und anzupassen, um wettbewerbsfähig zu bleiben und auf unvorhergesehene Ereignisse reagieren zu können. Datengetriebene Lösungen bieten dabei eine breite Palette an Werkzeugen und Ansätzen, die es Unternehmen ermöglichen, ihre Resilienzfähigkeit zu stärken, indem Flexibilität, Effizienz und Innovationskraft gefördert werden (vgl. Kinkel & Richter, 2023, S. 32). Dieses breite Spektrum an Möglichkeiten ist nicht nur eine Reaktion auf die zunehmend komplexen Anforderungen des dynamischen Umfelds und Marktes, sondern auch eine proaktive Strategie, um zukünftige Unsicherheiten zu bewältigen und ein nachhaltiges Wachstum bei Veränderungen zu sichern. Tabelle 19 führt exemplarisch strategische Handlungsoptionen im Kontext der Digitalisierung zur Resilienzförderung auf.

Tabelle 19: Strategische Handlungsoptionen im Kontext Digitalisierung zur Resilienzförderung (Beispiele)

<i>Ausprägungsoption</i>	<i>Beispiel im Kontext Digitalisierung</i>
Reduzieren	<ul style="list-style-type: none"> Reduzierung der physischen IT-Infrastruktur durch den Einsatz von Cloud-Lösungen zur Erhöhung der Flexibilität und Skalierbarkeit von IT-Ressourcen)
Rationalisieren	<ul style="list-style-type: none"> Eliminierung redundanter Datenbanken durch die Einführung eines zentralen Datenmanagementsystems
Aufbauen	<ul style="list-style-type: none"> Implementierung von IoT-Lösungen zur Echtzeit-Überwachung von Produktionsanlagen
Ausbauen	<ul style="list-style-type: none"> Ausbau von Datenanalysefähigkeiten (Advanced Analytics, Data Science) zur frühzeitigen Identifikation neuer Markttrends
Diversifizieren	<ul style="list-style-type: none"> Ausweitung der digitalen Dienstleistungen und Produktfeatures zur flexiblen Anpassung an sich verändernde Kundenbedürfnisse
Flexibilisieren	<ul style="list-style-type: none"> Flexibilisierung der IT-Infrastruktur und Ermöglichung ortsunabhängiger Arbeitsmodelle zur Verbesserung der Ressourcennutzung
Sicherstellen	<ul style="list-style-type: none"> Sicherstellung von umfassenden Cybersicherheitsmaßnahmen zur Sicherstellung des Schutzes sensibler Daten und Systeme

Fördern	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionen in Forschungs- und Entwicklungsplattformen für KI und ML zur Verbesserung der Entscheidungsfindung
Entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Blockchain-basierten Lösungen zur Verfolgung und Sicherstellung von Lieferketten
Einführen	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung von generativen Sprachmodellen für den Kundenservice oder die interne Kommunikation zur Reduzierung von Reaktionszeiten

Zum Aufzeigen von Veränderungen im Geschäftsmodell wird die resilienzorienteerte Interpretation des BMC herangezogen, um sicherzustellen, dass alle Teile des Unternehmens (Geschäftsmodellsegmente) auf die Stärkung der Resilienzfähigkeit ausgerichtet sind. In der Umsetzung von spezifischen Zielen bei der Technologieintegration müssen Ressourcenanforderungen, Zeitpläne und Verantwortlichkeiten abgestimmt werden.

Generative KI unterstützt diesen Prozess der *Strategieentwicklung* im Resilienzmanagement, indem öffentliche Informationen und zur Verfügung gestellte Datenquellen analysiert, interpretiert und daraus Veränderungsperspektiven abgeleitet werden. Im Kontext der Einführung neuer Technologien ermöglicht generative KI die Beschreibung von Auswirkungen auf die einzelnen Segmente des Geschäftsmodells unter Berücksichtigung der identifizierten Wechselwirkungen (vgl. Tabelle 18). Durch die Nutzung von branchenspezifischen Daten, Technologiereifen und bereitgestellten Berichten und Templates wird dieser Prozess inhaltlich gestützt. Darüber hinaus erleichtert generative KI die Ableitung von Handlungsempfehlungen, indem priorisierte Maßnahmen identifiziert und mögliche Investitionsbedarfe sowie notwendige Partnerschaften aufgezeigt werden. Mit der Fähigkeit, Risiken und Herausforderungen durch fortlaufende Daten- und Szenarioanalysen zu antizipieren, trägt dieser Baustein wesentlich zur Resilienzorienteerung bei. Prompt 3 greift diese Aspekte als Sprachbefehl auf.

Prompt 3: Strategieentwicklung – Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell

Zielstellung: Herleitung von potentiellen Veränderungen und Auswirkungen der Einführung einer Technologie auf die einzelnen Geschäftsmodellsegmente und deren Wechselwirkung in einer geordneten Aufzählungsform.

„Anbei findet sich das erarbeitete Geschäftsmodell des Unternehmens [...]. Welche Veränderungsperspektiven sind in den Segmenten des Geschäftsmodells bei der Einführung der Technologie [...] zu erwarten. Beschreibe möglichst konkret aus Sicht der Branche [...], der Technologiereife und bringe die bereitgestellten Informationen (Berichte, Datensätze, Templates [...]) ein.“

„Leite aus der Analyse konkrete Handlungsempfehlungen ab. Welche Maßnahmen sollten prioritär angegangen werden? Welche Investitionen und Partnerschaften sind erforderlich? Welche Risiken und Herausforderungen müssen berücksichtigt werden?“

Die priorisierten Handlungsfelder müssen in die übergeordnete Unternehmensstrategie integriert werden. Dies erfordert eine enge Abstimmung mit den verschiedenen Entscheidungsträgern und Abteilungen in Unternehmen sowie eine transparente Kommunikation der strategischen Ziele und Maßnahmen. Zum Aufzeigen von Veränderungen im Geschäftsmodell wird

daher die resilienzierte Interpretation der BMC herangezogen, um eine Analyse aller relevanten Geschäftsmodellsegmente im Hinblick auf eine Prozess-, Markt- und Finanzorientierung vorzubereiten. Es erfolgt keine weiterführende Strategieentwicklung in den Bereichen Personal, Führung, Energie, Unternehmenskultur oder im Katastrophenmanagement. Im Charakter eines Integrationsmodells werden in Tabelle 20 Good-Practices und etablierte Implementierungsansätze (vgl. Kap. 2.2.3) als flankierende Ratgeber und Referenzen zur Adressierung der Handlungsfelder vorgeschlagen, die außerhalb des tiefgehenden Betrachtungsfokus dieser Arbeit liegen.

Tabelle 20: Flankierende Ratgeber zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz („Out-of-Scope“-Themen)

<i>Resilienzfaktor</i>	<i>Verweis</i>
Personal	<ul style="list-style-type: none"> Stärkung der Widerstandsfähigkeit von Organisationen durch transformative Einflüsse strategischer Personalmanagementpraktiken (vgl. Georgescu et al., 2024)
Führung	<ul style="list-style-type: none"> Resilienzierte Führungskultur – Weg von der Hierarchie hin zu einer zukunftsorientierten Arbeitskultur (vgl. Scheuffele, 2022, S. 88ff.)
Energie	<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen für eine gesicherte Versorgung in der Energiewirtschaft (vgl. Renn et al., 2017; Pilz et al., 2024)
Unternehmenskultur	<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen zur Förderung der individuellen Resilienz von Beschäftigten und systematisches Kompetenzmanagement (vgl. Flüter-Hoffmann et al., 2018, S. 54ff., 84ff.)
Katastrophenmanagement	<ul style="list-style-type: none"> Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen (vgl. BMI, 2022)

Die aufgezeigten strategischen Handlungsoptionen bilden die Grundlage für die Resilienz von Unternehmen und Organisationen, aber Resilienz ist auch der rote Faden, der sie zu einer umfassenden und kohärenten Strategie oder einem Portfolio von Maßnahmen verbindet, die die Gefahr des Scheiterns verringern und den Wohlstand steigern (vgl. Colberg, 2022, S. 12). Der folgende Abschnitt geht fokussiert auf Technologie- und Digitalisierungsstrategien zur Resilienzförderung ein.

3.5.3 Resilienzsteigerung durch Technologie- und Digitalisierungsstrategien

Das Resilienzmanagement bringt strategische Grundsätze und Gestaltungselemente aus verschiedenen Blickwinkeln mit sich. Einerseits gibt es die Unternehmensstrategie, welche die Balance zwischen Netzwerkdenken und Unabhängigkeit des Unternehmens bilden soll. Andererseits definiert eine Technologie- bzw. Digitalisierungsstrategie den Weg und die Ziele, wie Vorteile im Wettbewerb über Technologien erzielt werden können (vgl. Kohl et al., 2021, S. 16). Die methodische Arbeit zielt darauf ab, eine Morphologie von Technologielösungen aufzusetzen, die spezifisch auf die Verbesserung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften von Unternehmen abzielt und diese durch die Integration von Anwendungsbereichen erweitert. Bei der Erstellung der Morphologie werden verschiedene Technologien systematisch basierend auf ihren Funktionen klassifiziert. Dabei gilt es, spezifische Anwendungsbereiche der Technologielösungen zu identifizieren, die zur Steigerung von resilienzgeprägten

Schlüsselmerkmalen eingesetzt werden können (vgl. Abbildung 18). Im Kontext der Nutzung einer generativen KI soll dies die praktische Nutzung, kontextuelles Wissen und Implementierungsanforderungen der Technologien in unterschiedlichen Anwendungen aufgreifen. Neben der umfassenden wissenschaftlichen Literaturanalyse (vgl. Oks et al., 2022, S. 12-14; Glistau & Machado, 2019, S. 52; Schlund & Baaij, 2018, S. 347; eigene Vorarbeiten auch in Behrendt et al., 2023, S. 22; Schmidtke et al., 2018, S. 57f.) werden aktuelle Studien und Trendradare (vgl. Gartner, 2023; Plattform I4.0, 2022a, S. 7-17; Dohrmann et al., 2022; Stich et al., 2022; Berndt & Mietzner, 2019, S. 89) analysiert, um eine fundierte Clusterung mit spezifischen Einsatzszenarien zu dokumentieren und in die Morphologie zu integrieren. Anschließend erfolgt die Überführung in den *Resilienz Canvas*, der die Wirkungen und Veränderungen der Implementierung von Technologielösungen auf die Resilienzfähigkeit und -eigenschaft von Unternehmen aufzeigt. Der *Resilienz Canvas* soll die langfristige Transformation berücksichtigen, auf dessen Basis auch die *Szenarioanalyse* und das Wissen bzw. die Einschätzung der Anwender einfließt. Der *Resilienz Canvas* visualisiert damit die Verknüpfung zwischen Technologielösungen und Unternehmensstrategien und bietet strategische Empfehlungen zur Verbesserung der Resilienz. In Tabelle 21 wird zunächst ein Ausschnitt der Technologiemorphologie am Beispiel von zwei Technologielösungen dargestellt. Der folgende Abschnitt geht auf die Beschreibung der Effekte auf die unternehmerische Resilienz sowie die Einschätzung der technologischen Reife und Eignung für eine Unternehmensbranche durch die generative KI ein. Diese wird der individuellen Einschätzung durch den Anwender gegenübergestellt. Die Gesamtdarstellung der Technologiemorphologie als derzeitige Momentaufnahme zum Stand der Technik befindet sich in Anhang E.

Tabelle 21: Technologiemorphologie – Exemplarische Darstellung am Beispiel *Digitale Assistenz* und *Mixed Reality*

Cluster		Beispielausprägungen	Anwendungsbereiche (Fokus: produzierende Unternehmen)	Effekte auf die unternehmerische Resilienz	KI-basierte Einschätzung zur Technologiereife & Eignung für die Branche	Relevanz aus Unternehmenssicht
Assistententechnologien	Digitale Assistenz	Chatbots, virtuelle Assistenten, Dashboards	<ul style="list-style-type: none"> Wissensmanagement und Dokumentation Prozessoptimierung durch Entscheidungshilfen Automatisierte Kundenbetreuung 	<ul style="list-style-type: none"> Verbesserung der Agilität der Mitarbeitenden durch schnellen Zugang zu Informationen Unterstützung der Skalierbarkeit von Diensten 	Vgl. Tabelle 22 Vgl. Prompt 4	
Visualisierungstechnologien	Mixed-Reality	MR-Plattformen	<ul style="list-style-type: none"> Interaktives Training und Qualifizierung Kollaborative Produktentwicklung Kundeninteraktion 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung realistischer Simulationen ohne Gefährdung realer Ressourcen Interaktivität fördert Lernfähigkeit für neue Fähigkeiten und Antizipation zukünftiger Markttrends durch direktes Kundenfeedback 	Vgl. Tabelle 22 Vgl. Prompt 4	

Die Herleitung der Effekte auf die unternehmerischen Resilienz lässt sich unter dem Fokus der Schlüsselmerkmale von Resilienz, *Adaptivität, Antizipation, Robustheit, Redundanz, Diversifikation, Regenerations- und Lernfähigkeit* sowie *Transparenz* (vgl. Kap. 2.1.1), ableiten und systematisch beschreiben. In der Technologiemorphologie werden verschiedene Technologien beschrieben, die diese Ausprägungen der Resilienz stärken und Unternehmen im Hinblick auf ihre systemische Belastbarkeit stärken (vgl. Wieland & Wallenburg, 2013, S. 301f.)

Antizipation wird stark durch Technologien wie Big Data Analytics, Sensorsysteme sowie Funk- und Integrationstechnologien gefördert. Diese Systeme schaffen große Datenmengen und können diese in Teilen auch analysieren, um Abweichungen frühzeitig zu erkennen und Vorhersagen über potentielle Trends und Risiken zu treffen. Big Data Analytics ermöglicht z.B. die Analyse von Maschinen- und Qualitätsdaten, um Herausforderungen im Voraus zu identifizieren, bevor diese zu Ausfällen führen (vgl. Stich et al., 2022, S. 52; Stich et al. 2016, S. 231). In der Produktion können Digitale Zwillinge genutzt werden, um Simulationen von Produktionsprozessen unter verschiedenen Szenarien durchzuführen, wodurch Unternehmen in der Lage sind, präzise Vorhersagen zu treffen und sich auf unterschiedliche Markt- und Umweltbedingungen vorzubereiten (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 101, Stich et al., 2022, S. 39). Digitale Plattformen zum Datenaustausch sind Wegbereiter für antizipative Analysen, z.B. durch eine (Echtzeit-) Überwachung von Lieferketten, Sicherheitsbeständen und Bestellungen. Dieser Aspekt wird insbesondere in der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers (vgl. Kap. 4.1.2) ins Auge gefasst.

Die *Robustheit* von Unternehmen wird durch Technologien wie autonome Fahrzeuge, Robotersysteme oder Mensch-Roboter-Kollaborationen gestärkt. Fahrerlose Transportsysteme (AGV) und Drohnen ermöglichen z.B. eine zuverlässige Automatisierung von Transport- und Logistikprozessen, was insbesondere bei Notfall- und Krisenereignissen (vgl. Abbildung 5) von Vorteil ist. Derartige Technologielösungen sind in der Lage, Materialflüsse autonom zu steuern und Geschäftsprozesse an die veränderten Bedingungen anzupassen (z.B. bei unterbrochenen Lieferketten) (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 104, 116). Robotersysteme, wie Fertigungs- und Montageroboter, erhöhen die Widerstandsfähigkeit der Betriebsabläufe und reduzieren die Abhängigkeit von menschlichen Arbeitskräften, indem wiederholbare Aufgaben zu fast allen Zeitpunkten übernommen werden (vgl. Stich et al., 2022, S. 84). Diese Technologien bieten eine robuste Basis, um den Betrieb vor allem bei unvorhergesehenen Herausforderungen aufrechtzuerhalten.

Ein zentraler Aspekt der Resilienz ist im Zusammenhang mit der Robustheit allerdings auch die Schaffung von *Redundanz* bzw. *Diversifikation*, insbesondere im Bereich der technischen Maschinen, Anlagen und Infrastruktur. Beim Ausfall einer Einheit oder einer außerplanmäßigen Mehrbelastung können alternative und skalierbare Kapazitäten und Systeme bereitgestellt werden, um den Geschäftsbetrieb aufrechtzuerhalten. Technologien, wie z.B. Cloud- oder Edge-Computing, schaffen redundante Dateninfrastrukturen, die durch dezentrale Speicherung und Verwaltung das Risiko von Datenverlusten oder Betriebsunterbrechungen reduzieren (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 107; Stich et al., 2022, S. 29, 59). Weiterhin können doppelt bzw. mehrfach ausgelegte Maschinen bzw. Anlagen mit produktneutralem Equipment oder

alternative Produktionsverfahren, wie z.B. der 3D-Druck, verwendet werden, um im Bedarfsfall sofort verfügbare Ersatzkapazitäten zu bieten (vgl. Stich et al., 2022, S. 62, 76). Physische Assistenzsysteme und damit physische Arbeitserleichterungen erhöhen die (physische) Widerstandsfähigkeit von Mitarbeitenden. Autonome Fahrzeuge und Robotersysteme tragen ebenfalls zur Redundanz bei, indem sie flexibel zwischen Aufgaben umschalten und so bei Notwendigkeit auf eine andere Aufgabe zurückgreifen können. Dieser Aspekt wird insbesondere im Anwendungsfall der Simulationsstudie (vgl. Kap. 4.1.3) in Form einer Matrixproduktion mit mehreren redundanten Produktionszellen aufgegriffen.

Als weiterer Punkt zur Herleitung von Effekten auf die unternehmerische Resilienz wird die *Adaptivität*, bzw. in ihrer kurzfristigen Ausprägung als *Flexibilität*, vor allem durch Assistenz-, Automatisierungs- und Produktionstechnologien gefördert. Flexible Fertigungssysteme und gleichartige Produktionszellen ermöglichen unter Berücksichtigung von Fertigungs- und Montagebedingungen eine schnelle Anpassung der Produktionsabläufe an neue Produkte oder veränderte Produktionsmengen, ohne lange Rüstzeiten zu benötigen (vgl. Plattform I4.0, 2022c, S. 7). Derartige Systeme erlauben es, schnell bei Nachfrageänderungen zu agieren und Produktionskapazitäten dynamisch zu skalieren oder mittels Navigationstechnik auch örtlich umzuverteilen. Digitale Assistenzsysteme verbessern die Flexibilität von Mitarbeitenden durch den schnellen Zugang zu Informationen (vgl. Stich et al., 2022, S. 74). Großes Potential, jedoch gleichzeitig auch mit großem Forschungs- und Entwicklungsbedarf, besteht bei der Flexibilisierung von Robotersystemen, die unter Umprogrammierungen und den Einsatz von ML-Modellen ihr Aufgabenspektrum erweitern können. Darüber hinaus tragen automatisierte Lager- und Kommissioniertechnologien, wie z.B. Pick-by-Light, Pick-by-Voice, zur Flexibilität bei, indem sie eine schnelle Anpassung der Logistikprozesse an veränderte Anforderungen ermöglichen.

Weiterhin wird die *Regenerations- und Lernfähigkeit* durch Datenmodelle und Technologielösungen wie z.B. KI-Systeme oder Mixed-Reality-Plattformen unterstützt. KI-Modelle ermöglichen es Unternehmen, aus vergangenen Ereignissen zu lernen und ihre Systeme kontinuierlich zu verbessern, sodass proaktive Planungen gefördert werden. Mixed-Reality-Plattformen dagegen bieten die Möglichkeit, Mitarbeitende in interaktiven Umgebungen zu schulen und zu qualifizieren, was die Lernfähigkeit und Anpassungsfähigkeit des Unternehmens insgesamt stärkt (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 113). Die Veränderungsperspektive dieser Technologie wird insbesondere in der Praxisstudie mit einem Werkzeughersteller (vgl. Kap. 4.1.1) aufgegriffen.

Schließlich fördern transparente Prozesse und Datenflüsse die interne Effizienz als auch das Vertrauen in der Lieferkette und beim Kunden. Technologielösungen, wie z.B. cyber-physische Systeme (CPS) und Blockchain erhöhen die *Transparenz* und ermöglichen eine Nachverfolgbarkeit von operativen Abläufen, Transaktionen und Lieferantenbeziehungen. CPS verbinden physische und digitale Systeme, wodurch Maschinen und Prozesse in Echtzeit überwacht und gesteuert werden können (vgl. Stich et al., 2022, S. 73). Dies schafft Möglichkeiten zur genauen Vorhersage von Abweichungen und Störungen sowie zur unmittelbaren Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Die Blockchain-Technologie stellt unveränderbare und sichere

Dokumentation von Transaktionen und Daten bereit, sodass Lieferketten vollständig digitalisiert werden können, um den Ursprung und die Bewegung von Materialien jederzeit nachzuvollziehen (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 92). Technologien müssen vor dem Hintergrund des praktischen Einsatzes und ihrer technologischen Reife bewertet werden, damit ein Mehrwert für die spezifischen Applikationen und Anwendungen des Unternehmens geboten und nachhaltig implementiert werden können. Damit in Zusammenhang stehende Hemmnisse und Bewältigungsstrategien sind in Kap. 2.3.5 (vgl. Tabelle 10) adressiert.

Im Kontext der Einschätzung der technologischen Reife und Eignung für eine Unternehmensbranche wird ein Zusammenhang mit der Umsetzung von Technologiestrategien hergestellt. Die Umsetzung von Technologiestrategien ist durch die Anforderungen der Interoperabilität, Skalierbarkeit und Sicherheit (vgl. Kap. 2.3.4) ein komplexes Vorhaben. In Kombination mit der Positionierung von Unternehmen in der *Resilienzmatrix* wird ein Verständnis zur Umsetzung von verschiedenen Technologiestrategien geschaffen. Es werden in Anlehnung an Gerybadze (2004, S. 141f.) Technologiestrategien in Bezug zur relativen äußeren Dynamik (im Sinne einer externen Marktpositionierung) und relativen inneren Stärke (im Sinne einer internen Technologiepositionierung) vorgeschlagen. Der Ansatz kann dabei die Reifegrade von Technologien berücksichtigen und basierend auf den vorgelagerten Analysen spezifische Strategien für die resilienzorienteerte Gestaltung des Geschäftsmodells ableiten. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 22 dargestellt.

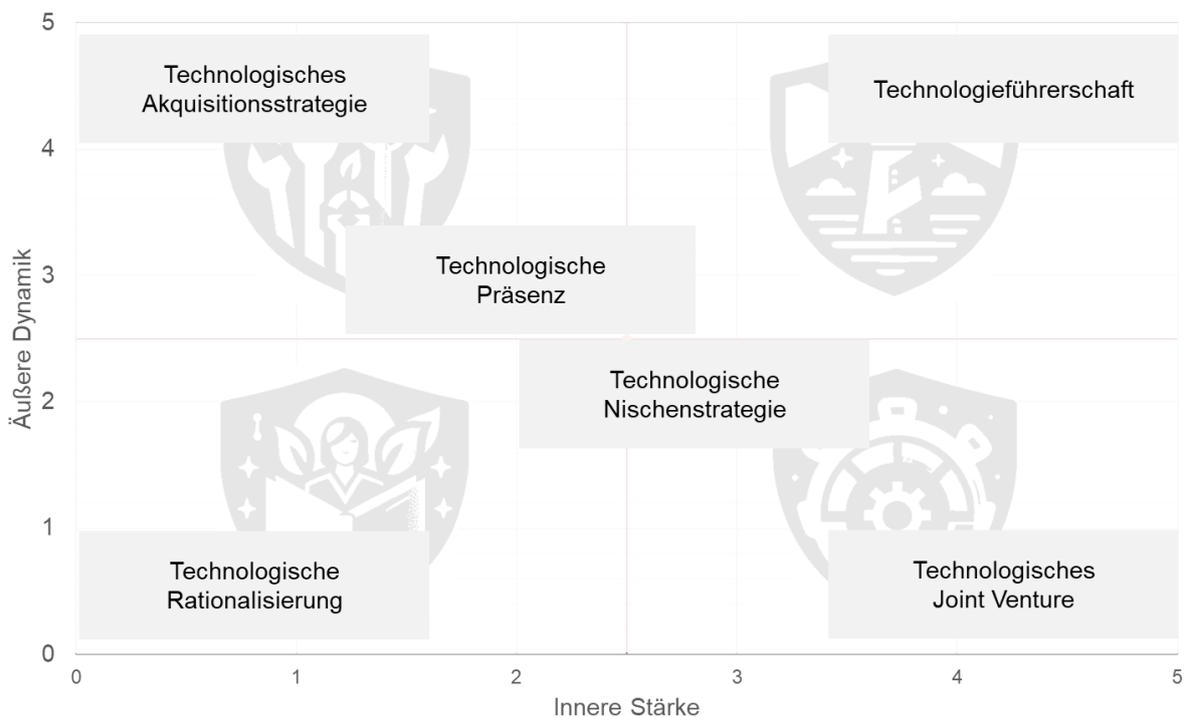


Abbildung 22: Grundverständnis zur Verknüpfung des Resilienzmanagements mit Technologiestrategien (i.A.a. Schaarschmidt, 2006, S. 89f.)

Die Strategie zur Technologieführerschaft ist für Unternehmen relevant, die bereits eine starke Positionierung in der *Resilienzmatrix* und im *Reifegradmodell* aufweisen. Durch den vorausschauenden und zukunftsorientierten Ansatz im Resilienzmanagement kann in frühen

Technologiephasen eine starke Wettbewerbs- und Technologieposition eingenommen werden. In späten Reifephasen sind die Chancen, die eine eigene Technologieentwicklung bietet, jedoch stärker ausgereizt. Technologieführerschaften sind in diesem Fall nur bei gleichzeitig starker externer und interner Position sinnvoll. Für Unternehmen, die sich schnell an externe Veränderungen anpassen aber gleichzeitig ein Mangel an innerer Stärke aufweisen, eignet sich in frühen und späten Technologiephase eher der Zukauf eines Technologieunternehmens. Demgegenüber stehen Unternehmenstypen mit robusten und sicheren Strukturen, die aber eher anfällig gegenüber Veränderungen im Markt und Umwelt sind. Hier werden Joint Ventures mit starken Marktpartnern empfohlen, sodass Defizite im Bereich der Wettbewerbssituation überwunden werden können (vgl. Schaarschmidt, 2006, S. 89f.). Dieser Denkansatz versteht sich als Symbiose aus aktivem Resilienz- und strategischem Technologiemanagement.

Die Einschätzung der technologischen Reife für ein Unternehmen spielt eine zentrale Rolle im Rahmen des Resilienzmanagements, insbesondere in Bezug auf digitale Transformationsprozesse. Unternehmen müssen verstehen, welche Technologien die unternehmenseigenen bestehenden Systeme stützen (Basistechnologien), welche Technologien Potentiale hinsichtlich Flexibilität und Robustheit bieten (Schrittmachertechnologien) und welche für die langfristige Sicherung der adaptiven Resilienzfähigkeiten und inhärenten Resilienzeigenschaften sowie die Schaffung einzigartiger Wettbewerbsvorteile von entscheidender Bedeutung sind (Schlüsseltechnologien). Tabelle 22 stellt die unterschiedlichen Technologiereifen in Anlehnung an Gerpott (2005, S. 25) dar.

Tabelle 22: Differenzierung von Technologiereifen (i.A.a. Gerpott, 2005, S. 25)

<i>Bezeichnung</i>	<i>Definition</i>	<i>Eigenschaft</i>
Basis-technologien	<ul style="list-style-type: none"> • Technologien, die bereits weit verbreitet und etabliert sind • Bilden das Fundament für viele Applikationen und Prozesse, sind aber selbst oft nicht wettbewerbsentscheidend 	<ul style="list-style-type: none"> • Weit verbreitet • Standardisiert • Wichtig für laufenden Betrieb
Schrittmachertechnologien	<ul style="list-style-type: none"> • Technologien, die sich noch in der Entwicklung oder frühen Einsatzphase befinden • Potential zur grundlegenden Veränderung bestehender Prozesse und Produkte, aber kommerzielle Durchdringung noch begrenzt 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Innovationskraft • Moderates bis hohes Risiko in der Implementierung • Erprobung in frühen Marktphasen • Können Basistechnologien ergänzen oder ersetzen
Schlüsseltechnologien	<ul style="list-style-type: none"> • Technologien, die für die Wettbewerbsfähigkeit einer Branche oder eines Unternehmens entscheidend sind • Ermöglichen bedeutende Fortschritte und bieten signifikante Wettbewerbsvorteile 	<ul style="list-style-type: none"> • Strategische Bedeutung und Relevanz • Differenzierende Wirkung auf Dienstleistungen und Produkte • Hohe Eintrittsbarrieren durch umfangreiche F&E-Investitionen
Nicht relevante Technologien	<ul style="list-style-type: none"> • Technologien, die zum aktuellen Zeitpunkt weder weit verbreitet noch eine strategische Bedeutung zugesprochen wird 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Marktdurchdringung • Zum Teil fehlende Standardisierung • Hohes Risiko und hohe Kosten

	<ul style="list-style-type: none"> • Entweder es fehlt bisher an Marktakzeptanz oder es gibt nur begrenzte Anwendungsmöglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Mittelfristiger Nutzen (noch) nicht erkennbar
--	---	---

Generative KI gibt in diesem Zusammenhang eine Hilfestellung bei der Beurteilung der technologischen Reife auf Branchenebene, indem öffentlich zugängliche oder verfügbare Datenquellen, wie z.B. Markt- oder Branchenanalyse, analysiert werden. Es kann aufgezeigt werden, wie häufig bestimmte Technologien im Praxiseinsatz oder in der Forschung erwähnt werden, welche Entwicklungen als vielversprechend gelten und wo in der Marktdurchdringung oder Standardisierung noch Hindernisse bestehen. Zudem kann die generative KI frühzeitig Anhaltspunkte identifizieren, die auf Durchbrüche oder Hemmnisse für Technologien hinweisen, und stellt diese in den Kontext spezifischer Branchenanforderungen. Auf Branchenebene bietet generative KI daher die schnelle Möglichkeit, umfassend das öffentliche technologische Wissen zu durchleuchten, um zu beurteilen, welche Technologien das Potential haben, als Schlüsseltechnologie zu gelten und welche noch am Anfang der Entwicklungsreife stehen und ein hohes Risiko bergen. In Erweiterung kann an dieser Stelle die Metrik des *Technology Readiness Levels* (TRL) herangezogen werden, welche den Reifegrad einer Technologie von der Grundlagenforschung (TRL 1) bis hin zur vollständigen Marktreife (TRL 9) bewertet (vgl. Ashkavand et al., 2023, S. 4). Hier ergibt sich für den Anwender eine wertvolle Orientierung, um eine Entscheidung darüber zu treffen, welche Technologien investitionsreif sind und welche noch Entwicklungspotential zur Stärkung der Resilienz haben. Prompt 4 gibt einen entsprechenden Sprachbefehl auf Basis bereitgestellter Templates und Berichte aus.

Prompt 4: Strategieentwicklung – Einschätzung zur Bewertung von Technologiereifen in der Unternehmensbranche

Zielstellung: Beurteilung von relevanten Technologien bzgl. Eignung und Reife für eine Branche und deren Effekte auf die unternehmerische Resilienz (ggf. unter Angabe des TRL).

„Auf Basis der vorliegenden Technologiemorphologie bitte bewerte die technologische Reife der jeweiligen Technologien und Eignung für die Branche [...] (inkl. Unternehmensbeispiel). Unterscheide zwischen nicht relevant, Basistechnologie, Schrittmachertechnologie und Schlüsseltechnologie. Bewerte kritisch im Sinne der Eignung und begründet im Branchenkontext. Gehe insbesondere auf die Potentiale zur Steigerung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften ein. Welche konkreten Handlungsempfehlungen können für die Strategieentwicklung und Priorisierung der Technologien abgeleitet werden?“

3.6 Umsetzung einer resilienzorientierten Operationalisierung

Im Folgenden werden in Reflektion zu Kapitel 2.3.3 und Kapitel 3.2 (vgl. Tabelle 13) die Anforderungen an ein ganzheitliches Kennzahlensystem mit resilienzorientierten Operationalisierungsgrößen aufgegriffen und im Detail adressiert. Eine Anforderung adressiert die Notwendigkeit, dass die Leistungs- und Zustandsmessung auf allen Unternehmensebenen und aus

relevanten Perspektiven erfolgt, um sowohl langfristige als auch kurzfristige Ziele effektiv überwachen und steuern zu können. Dazu werden die Segmente des *Resilienz Canvas* mit passfähigen Operationalisierungsgrößen verknüpft. Gleichzeitig werden verschiedene Stakeholder-Gruppen (Rollenbilder) eingebunden, um unterschiedliche Perspektiven, Expertenwissen und Forderungen gezielt zu berücksichtigen. Weiterhin wird ein systematischer Kennzahlenverbund entwickelt, um ein umfassendes Bild der Unternehmensfähigkeiten im Kontext von Resilienz zu erhalten. Einzelkennzahlen werden in ein ausgewogenes System integriert, das retrospektive und prospektive Analysen von Ursache-Wirkungsbeziehungen ermöglicht. Ergänzend wird eine effektive Frühwarnindikatorik implementiert, die auf Basis endogener und exogener Einflussfaktoren Trends, Chancen und Risiken (Szenarioanalyse) frühzeitig identifiziert. Im Schlußschluss zur Überleitung in eine operative Kontrollfunktion müssen regelmäßige Messungen von Zuständen und Zielerreichungen in festgelegten Intervallen erfolgen. Dabei wird die Resilienzfähigkeit in verschiedenen Phasen anhand von Zeitbezug und Grenzwerten bewertet, um als operative Unterstützung für strategische Aufgaben zu dienen. Durch die kontinuierliche Kontrolle von Zielannahmen, Zielerreichungen und Ergebnissen wird eine quantifizierte Grundlage geschaffen, die kontinuierliche Verbesserungs- und Lernprozesse ermöglicht. Als abschließende Anforderung wird die Anzahl der zu berücksichtigenden Kennzahlen in jeder Perspektive gezielt begrenzt, um den Fokus auf die wesentlichen Zielsetzungen zu richten und eine Überladung im Sinne einer Unzweckmäßigkeit zu vermeiden. Dabei werden leicht nachvollziehbare, intuitiv anwendbare und operationalisierbare Messgrößen konzipiert bzw. festgelegt. Diese umfassen einen Mix aus bereits etablierten Unternehmenskennzahlen, ergänzt durch resilienzoriente Indikatoren. Diese spezifischen Anforderungen bilden die Grundlage für die Entwicklung und die synergetische Zusammenführung des Integrationsmodells im Kontext der Operationalisierung von Resilienz und berücksichtigen dabei die Prämisse zur Schaffung einer praxisnahen Lösung (vgl. Tabelle 13).

3.6.1 Operationalisierung von Resilienz

Der Business Model Canvas (BMC) als visuelles Framework zur Darstellung der verschiedenen Bestandteile eines Geschäftsmodells wird im Anwendungskontext dieser Arbeit stets mit der Verknüpfung von Kennzahlen eingesetzt. Messbare Ziele helfen den Fortschritt in Richtung strategischer Unternehmensziele zu verfolgen und auf dieser Basis Entscheidungen zu treffen (vgl. Wiendahl, 2008, S. 228f.). Damit wird eine grundlegende Transparenz zur Leistungsfähigkeit und dessen Umfang für Unternehmen geschaffen. Diese Nutzungsvorteile sollten auch für das Resilienzmanagement erweitert werden, um potentielle Veränderungen, Chancen als auch Risiken, zu identifizieren, die systemische Belastbarkeit zu erhöhen, als auch für Kommunikationszwecke, um innerhalb und außerhalb des Unternehmens gemeinsame Werte und Termini zu verwenden.

Die Resilienz eines Unternehmens lässt sich einerseits nach Kohl et al. (2021, S. 5) messen, indem Leistung als Verlauf über die Zeit betrachtet wird. Andererseits gibt es neben der Berücksichtigung von Resilienz im Zeitbezug noch weitere Kenngrößen, die zur Früherkennung, Planung, Umsetzung und Kontrolle im Geschäftsbetrieb herangezogen werden können. Die

Berücksichtigung der Resilienzfähigkeit im Kontext des BMC wird als wesentlich angesehen, da es Unternehmen dabei hilft, nicht nur klassische leistungsorientierte (KPI) zu bewerten, sondern stärker risikoorientierte Kennzahlen (KRI) als auch resilienzoriente Kennzahlen einzubeziehen, um die Anpassungs- und Lernfähigkeit von Unternehmen zu beurteilen. Schulz et al. (2023, S. 135) differenzieren Attribute von Resilienz, Ressourceneffizienz und Leistung, sodass auch nachhaltigkeitsorientierte Kennzahlen (ESG) in einem ganzheitlichen Rahmen berücksichtigt werden müssen. Im Kontext sogenannter ESG-Metriken sind Kennzahlen aufgeführt, die die Nachhaltigkeitsleistung eines Unternehmens in den drei Hauptbereichen Umwelt (Environmental), Soziales (Social) und Unternehmensführung (Governance) messen und auf den Untersuchungsbereich der Arbeit transformieren (vgl. Moreira & Rodrigues, 2023, S. 1, 8-9). Wie bereits mehrfach hervorgehoben, ist die Resilienzfähigkeit im dynamischen Umfeld mit unvorhersehbaren Ereignissen wie Marktschwankungen, technologischem Wandel und globalen Herausforderungen entscheidend für die Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit und Betriebskontinuität (vgl. Kohl et al., 2021, S. 6ff.). Die Integration von *resilienzorientierten Indikatoren* (RI) ist daher notwendig, um ein umfassendes Bild der Belastbarkeit eines Unternehmens zu erhalten. Sie ergänzen bisherige Zielsysteme, indem die Fähigkeit von Unternehmen hervorgehoben wird, sich an Veränderungen anzupassen und Innovationen zu fördern. Dadurch wird im Einklang mit ESG-basierten Kennzahlen ein ganzheitlicher Ansatz zur Bewertung der Unternehmensleistung ermöglicht, der über die traditionellen finanziellen und operativen Metriken hinausgeht. Es wird die Möglichkeit geschaffen, Leistungs- und Zustandsmessungen auf allen Unternehmensebenen und aus relevanten Perspektiven zu integrieren. Tabelle 23 gibt einen exemplarischen Überblick über leistungs-, nachhaltigkeits-, risiko- und resilienzoriente Indikatoren und stellt diese im Kontext der Geschäftsmodellsegmente gegenüber.

3 Entwicklung eines integrativen Modells zum Resilienzmanagement

Tabelle 23: Gegenüberstellung leistungs-, nachhaltigkeits-, risiko- und resilienzorientierter Indikatorik im Kontext der Geschäftsmodellsegmente (Auswahl)

Segment	KPI (leistungsorientiert)	ESG (nachhaltigkeitsorientiert)	KRI (risikoorientiert)	RI (resilienzorientiert)
	Stark operationalisiert	In großen Teilen operationalisiert	Oftmals qualitativ bewertet	Bestrebung zur Operationalisierung
<i>Schlüssel-partner</i>	Strat. Partnerschaften [Anzahl] Partnerzufriedenheit [in %] Lieferzuverlässigkeit [%]	Lieferanten mit Umweltzertifizierungen [Anzahl] Lieferanten, die ESG-Kriterien erfüllen [in %]	Risiken in den Partnerschaften [qualitativ] Lieferantenausfallquote [%]	Stabilität strat. Partnerschaften [Anzahl im Zeitverlauf] Kooperationsvereinbarungen für Krisenzeiten [Anzahl] Diversität der Partnerschaften Lieferflexibilität [Erfüllungsquote bei kurzfristigen Anfragen]
<i>Schlüssel-fähigkeiten</i>	Markteinführungen [Anzahl] Time to Market [in Wochen] Arbeitsproduktivität [Anzahl pro Tag] Durchlaufzeit [in h]	Rohstoffproduktivität Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit Ethik und Compliance [Anzahl Schulungen]	Prozessausfallraten [in %, Anzahl Vorfälle] Krisenmanagement [qualitativ in Bezug auf Effektivität]	Agilität in Schlüsselprozessen [Ø Zeit zur Veränderung] Kritikalitätsbewertung von Prozessen [BCM] Lernfähigkeit zur Umstellung [Anzahl Prozessänderungen]
<i>Schlüssel-ressourcen</i>	Auslastung Produktionskapazitäten [OEE] ROI [in %] Verfügbarkeit kritischer Ressourcen [in %] Lagerbestand [Volumen] Betriebsmittel und Anlagen [Anzahl]	Energieverbrauch [kWh je Einheit] Nutzung erneuerbarer Energien [in %] Nachhaltige Materialien [Anteil] Wassereinsparungen p.a. [in m³]	Ausfallrate kritischer Anlagen [in %, in h] Verlust von Schlüsselpersonal [Austritte] Lagerreichweite [in AT]	Redundanz in der Lieferkette [Anzahl alternativer Lieferanten] Robustheit der IT-/Energieinfrastruktur [Ausfallzeit] Zugang zu alternativen Ressourcen [Anzahl verfügbarer Alternativen] oder Flexibilität in der Ressourcennutzung [Anteil flexibel einsetzbarer Maschinen]
<i>Nutzen-versprechen</i>	Einzigartige Verkaufsmerkmale [Anzahl] Time to Delivery [in h oder d]	Produkte mit Umweltzertifizierungen [Anzahl] Umweltbelastung pro Produktlebenszyklus PCF, CCF, LCF [THG-Bilanzierungen]	Produktfehlschläge [Anzahl] Kundenfeedback [qualitativ]	Diversifikation des Produktportfolios [Anzahl Produktlinien & Cross Selling] Neuausrichtungsfähigkeit [Anzahl erfolgreicher Produktanpassungen]
<i>Kunden-beziehungen</i>	Kundenkontakt [Anzahl pro Tag] Wiederkaufsrate [in %] Service Level Agreements [Erfüllungsrate in %]	Kundenzufriedenheit hinsichtlich Nachhaltigkeitsinitiativen [Umfrageergebnisse] Sozial- und Nachhaltigkeitskampagnen [Anzahl]	Beschwerderaten [in %] Serviceausfälle [Anzahl]	Reaktionszeiten auf Kundennachfragen [Ø Antwortzeit] Kommunikationspläne [qualitativ] Community-Support-Systeme [Anzahl und Einfluss]
<i>Kunden-segmente</i>	Kundenzufriedenheit [in %] Akquisitions- und Treueraten Marktprognosen [erwarteter Absatz]	Anteil Kunden aus verschiedenen Einkommensgruppen [in %] Wachstumsraten in sozialen Segmenten	Kundenverlustrate [in %] Veränderungen in der Marktdemografie [qualitativ]	Diversifikation der Kundensegmente [Anzahl] Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Kundenbedürfnisse [Häufigkeit der Anpassung]
<i>Absatz-kanäle</i>	Verkaufsvolumen pro Kanal [in €] Konversionsraten [in %] Reaktionszeit auf Kundennachfragen [Ø Zeit]	CO2-Emissionen pro Vertriebskanal Anteil emissionsfreier Liefermethoden [in %]	Abhängigkeit von einzelnen Vertriebskanälen [in % des Umsatzes] Störungen in der Lieferkette [Anzahl]	Flexibilität der Vertriebskanäle [Anzahl alternativer Kanäle] Multi-Channel-Strategie [Anzahl der genutzten Vertriebskanäle] Digitale Transformationsfähigkeit [qualitativ]
<i>Kosten-struktur</i>	Prozesskosten [in €] Logistikkosten [pro tkm] Break-Even-Analyse	Umweltkosten [Zertifikate, Verschmutzungen] Sozial-, Nachhaltigkeitskampagnen [in €]	Kostenschwankungen [in %] Unerwartete Kostensteigerungen [in %, absolut]	Flexibilität der Kostenstruktur [Verhältnis fix vs. variabel] Zugang zu Finanzierungsmöglichkeiten [Anzahl Kreditlinien] Kostenreduzierung durch Automatisierung [pro Prozess in %]
<i>Erlösstruktur</i>	Gesamtumsatz [in €] Umsatzwachstum [in €]	Umsatzanteil der nachhaltigen Produkte und Dienstleistungen [in €]	Umsatzvolatilität [Standardabweichung] Preisänderungsempfindlichkeit	Diversifikation Einnahmequellen [Anzahl unterschiedl. Quellen] Abhängigkeiten von Top-Kunden [Umsatzanteil in %] Anteil wiederkehrender Einnahmen [in % des Umsatzes]

Ein weiterer wesentlicher Aspekt zur Resilienzförderung ist die regelmäßige Messung von Zuständen und Zielerreichungen in festgelegten Intervallen. Ein resilientes System minimiert den Leistungsverlauf über die Zeit nach Eintritt eines hochwirksamen Events (vgl. Kohl et al., S. 5). In Ergänzung zur Abbildung 6 wird im Folgenden das Schema zur Resilienzbewertung beschrieben. Im Fall eines solchen hochwirksamen Events, welches Beeinträchtigungen im Unternehmen zur Folge hat, greifen Prozessphasen, die eine Wiederherstellung durch Redundanz oder die Ausbildung alternativer Strukturen erreicht. Abbildung 23 stellt diese Prozessphasen unterteilt in eine Vorbereitungs-, Adaption-, Regenerations- und Lern- sowie Verbesserungsphase ein (i.A.a. Guo et al., 2023, S. 373). Die folgende Phasenbeschreibung greift dabei Resilienzindikatorik mit Zeitbezug auf.

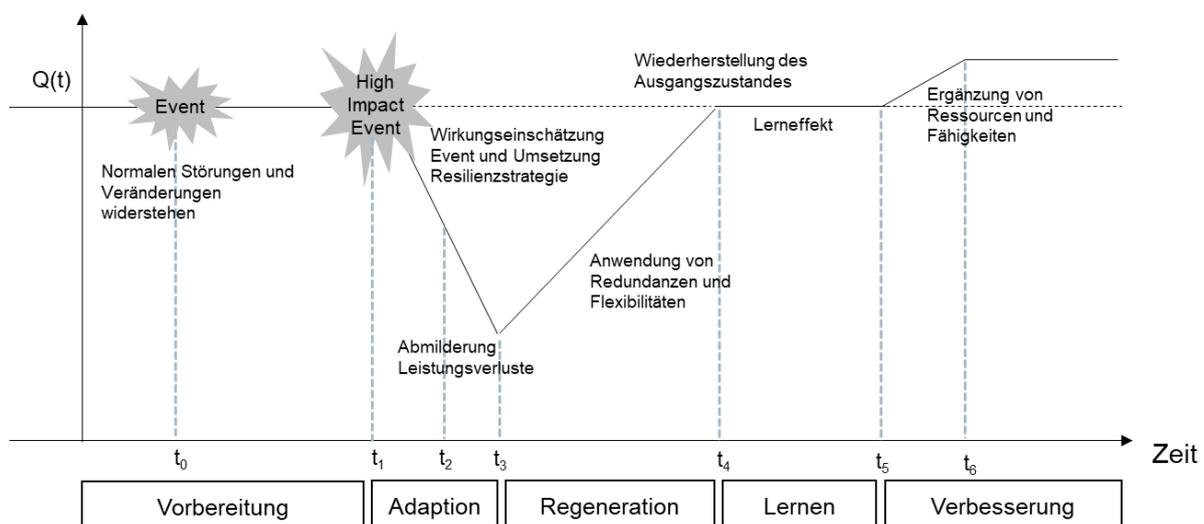


Abbildung 23: Bewertung der Resilienzfähigkeit in verschiedenen Phasen (i.A.a. Guo et al., 2023, S. 373)

Phase 1 – Vorbereitungsphase:

Die Organisation widersteht internen und externen Events oder ergreift präventive Maßnahmen, um derartige Schocks zu vermeiden, ohne dabei eine Verschlechterung der Leistungsfähigkeit, Struktur oder des Funktionsverlustes zu erfahren. Es überwacht auf Basis definierter Zielwerte kontinuierlich den Zustand bzw. die Beibehaltung eines stabilen Zustandes und prognostiziert auf der Grundlage der Überwachungsdaten einflussreichere und unerwartete Ereignisse.

- Antizipation = Entwicklungstendenzen in definierten (kurz- bis langfristigen) Zeiträumen, Frühwarnung
- Festlegung von Überwachungsfrequenzen = Häufigkeit der Überwachung kritischer Systeme und Prozesse (in bestimmten Zeitabschnitten)

Phase 2 – Adaptionsphase:

Beim Auftreten von hochwirksamen Ereignissen, die zu einer Leistungsver schlechterung führen, erkennt die Organisation die Auswirkungen und setzt angepasst an die aktuelle Situation definierte Wiederherstellungsstrategien ein. Die Orientierung erfolgt anhand definierter Grenzwerte. Dieses Vorgehen umfasst die Nutzung redundanter oder alternativer Ressourcen,

Umplanungen u.Ä. (vgl. Abbildung 21). Ziel ist es, die Auswirkungen und Dauer der Leistungsabfälle zu mindern.

- Robustheit = Ist-Werte abzgl. hinnehmbare Leistungsabfälle
- Adaptivität = Definierte kritische Grenzen in Form von Reaktionszeiten u.Ä.

Phase 3 – Regenerationsphase:

Die Prozesse können in einen gewünschten Zustand zurückversetzt werden, indem Backup-Strukturen oder ergänzende Komponenten verwendet werden. Dies kann entweder durch vorab entworfene Backup-Strukturen oder durch redundante Ressourcen geschehen, um die Organisation wieder in den Normalzustand zu bringen. Alternativ können andere Komponenten mit ähnlicher Funktion so ausgelegt werden, dass die Zielstruktur oder -funktion wieder hergestellt wird.

- Regenerationsfähigkeit = Zeit zur vollständigen Wiederherstellung in definierten Wiederherstellungsniveaus
- Zusätzliche Kapazitäten = Anteil der Zeit, in der redundante oder alternative Kapazitäten genutzt werden

Phase 4 – Lernphase:

Sobald sich das System von der Störung erholt hat und in den Ausgangszustand zurückkehrt, können Mechanismen wie (KI-basierte) Datenanalysen, Deep Learning-Ansätze und ein dazugehöriges (automatisches) Reporting in definierten Analysezeiträumen genutzt werden, um aus dem Event zu lernen und sich auf mögliche ähnliche zukünftige Störungen oder Veränderungen vorzubereiten.

- Lernfähigkeit = Zeit der Datenanalyse von der Wiederherstellung bis zur vollständigen Analyse des Events (Reporting)

Phase 5 – Verbesserungsphase:

Nach dem Durchlaufen der oben genannten Phasen sind die internen redundanten Ressourcen zumeist erschöpft. Um die Leistungsfähigkeit zum Widerstehen zukünftiger Events weiter zu verbessern, ist es notwendig, zusätzliche (bis hin zu externen) Ressourcen zu ergänzen oder das Systemdesign zu optimieren (z.B. in Form von modularen Produktionssystemen). An dieser Stelle entsteht ein Regelkreis zur Dynamisierung der Zielwerte in der Phase 1.

- Optimierungsrate = (Neuer) Soll-Wert als resiliente Reaktion; Häufigkeit mit der Systemdesigns angepasst werden
- Zusätzliche Kapazitäten = Erholungszeiten, Implementierungszeiten

Im folgenden Abschnitt werden diese Erkenntnisse in einem *Resilienz Board* zusammengeführt.

3.6.2 Methodenbaustein: Resilienz Board

Da klassische Kennzahlensysteme oft zu einer gewissen Einseitigkeit neigen und diese durch eine starke Finanz- und Vergangenheitsorientierung den gegenwärtigen Bedürfnissen zur Messung der Resilienzfähigkeit nicht gerecht werden (vgl. Distelzweig, 2014, S. 121), unterstreicht dies die Notwendigkeit einer ausgewogenen Betrachtung verschiedener Kennzahlen.

Ein resilienzorientiertes Kennzahlensystem beschränkt sich nicht nur auf finanzielle und leistungsbezogene Indikatoren, sondern zielt darauf ab, nach den Prinzipien des Resilienzmanagements, quantitative Faktoren für eine proaktive Steuerung zu integrieren. Ein systematischer Kennzahlenverbund bildet die Grundlage, um die Interdependenzen (vgl. Tabelle 18) sichtbar zu machen und frühzeitig Chancen sowie Risiken zu identifizieren. Hierbei werden *resilienzorientierte Kennzahlen* (RI) wie Anpassungsfähigkeit, Redundanz und Flexibilität berücksichtigt. Diese Ergänzung unterstützt die leistungsorientierten (KPI) und nachhaltigkeitsorientierten Kennzahlen (ESG) durch risikoorientierte Indikatoren (KRI), wodurch ein kohärentes und zukunftsorientiertes Monitoring ermöglicht wird.

Das in der folgenden Tabelle 24 aufgeführte *Resilienz Board* integriert den zeitlichen Bezug im Sinne einer Frühwarnfunktion und weist Verantwortlichkeiten zu. Es können datenbasierte Lösungen, wie z.B. BI-Systeme, KI- und ML-Methoden, prädiktive Analysen, eingesetzt werden, die auf qualitative und quantitative Faktoren zugreifen, um Trends in der Produktions- und Lieferkettenplanung zu erkennen. Das Integrationsmodell legt die methodischen Auswahl-schritte fest, um unternehmensindividuell einen passfähigen Aufbau in einem strukturierten Ablauf von *Anforderungsanalyse* bis hin zum *Monitoring* zu realisieren. Durch die Kombination von resilienzorientierten Prinzipien mit einem systematischen Kennzahlenverbund wird ein dynamisches System geschaffen, das sowohl die strategischen als auch die operativen Dimensionen eines Unternehmens adressiert und zu einer transparenteren Entscheidungsgrundlage führt. Tabelle 24 führt diese Perspektiven unter einer exemplarischen Ausführung der prozessorientierten Segmente mit einer strategischen Zielstellung, der Auswahl einer geeigneten, resilienzorientierten Indikatorik, der Herleitung von Ziel-, Grenz- und Orientierungswerten in den entsprechenden Resilienzphasen sowie konkrete Maßnahmen und Verantwortlichkeiten zusammen.

Tabelle 24: Resilienz Board als Zusammenführung relevanter Geschäftsmodellperspektiven, Mess- und Kontrollgrößen

Perspektive	Zielstellung	Auswahl Indikatorik	Ziel- und Grenzwerte anhand Resilienzphasen	Maßnahmen	Verantwortung	
<i>Exemplarische Nennung</i>						
Prozessorientierung (Kompetenzen, Partner)	Schlüsselpartner	Alternative Lieferanten in Krisenzeiten	Anzahl Kooperationsvereinbarungen	Mind. 2 Lieferanten pro kritische Ressource, zyklische Überprüfung	Aufbau Lieferantenpool mit regionaler Diversifikation	Supply Chain Management, Beschaffung
	Schlüsselfähigkeiten	Entwicklung von Fähigkeiten zur schnellen Produktanpassung	Ø Zeit zur Veränderung in Schlüsselprozessen	Implementierung innerhalb von max. 1 Monat	Regelmäßige Schulungen zur Produkt- und Prozessverbesserung	Prozessingenieure, Produktmanager
	Schlüsselressourcen	Robuste IT-Infrastrukturen und Prozesse	Ausfallzeiten und Anzahl verfügbarer Alternativen	Max. 1% Ausfallzeit p.a., mind. 2 redundante IT-Systeme	Regelmäßige Stresstests zur Sicherstellung der IT-Sicherheit	IT-Abteilung
Marktorientierung (Kunde, Markt)	Nutzenversprechen	Sicherstellung der Produkt- und Serviceverfügbarkeit	vgl. Tabelle 23	vgl. Abbildung 23	vgl. Tabelle 19	Zuweisung von verantwortlichen Personen

	Kundenbeziehungen	<i>Intensivierung personalisierter Kundeninteraktionen</i>				
	Kundensegmente	<i>Erweiterung des Kundenportfolios</i>				
	Absatzkanäle	<i>Aufbau neuer Vertriebswege</i>				
Finanzorientierung (Liquidität, Opportunitäten)	Kostenstruktur	<i>Optimierung der Betriebskosten durch digitale Transformation</i>				
	Erlösstruktur	<i>Diversifikation der Einnahmequellen</i>				

Die Umsetzung eines *Resilienz Boards* ermöglicht die präzise Zuweisung von Zuständigkeiten für spezifische Kennzahlen, sodass Aufgaben kompetenzorientiert verteilt und Aufwände effizient geteilt werden. Es wird empfohlen, eine automatisierte Informationsweitergabe an verantwortliche Personen bei kritischen Entwicklungen zu integrieren. Durch die Implementierung von Frühwarnindikatoren und Alarmfunktionen in bestehende Prozesse und Systeme, z.B. über API-Schnittstellen (als definierte Schnittstellen für einen Daten- und Funktionsaus-tausch), können Maßnahmen effizient eingeleitet werden. So wird sichergestellt, dass poten-tielle Risiken, wie z.B. der plötzliche Ausfall eines kritischen Lieferanten, frühzeitig erkannt und gezielt durch zuständige Abteilungen (Supply Chain Management, Einkauf) und vordefinierte Maßnahmen, wie z.B. die Aktivierung alternativer Lieferanten (mit verhandelten Kooperationsvereinbarungen) oder die Anpassung von Beschaffungsstrategien, adressiert werden. Diese proaktive Vorgehensweise stärkt die unternehmerische Resilienz und fördert die Handlungs-fähigkeit auf den entsprechenden Geschäftsmodellebenen (Schlüsselpartner, u.w.).

Auch in diesem Schritt zur Integration und Vorbereitung eines passfähigen Monitorings leistet generative KI einen Beitrag im Kontext der Herleitung von Operationalisierungsgrößen und Grenzwerten, insbesondere durch die Fähigkeit, große Datenmengen zu analysieren und da-raus Muster sowie Zusammenhänge abzuleiten. In den verschiedenen Resilienzphasen (vgl. Abbildung 23), von Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen und Verbesserung, bietet die generative KI Unterstützung und Orientierungshilfe, indem historische Daten und Referen-zen (Publikationen, Branchen-, Marktanalysen) ausgewertet und Szenarien modelliert werden. So kann die KI z.B. durch die Analyse von Lieferkettenunterbrechungen oder Kundendaten Vorhersagen über Engpässe treffen und Grenzwerte für Schlüsselindikatoren wie Lieferzeiten oder Ressourcenverfügbarkeit vorschlagen. Darüber hinaus erleichtert generative KI die dy-namische Anpassung von Grenzwerten an veränderte Bedingungen, indem sie kontinuierlich (Echtzeit-) Daten analysiert und Vorschläge zur Verbesserung liefert. In der Regenerations-phase kann die KI z.B. alternative Lösungen vorschlagen, um Wiederherstellungszeiten zu verkürzen, während in der Lernphase Erkenntnisse aus vergangenen Störungen abgeleitet und neue Handlungsstrategien vorgeschlagen werden. Die Fähigkeit, komplexe

Zusammenhänge verständlich aufzubereiten, unterstützt Entscheidungsträger dabei, die definierten Resilienzphasen zu operationalisieren und gezielt Maßnahmen im *Resilienz Board* abzuleiten. Prompt 5 beschreibt diese Hilfestellung als entsprechenden Sprachbefehl.

Prompt 5: Integration – Herleitung von Operationalisierungsgrößen und Grenzwerten

Zielstellung: Unterstützung bei der Festlegung von geeigneten Operationalisierungsgrößen, kritischen Grenzen und Maßnahmen zur Verbesserung

„Leite auf Basis der strategischen Ziele des Unternehmens [...] und der hergeleiteten Veränderungen im Geschäftsmodell resilienzoriente Operationalisierungsgrößen und deren Grenzwerte ab. Berücksichtige die Integration quantitativer und qualitativer Datenquellen, die Festlegung von Metriken (nach der Struktur KPI, ESG, KRI, RI) sowie die dynamische Anpassung der Grenzwerte basierend auf den vorhergesagten Szenarien und der definierten Resilienzphasen (Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen, Verbesserung). Wie können diese Größen so ausgelegt werden, dass diese einerseits messbar sind und andererseits als Frühwarnindikatoren für Risiken oder Chancen dienen? Beschreibe konkrete Maßnahmen, die diesen Prozess unterstützen.“

An dieser Stelle kann bereits konstatiert werden, dass das *Resilienz Board* eine wertvolle Erweiterung auf strategisch-taktischer Ebene darstellt, um bestehende Controlling-Systeme, wie z.B. die Balanced Scorecard oder andere Controlling-Cockpits (vgl. Tabelle 3), durch resilienzoriente Indikatoren zu ergänzen. Während klassische Kennzahlensysteme häufig finanzielle und leistungsorientierte Indikatoren fokussieren (vgl. Distelzweig, 2014, S. 121), erweitert das *Resilienz Board* den Betrachtungsrahmen um Indikatoren, die speziell auf die Stärkung der unternehmerischen Resilienzfähigkeit abzielen. Dies ermöglicht nicht nur eine Bewertung der aktuellen Situation, sondern auch die Identifikation und Steuerung von Risiken sowie die proaktive Planung von Maßnahmen zur Bewältigung neuer und noch unbekannter Herausforderungen. Es bleibt jedoch erforderlich, dass Unternehmen ihre bisherigen Kennzahlensysteme, d.h. spezifische Kennzahlen im Bereich Zeit, Kosten und Qualität, in die Betrachtung miteinschließen, um die spezifische und auch operative Bewertung vor allem im Kontext von Wirtschaftlichkeit und Produktivität im Auge zu behalten. An dieser Schnittstelle eröffnet sich die Möglichkeit, in Kombination mit detaillierten Datenanalysen, nicht nur die strategische Planung, sondern auch die operative Steuerung gezielt anzugehen. Eine Auseinandersetzung mit stark operativ agierenden Kennzahlensystemen wird an dieser Stelle nicht weiter vertieft, da diese fokussiert auf die detaillierte Steuerung und Überwachung einzelner Prozesse eingehen, während der Kern dieser Arbeit auf der strategisch-taktischen Integration resilienzorientierter Ansätze liegt, die organisatorische Zusammenhänge und zukunftsgerichtete Anpassungsoptionen adressieren. Abbildung 24 veranschaulicht abschließend die Verknüpfung von *Resilienz Canvas* im Sinne der resilienzorientierten Geschäftsmodellgestaltung und *Resilienz Board* unter Benennung exemplarischer Operationalisierungsgrößen.

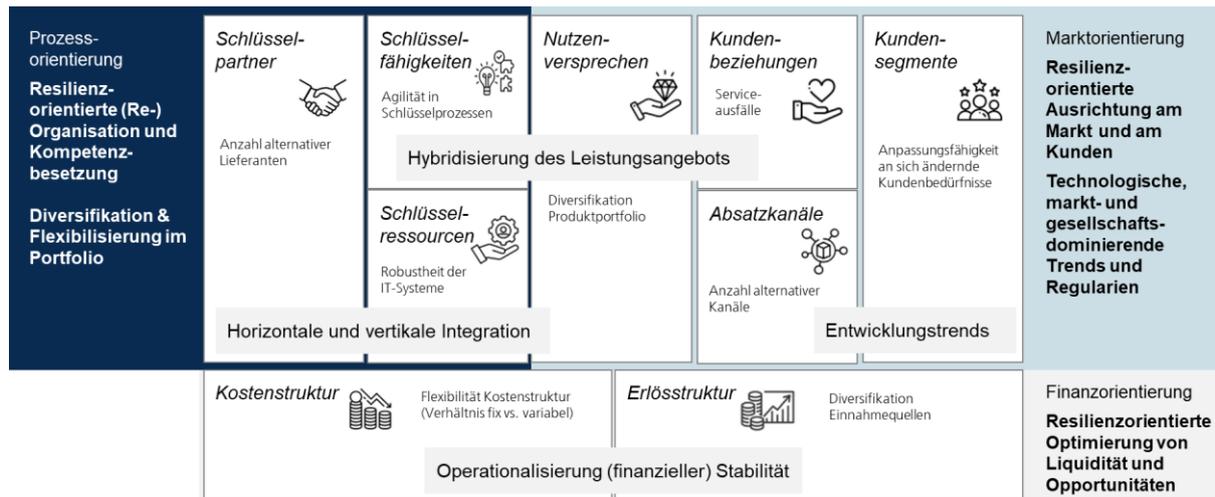


Abbildung 24: Grafische Verknüpfung Resilienz Canvas und Resilienz Board

3.7 Zusammenfassung Methodenkapitel

In Zusammenführung der beschriebenen Methodenschritte in Kapitel 3 illustriert Abbildung 25 den methodischen Ablauf des Integrationsmodells, welches zur Analyse, Bewertung und Planung der unternehmerischen Resilienz und dessen Schlüsselmerkmale (Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften) eingesetzt werden kann. Es umfasst dabei sechs verschiedene Phasen, die systematisch miteinander verknüpft sind, um eine ganzheitliche Sichtweise auf das Thema zu ermöglichen. Das Integrationsmodell zielt zudem darauf, sowohl gängige Methoden, an den Anwendungszweck adaptierte Vorgehensweisen als auch generative KI-Ansätze zu integrieren, um ein anpassungsfähiges und robustes Wertschöpfungssystem zu entwickeln.

Im ersten Methodenschritt, der *Anforderungsanalyse* (vgl. Kap. 3.2), werden die Anforderungen an ein Resilienzmanagementsystem erfasst. Dies beinhaltet neben der Sammlung und Erhebung relevanter Daten auch die Analyse von technischen, organisationalen und personellen Anforderungen bzw. Voraussetzungen (vgl. Abbildung 16), um ein vollständiges Bild der aktuellen Unternehmenslandschaft zu erhalten. Die Verwendung eines GPT-Tools ermöglicht es hier, große Datenmengen effizient zu analysieren und bereits frühzeitig Einblicke in potentielle Schwachstellen und Optimierungsmöglichkeiten (kritische Geschäftsprozesse, Ressourcen, Infrastrukturen) zu gewinnen. Im Ergebnis liegt eine differenzierte Datensammlung vor, die als Grundlage für das anzutrainierende GPT-Tool dient.

Im zweiten Schritt, der *Positionsbestimmung* (vgl. Kap. 3.4.1), erfolgt die strukturierte Bewertung der inneren Stärke und äußeren Dynamik, die über eine SWOT- oder PESTEL-Analyse hinausgeht. Im Kontext einer Resilienzmatrix werden die unterschiedlichen internen Einflussfaktoren wie die Flexibilität der Wertschöpfungskette, die Redundanz kritischer Systeme und die organisatorische Adaptivität als auch externe Einflüsse, wie z.B. Marktveränderungen, regulatorische Entwicklungen und technologische Disruptionen, systematisch bewertet. Hier entsteht ein Resilienzprofil des Unternehmens im Ist-Zustand, welches sowohl interne Fähigkeiten als auch externe Chancen und Risiken abbildet. Im unmittelbaren Schlußschluss mit dem dritten Schritt, der *Szenarioanalyse* (vgl. Kap. 3.4.2), wird hierbei zusätzlich eine

Zukunftsperspektive eingenommen, um plausible und durchaus auch extreme Entwicklungsprognosen abzugeben. Neben der traditionellen Risikoanalyse werden auch hier generative KI-Modelle eingesetzt, um die potentiellen Auswirkungen verschiedener Szenarien auf das Unternehmen in Ausweitung des hergeleiteten Resilienzprofils zu bewerten. Der zeitliche Rahmen für die Szenarioanalyse wird im Rahmen dieser Arbeit auf einen Zeitraum von drei Jahren festgelegt. Wichtig für die Anwendung ist ein überjähriger Fokus, sodass eine strategische Ausrichtung und Planungsperspektive eingenommen werden kann. Im Ergebnis liegt ein durch den Anwender validiertes Set an Entwicklungsszenarien vor, welches als Grundlage für die strategische Planung dient und aufzeigt, wie ein Unternehmen unter unterschiedlichen Bedingungen beeinflusst werden kann. Eine weitere Option ist hier die Untersuchung der Einflüsse durch spezifische Technologieintegrationen in einer vorgelagerten und durch die generative KI-unterstützte Bewertung - im Vergleich zu einer breiten Strategieausrichtung und Eignungsprüfung, um mehrere Handlungsoptionen für verschiedene Entwicklungspfade zu identifizieren.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden im vierten Schritt, der *Strategieentwicklung* (vgl. Kap. 3.5) spezifische Resilienzstrategien entwickelt, die auf die identifizierten Schwachstellen, Chancen und Risiken abzielen. Diese Strategien fokussieren im Kontext dieser Arbeit Technologie- und Digitalisierungsstrategien in Wertschöpfungsprozessen, während Handlungsfelder wie die Schulung von Mitarbeitenden oder die Einführung flexibler Energiesysteme als Bestandteil von im Markt befindlichen Implementierungsansätzen referenziert sind. Die vorgelagerte Einfluss- und Szenarioanalyse deckt Handlungsfelder auf, die der ganzheitlichen Ausrichtung des Resilienzmanagements folgen. Im Kontext von priorisierten Technologie- und Digitalisierungsstrategien werden Veränderungsperspektiven in der resilienzorientierten Interpretation des Geschäftsmodells wiedergegeben.

Die definierten Strategien werden im fünften Schritt, der *Integration* (vgl. Kap. 3.6) in die Geschäftsprozesse und das Geschäftsmodell des Unternehmens überführt. Dies erfolgt durch die Ableitung einer resilienzorientierten Operationalisierung, die sicherstellt, dass die Technologieintegration effektiv umgesetzt und in den Unternehmensalltag integriert werden. Dies gelingt durch die Überführung der Strategien in einen methodischen Rahmen, der konkrete Maßnahmen und Verantwortlichkeiten auch im Sinne eines Pilotprojektes definiert. Im Brückenschlag zum sechsten Schritt, dem *Monitoring*, muss hierbei ein dynamisches Überwachungssystem eingerichtet werden, welches nicht nur die Wirksamkeit der implementierten Maßnahmen überwacht, sondern auch proaktiv auf Veränderungen in der Unternehmensumwelt reagiert. Dies umfasst die Verwendung von (Echtzeit-) Datenanalysen und die Anbindung der unternehmenseigenen Systemlandschaft, um potentielle Abweichungen frühzeitig zu erkennen, sowie die Option für regelmäßige Audits, um sicherzustellen, dass die Strategieentwicklung weiterhin den aktuellen Herausforderungen und Kundenbedarfen gerecht werden. Im Ergebnis wird ein kontinuierlicher Lernprozess realisiert, der die nachhaltige Stärkung der Resilienzfähigkeit von Unternehmen unterstützt.



Abbildung 25: Integrationsmodell – Zusammenfassung methodischer Ablauf und Ergebnisse

Zusammenfassend integriert die aufgezeigte Vorgehensweise klassische Managementansätze mit KI-gestützten Methoden und erweitert diese im Rahmen der Stärkung unternehmerischer Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften. Zentraler Kern ist das Resilienzmanagement, welches auf Technologieintegrationen und digital erweiterte Geschäftsmodelle abzielt. Diese Verbindung realisiert neben einer umfassenden Analyse, Bewertung und Planung auch die dynamische Anpassung an sich schnell verändernde Marktsituationen. Im Kontext der Verwendung von generativen KI-Methoden ist eine sorgfältige Berücksichtigung von Datenqualität, ethischen Implikationen und technischen Voraussetzungen erforderlich, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse belastbar und handlungsorientiert bleiben. Anzumerken ist weiterhin, dass die Integration von Regelkreisen besonders in den Schritten der *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung* relevant ist. Diese Methodenschritte sind auf kontinuierliches Lernen und Anpassung ausgelegt, sodass Regelkreise die Möglichkeit bieten, Ergebnisse der Analyse, Bewertung und Planung regelmäßig zu überprüfen. Im Kontext des kennzahlenbasierten Monitorings kann sich herausstellen, dass die Datenlage unzureichend ist oder die erhobenen Daten nicht den Resilienzanforderungen entsprechen, sodass das Unternehmen gezielt auf vorgelagerte Methodenschritte wie die *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung* zurückgreifen kann. Hier sollten durch zusätzliche Datensammlungen und neue Bewertungsschleifen die Resilienzausrichtung verbessert werden, bevor erneut der Schritt der *Integration* erfolgt.

4 Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement

4.1 Auswahl der Anwendungsfälle

Im Hinblick auf die Anwendung und Validierung des erarbeiteten Integrationsmodells zum Resilienzmanagement werden unterschiedliche Anwendungsfälle herangezogen, die die Gesamtmethodik und auszugsweise einzelne Methodenschritte anhand definierter Validierungskriterien prüfen. Die Kriterien dienen als Maßstab, um die Wirksamkeit und Praxistauglichkeit des entwickelten Methodenbaukastens zu evaluieren. Aufgrund des Umstandes, dass sich Unternehmen erheblich in ihren Strukturen, Prozessen und Betriebsumgebungen unterscheiden, ermöglicht die schrittweise Prüfung und Differenzierung von Validierungskriterien die Anpassung der entwickelten Methodik an spezifische Anforderungen und Kontexte. Durch die Erprobung kann festgestellt werden, ob die Methodik so ausgerichtet ist, dass auf unterschiedliche Gegebenheiten aufgebaut und im Kontext von digitalen Transformationsprozessen agiert werden kann, um eine breite und branchenübergreifende Anwendbarkeit zu realisieren. In Ergänzung zu den Ausführungen in Kapitel 1.4 werden in diesem Kapitel folgende Anwendungsfälle betrachtet und in Abbildung 26 grafisch zusammengeführt.

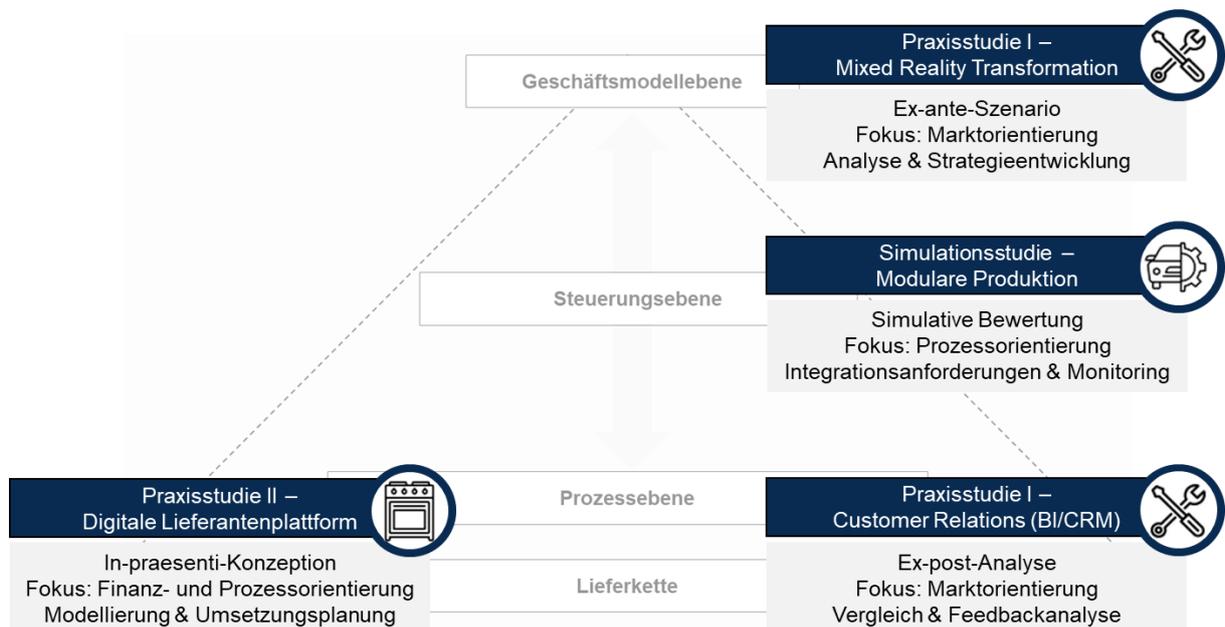


Abbildung 26: Ausrichtung und Schwerpunktsetzung der ausgewählten Anwendungsfälle
Icons: www.flaticon.com

Die Praxisstudie „Customer Relations“ am Beispiel eines Werkzeugherstellers untersucht retrospektiv (ex-post) die Datenintegration durch den Einsatz von Customer-Relationship-Management (CRM)- und Business Intelligence (BI)-Systemen sowie prospektiv (ex-ante) die Möglichkeiten einer Transformation der Kundeninteraktion mittels Mixed-Reality-Technologien. Die Praxisstudie „Inbound Operations“ fokussiert auf die gegenwärtige (in-praesenti) Konzeption und Umsetzung einer digitalen Lieferantenplattform am Beispiel eines

Elektrogeräteherstellers, um Anforderungen an eine resiliente Auslegung der Lieferkette aufzunehmen und darauf aufbauend ein systematisches Controllingsystem zu entwickeln, welches sowohl dynamisch als auch transparent gestaltet wird. Weiterhin betrachtet die Simulationsstudie „Modulare Produktion“ am Beispiel eines Automobilherstellers im Zuge der technologischen Transformation der Produktionsorganisation hin zu einem modularisierten Matrix-Produktionssystem die Auswirkungen von unterschiedlichen Szenarien, wie z.B. Stationsausfällen oder Priorisierungsaufträgen, auf die Produktionsprozesse und bewertet dabei die Resilienzeigenschaften des Systems.

In der Ausrichtung wird zwischen einer ex-post-Analyse, einem ex-ante-Szenario sowie einer in-praesenti Konzeption unterschieden, um sowohl vergangenheitsorientierte Handlungsweisen zu reflektieren, zukunftsgerichtete Strategien zu evaluieren als auch einen gegenwärtigen Zustand systematisch und komplementär in die Analyse und Ausrichtung zur Steigerung der Resilienz einzubeziehen. Während bei einer ex-post-Analyse die Beschreibung und systematische Erfassung von Geschehnissen im Nachhinein erfolgt (Bewertung realisierter Sachverhalte und Ereignisse), wird bei einem ex-ante-Szenario eine zeitliche Perspektive eingenommen, die künftige Ereignisse oder Zustände bewerten soll (vgl. Behrendt, 2016, S. 52). Im Kontext der Wirtschaftswissenschaften ist es wesentlich, zu welchem Zeitpunkt eine getroffene Entscheidung, z.B. bei Investitionsentscheidungen und Technologieeinführungen, bewertet wird. Zum Analysezeitpunkt geht der Entscheidungsträger davon aus, dass sich Veränderungsperspektiven ex-ante in Zukunft erfüllen werden, hier werden z.B. Eintrittswahrscheinlichkeiten zukünftiger Ereignisse geprüft (vgl. *Szenarioanalyse, Strategieentwicklung*). Hat sich die Entscheidung bereits auf die Geschäftstätigkeit ausgewirkt, kann ex-post beurteilt werden, ob und inwieweit sich Zielgrößen erwartungsgemäß verändert haben (vgl. Arentzen & Winter, 1997, S. 3623). Tabelle 25 stellt diesen Zusammenhang dar.

Tabelle 25: Zeitbezug der definierten Anwendungsfälle

Vergangenheit	Gegenwart	Zukunft	
Ex-post-Analyse	In-praesenti-Konzeption	Ex-ante-Szenarien	
Praxisstudie I	Praxisstudie II	Simulationsstudie	Praxisstudie I
Kap. 4.1.1	Kap. 4.1.2	Kap. 4.1.3	Kap. 4.1.1
Datenintegration via BI & CRM	Digitale Lieferantenplattform	Module Produktion	Mixed Reality-Transformation
Reflektion	Umsetzungsplanung	Tests & Integrationsanforderungen	Strategieentwicklung

Die technologischen Aspekte der Betrachtung bauen aufeinander auf und schaffen eine integrierte Grundlage für die Resilienz Betrachtung. Die ex-post-Analyse der Datenintegration via BI und CRM bildet das Fundament für eine strukturierte Datennutzung (vgl. Kap. 2.3.6), diesen notwendigen Transformationsschritt ist der Anwendungspartner in Praxisstudie II für die gegenwärtige Ausbau- und Umsetzungsplanung einer digitalen Lieferantenplattform bereits

gegangen. Diese digitale Plattform nutzt Datenstrukturen und Analysefähigkeiten, um Transparenz und ein dynamisches Controlling in Echtzeit zu ermöglichen. Gleichzeitig legt die digitale Plattform die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für die ex-ante-Szenarien, die Simulationsstudie zur modularen Produktion und die Mixed-Reality-Transformation. Die Komplementarität der Technologien soll veranschaulichen, wie vergangene Erkenntnisse in der Gegenwart genutzt werden, um zukunftsgerichtete Strategien und Innovationen ziel- und vor allem resilienzorientiert zu gestalten.

Im Hinblick auf die Validierung des Integrationsmodells gibt Tabelle 26 einen Überblick über die definierten Validierungskriterien je Methodenschritt des Integrationsmodells. Es werden die im Rahmen der folgenden Abschnitte beschriebenen Praxis- und Simulationsstudien schwerpunktmäßig einigen Methodenschritten und Kriterien unterzogen.

Tabelle 26: Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement und Validierungskriterien

Methodenschritt	Validierungskriterium	Zuordnung Anwendungsfälle		
		4.1.1	4.1.2	4.1.3
Anforderungsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse Literaturstudie und Unternehmensbefragung • Vergleich DIN-Normen und Standards 			
Positionsbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> • Vergleichende Analysen im Wettbewerb und mit der Branche 			
Szenarioanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung Szenarienvielfalt • Simulationstests 			
Strategieentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Analyseergebnisse (ex-post) • Technische und organisatorische Machbarkeit (ex-ante, in-praesenti) 			
Integration	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback-Analyse der Anwendungspartner • Pilotprojekt (Umsetzungsplanung, Integrationsanforderungen) 			
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> • Kennzahlenanalyse (resilienzorientiert) 			
	<i>exkludiert</i>			
	<i>inkludiert</i>			
	<i>Schwerpunktmäßig inkludiert</i>			

Die Anforderungsanalyse stützt sich insgesamt auf zwei Hauptmethoden, einerseits die strukturierte Literaturanalyse (vgl. Kap. 2.2) und andererseits die Unternehmensbefragung (vgl. Kap. 3.1). In der Literaturanalyse sind wissenschaftliche Publikationen und bestehende Implementierungsansätze untersucht worden, um die relevanten Anforderungen für die Technologieintegration und Resilienzsteigerung zu identifizieren. Diese Erkenntnisse werden durch eine Stichprobe an Befragungen von Unternehmen ergänzt, um praxisnahe und spezifische

Anforderungen aus der Industrie abzuleiten. Ein Vergleich der Ergebnisse mit bestehenden Standards und DIN-Normen zum Abschluss dieses Kapitels (vgl. Kap. 4.4) ermöglicht es, die identifizierten Anforderungen in Bezug auf organisatorische und technische Voraussetzungen (vgl. Abbildung 16) zu validieren. Die Validierung der *Positionsbestimmung* erfolgt durch eine vergleichende Analyse, die die aktuelle Position des Unternehmens durch etablierte Benchmarking-Analysen in Relation zur Positionierung im Markt darstellt (vgl. BSI, 2021). Die *Szenarioanalyse* umfasst die Darstellung einer Vielfalt von potentiellen Entwicklungsszenarien, die das Unternehmen betreffen können. Hier erfolgt ein Abgleich mit historischen Daten und externen Prognosen, um zu prüfen, ob realistische und plausible Entwicklungen abgebildet werden. Im Kontext der Simulationsstudie erfolgt die Validierung durch die Durchführung von mehreren Simulationsläufen. Gleichzeitig ist ein Referenzszenario für die Evaluation weiterer Szenarien geschaffen worden, welches auf Basis von idealtypischen Prozesszeiten der Branche (Anwendungsfall: Automobilindustrie) als Validierungsgröße herangezogen worden ist (vgl. Schmidtke et al., 2023, S. 1464). Die Validierung der *Strategieentwicklung* erfolgt ebenfalls in zwei Ausrichtungen. Zunächst wird eine ex-post-Analyse durchgeführt, um die Effektivität bisheriger Technologieintegrationen zur Resilienzsteigerung in den Segmenten des unternehmerischen Geschäftsmodells zu bewerten. Parallel dazu wird eine in-praesenti-Konzeption und ein ex-ante-Szenario als Machbarkeitsanalyse durchgeführt, um die Umsetzbarkeit zukünftiger technologischer Transformationsprozesse für die weitere strategische Ausrichtung im Geschäftsmodell zu bewerten. Die Validierung der *Integration* erfolgt durch eine Feedback-Analyse der Praxis- und Interviewpartner. Es werden Rückmeldungen der Stakeholder gesammelt, die in den Prozessen zur Implementierung der neuen Technologien involviert sind. Weiterhin erfolgt die kollaborative Entwicklung eines praxistauglichen Umsetzungsplans für ein Pilotprojekt auf Basis der Feedback-Ergebnisse, um die Integration der Technologie vor dem Hintergrund der erarbeiteten Erfolgsfaktoren effektiv und erfolgreich umsetzen zu können. Das *Monitoring* der Implementierung und der daraus resultierenden Resilienzsteigerung erfolgt abschließend durch eine kontinuierliche Kennzahlenanalyse. Dabei werden neben klassischen Leistungskennzahlen insbesondere resilienzorienteerte Kennzahlen (vgl. Tabelle 23) aufgegriffen, die den Fortschritt und die Wirksamkeit der Implementierung im Betrieb messen.

4.1.1 Praxisstudie – Customer Relations

Die erste Praxisstudie wird als zweiteiliger Anwendungsfall unter Berücksichtigung von zwei technologischen Transformationsprozessen herangezogen, um das entwickelte Integrationsmodell in einer realen Unternehmensumgebung und im Zeitverlauf zu erproben und zu validieren. Die Vorgehensweise soll sich in der Praxis mit tatsächlichen betrieblichen Anforderungen bewähren, um eine Anwendbarkeit und die Wirkung zu beurteilen. Als Praxispartner ist an dieser Stelle ein global tätiger Werkzeughersteller (Kategorisierung: Großunternehmen) akquiriert, der sich durch eine hohe Innovationskraft auszeichnet und eine hervorragende Grundlage bietet, um die Wirksamkeit und den Nutzen von technologischen Integrationen in Bezug auf die Resilienzfähigkeit zu untersuchen. Im Fokus steht die Verbesserung der Kundenbeziehungen und damit die resilienzorienteerte Ausrichtung am Markt und am Kunden (vgl.

Abbildung 19), einerseits durch Integrationstechnologien (CRM-, BI-Lösungen) und andererseits durch Visualisierungstechnologien (Mixed-Reality-Plattformen).

Die Praxisstudie verfolgt das Ziel, die Effekte neuer Technologien auf die Resilienzfähigkeit des Unternehmens sowohl retrospektiv (ex-post) als auch prospektiv (ex-ante) zu untersuchen (vgl. Kap. 4.1). Im Rahmen der ex-post-Analyse liegt der Fokus auf der Implementierung von CRM- und BI-Lösungen, um die tatsächlichen Vorteile und Herausforderungen bei der Implementierung neuer Technologien sowie deren Veränderungen (im Geschäftsmodell, in der Operationalisierung) zu bewerten. Es wird angenommen, dass die Wirksamkeitsmessung aus Unternehmenssicht bisher vorrangig im Kontext von Effizienzsteigerungen vorgenommen ist, sodass untersucht wird, wie die technischen Integrationen zur Stärkung der Resilienzfähigkeit gegenüber externen Marktveränderungen sowie innerbetrieblichen Herausforderungen beigetragen haben. An dieser Stelle kann ein Bezug zu tatsächlich erzielten Entwicklungen genommen werden, z.B. der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit des Vertriebs- und Servicenetzes und entsprechenden Anpassungen im Geschäftsmodell (Nutzenversprechen, Kundenbeziehungen, Kundensegmente, Absatzkanäle).

Die ex-ante-Untersuchung hingegen adressiert die Einführung von Mixed-Reality-Transformationen (MR), um deren potentielle Auswirkungen auf die Resilienzfähigkeit des Unternehmens prospektiv zu bewerten. MR-Technologien ermöglichen es, durch immersive und interaktive Erlebnisse neue Ansätze in den Bereichen Produktentwicklung, Kundens Schulung und Serviceprozesse zu erproben (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 113). Diese Technologien bieten nicht nur die Chance, die Kundeninteraktionen flexibler zu gestalten, sondern auch das Geschäftsmodell anzupassen, um zukünftigen Trends im Markt besser zu begegnen. Ziel ist es, Bewertungskriterien festzulegen, anhand derer die Resilienzsteigerung durch die Implementierung dieser Technologien messbar gemacht wird und strategische Entscheidungen für eine digital erweiterte Geschäftsmodellentwicklung abzuleiten.

Analyseeinstieg – Ex-post- und ex-ante-Untersuchung

Ausgangspunkt für die Praxisstudie ist die *Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse* nach Erörterung in Kapitel 3.4. Die Bewertung ist durch den Praxispartner (Interviewpartner: Geschäftsbereichsleitung) unter Beantwortung der hergeleiteten Fragestellungen zur Situationsbeurteilung im Hinblick auf die internen und externen Einflussfaktoren (vgl. Anhang C, Anhang D), sowohl für das retrospektive als auch das prospektive Szenario, durchgeführt worden. Der zusammenfassende Einstieg an dieser Stelle wird gewählt, um die Verknüpfung der Methodenanwendung im Zeitverlauf zu veranschaulichen und Erfahrungen aus vergangenen Analysen und Ereignissen kontinuierlich in neue Strategien und Maßnahmen integrieren zu können, z.B. durch die Darstellung der Verbindung von Evaluation und Monitoring (Lernen und Verbessern). Weiterhin ist eine auf generative KI-basierte Einschätzung der gleichen Faktoren auf Basis der bereitgestellten Informationen, Dokumente und zugänglichen Datenquellen eingebunden, die als kritische Beurteilung und Zusammenführung verschiedener Rollenbilder und mit fokussiertem Branchenblick (vgl. Kap. 3.4.2) stattfindet. Die Bewertung ist in Abbildung 27 in der *Resilienzmatrix* abgebildet. An dieser Stelle lässt sich bereits konstatieren, dass

generative KI nur bedingt zur Einschätzung interner und externer Einflussfaktoren auf einer definierten Skala geeignet ist, da derartige Modelle auf stochastischen Prozessen basieren und somit Variabilitäten in den Antworten auftreten (vgl. auch Fritz, 2024, S. 346). Der Mehrwert der Gegenüberstellung liegt vielmehr in der Detailbetrachtung einzelner Einflussfaktoren, die größere Abweichungen (+2) aufweisen und somit eine kritische Auseinandersetzung mit diesen Resilienzfaktoren fordern. Einem Teil der Interpretations- und Datenverzerrungen (vgl. Tabelle 11) konnte durch entsprechende Anforderungen bereits begegnet werden. Ein Trend wird jedoch sein, dass generative KI-Systeme in lokale IT-Umgebungen eingebunden werden, um mit tiefgreifenderem Kontextwissen und Echtzeitzugriff auf spezifische Unternehmensdaten fundiertere Analysen zu ermöglichen.

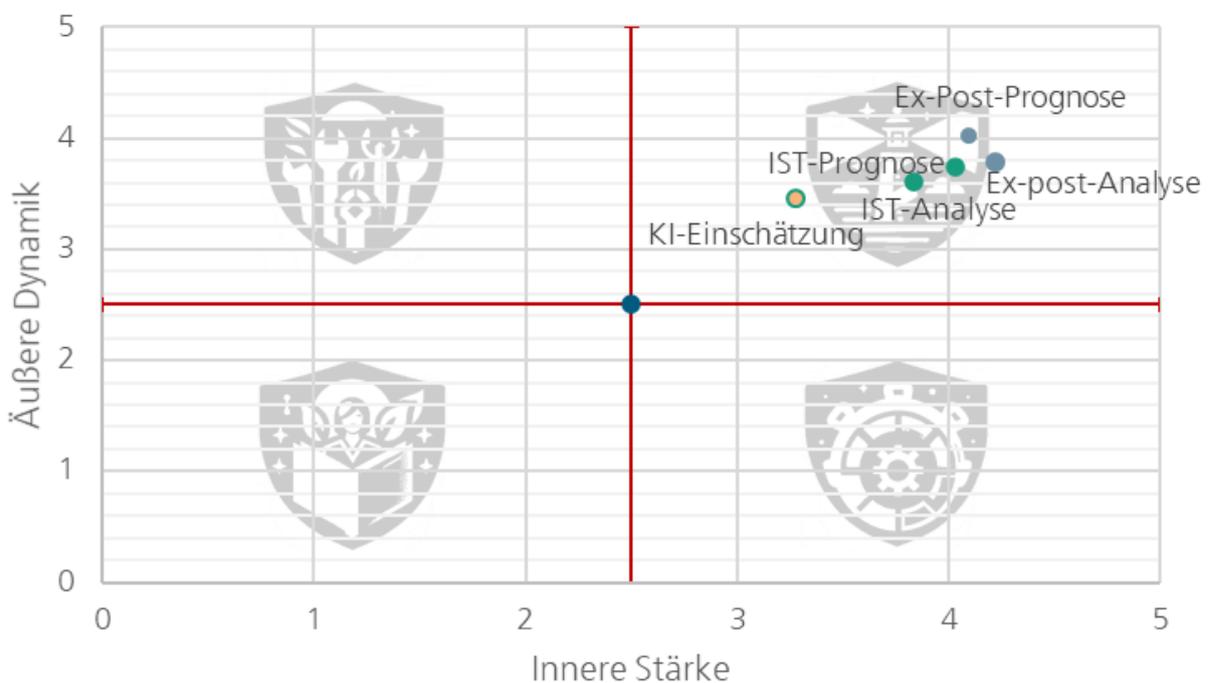


Abbildung 27: Resilienzmatrix – Ergebnisdarstellung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers

In der Interpretation der Analyseergebnisse zeigt sich, dass sich der Praxispartner in der Rückschau (Referenzjahr: 2015) als sehr robust und anpassungsfähig positioniert hat, insbesondere durch eine starke Unternehmenskultur, effiziente Ressourcen- und Innovationsstrategien sowie eine solide Finanz- und Managementbasis (Innere Stärke: 4,22) (vgl. Geschäftsberichte). Die externen Einflüsse dagegen sind durch moderate Marktvolatilität, zunehmende Digitalisierung und regulatorische Veränderungen geprägt, was eine leicht schlechtere aber dennoch gute Bewertung der *Äußeren Dynamik* (3,78) in der ex-post-Analyse rechtfertigt (vgl. Kap. 3.4.2). Im Vergleich zum aktuellen Punktwert der *Inneren Stärke* (3,83) wird eine hohe, jedoch nicht „optimierte“ Resilienzfähigkeit widerspiegelt (vgl. Stufen in Abbildung 16). Die Gegenüberstellung zur ex-post-Analyse deutet darauf hin, dass der Praxispartner in den vergangenen Jahren zwar Fortschritte im Hinblick auf das Schritthalten mit dem aktuellen Stand der Technik gemacht hat, jedoch durch neue Herausforderungen, wie z.B. verstärkte Anforderungen an Nachhaltigkeit und Cybersecurity, stärker unter Druck steht. Die aktuelle *Äußere*

Dynamik (3,61) hat sich aufgrund zunehmender Veränderungen und Unsicherheiten durch geopolitische Spannungen, technologische Disruptionen und verschärfte Klimarisiken im Vergleich zur ex-post Bewertung leicht verschlechtert. Insgesamt zeigt sich, dass der Praxispartner in der *Resilienzmatrix* als *Antizipierender Leader* (vgl. Abbildung 18) bereits eine proaktive und gestaltende Rolle einnimmt. Gleichzeitig bedeutet dies nicht, dass kein Handlungsbedarf im Hinblick auf die Stärkung der Resilienzfähigkeit besteht, um neue Herausforderungen zu bewältigen. In Zusammenführung mit dem Reifegradmodell positioniert sich das Unternehmen maßgeblich zwischen Stufe 3 („Definiert“) und Stufe 4 („Beherrschbar“) (vgl. Abbildung 16) und legt damit Potentiale zur Verbesserung und Schaffung weiterer resilienzfördernder Voraussetzung offen. Die aktuellen Punktwerte zeigen, dass die neuen externen Einflüsse (verschärfte Marktbedingungen, regulatorische Anforderungen) stärker als zuvor wirken. Gleichzeitig weist die stabile Bewertung der *Inneren Stärke* darauf hin, dass die Kernkompetenzen im Hinblick auf eine ausgeprägte Resilienzfähigkeit gut erhalten sind.

Die Herleitung der Entwicklungsszenarien hat weiterhin durch die antrainierte generative KI mithilfe der Szenario-Technik (vgl. Abbildung 12) stattgefunden, wohingegen die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten der Szenarien durch den Praxispartner durchgeführt worden ist. Hier wird keine Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit einzelner Szenarien durch die generative KI vorgenommen, allerdings die qualitative Herleitung der Szenarienvielfalt. Die Validierung der Szenarienvielfalt erfolgt durch eine systematische Analyse unterschiedlicher Zukunftsszenarien, die auf potentiellen Entwicklungen im Umfeld des Unternehmens, der Branche und des Marktes basieren. Dabei ist eine Kombination aus historischen Daten und Prognosen externer Institutionen herangezogen worden, um sicherzustellen, dass die abgebildeten Szenarien sowohl realistisch als auch plausibel sind. Zur Identifikation relevanter Trends und Unsicherheiten und damit zur Validierung sind sowohl makroökonomische als auch branchenspezifische (Technologie-) Studien verwendet worden. Im Rahmen dieser Praxisstudie dienen insbesondere die referenzierten Werke zur Feststellung der Plausibilität der hergeleiteten Szenarien (vgl. OECD, 2024; Mordor Intelligence, 2024; Kaitwade, 2023). Zudem sind historische Daten zur Überprüfung der Szenarien herangezogen worden, um zu validieren, inwieweit vergleichbare Entwicklungen in der Vergangenheit auf ähnliche Weise abliefen.

Ex-post-Analyse – Datenintegration via Business Intelligence und CRM

Während im ex-ante-Szenario (vgl. S. 122ff.) eine weiterführende Interpretation der *Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse* vorgenommen wird, wird im Zuge der ex-post-Analyse der Fokus auf die Geschäftsmodellebene gerichtet, um retrospektiv Erkenntnisse (z.B. im Hinblick auf die bisherige Operationalisierung) für die Entwicklung von ex-ante-Szenarien und Strategien zu nutzen. Ausgangspunkt für das Aufzeigen von Veränderungsperspektiven im *Resilienz Canvas* des Praxispartners ist eine detaillierte Analyse des Geschäftsmodells. Aufgrund der definierten Zielstellung zur Verbesserung der Kundenbeziehungen und damit zur resilienzorientierten Ausrichtung am Markt und am Kunden werden die Geschäftsmodellsegmente

Nutzenversprechen, Kundenbeziehungen, Kundensegmente und Absatzkanäle in Tabelle 27 in den Fokus der Betrachtung gestellt.

Tabelle 27: Resilienz Canvas – Ex-post-Analyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers

Segmente		Geschäftsmodell in der <i>ex-post-Analyse</i> (Status: 2015)	Digital erweitertes Geschäftsmodell / Veränderungen durch <i>Datenintegration via BI und CRM</i>
Marktorientierung - Resilienzorientierte Ausrichtung am Markt und am Kunden	Nutzenversprechen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochwertige, langlebige Werkzeuge und Maschinen • Umfassende Service- und Wartungspakete • Hoher Standard an Sicherheits- und Gesundheitslösungen • Regelmäßiges Anwendertraining & Schulungen • Portfolio Produkte und Linien 	<ul style="list-style-type: none"> • Datenbasierte Insights und transparente Produktinformationen (BI-Dashboards zur Produktnutzung, -leistung) • Individualisierung von Lösungen • Nachhaltigkeitsnachweise (PCF)
	Kundenbeziehungen	<ul style="list-style-type: none"> • Persönlicher Service • Umfassender Online-Support • Zugang zu neuesten Werkzeugen & Software • Demo Tools & Innovationspräsentationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Multi-Channel Kommunikation (Telefon, Mail, Social Media) und Interaktion (schnellere Bearbeitung von Serviceanfragen, proaktiver Service, zentralisiertes Kundendatenmanagement) • Automatisierte Follow-Ups möglich
	Kundensegmente	<ul style="list-style-type: none"> • Große, mittlere und kleine Bauunternehmen • Industrieunternehmen (Fabriken und Produktionsstätten) • Professionelle Endnutzer 	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung der Zielgruppen durch z.B. gezielte Marketingstrategien, segmentierte Kampagnen • Internationale Expansion
	Absatzkanäle	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvertrieb (B2B) • Center Stores • Online-Shop & Plattform • Messen & Veranstaltungen • Partner, Distributoren, OEM 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau Omni-Channel-Strategie (online, offline) und dessen Verknüpfung • Performance-Analysen je Vertriebskanal (in Echtzeit)

Die ex-post-Analyse des Geschäftsmodells zeigt, dass das Unternehmen bereits im Analysejahr 2015 über eine starke marktorientierte Resilienz verfügt, die durch hochwertige Produkte, umfassenden Kundenservice und eine klare Ausrichtung auf Sicherheit und Qualität charakterisiert ist. Besonders hervorzuheben ist die Fokussierung auf Kundenbeziehungen durch persönlichen Service und Online-Support sowie auf ein diversifiziertes Kundenportfolio und multiple Vertriebskanäle. Diese Stärken im Sinne von Resilienzeigenschaften (vgl. Abbildung 4) bilden die Grundlage für eine nachhaltige Marktpräsenz und Anpassungsfähigkeit in einem dynamischen Umfeld. Im Kontext der Resilienzförderung ist das Geschäftsmodell durch stabile Kundenbindungen und ein breites Portfolio an Werkzeugen und Services gestützt, die auf die Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen ausgerichtet sind.

Mit der Integration von BI und CRM hat der Praxispartner das Geschäftsmodell gezielt erweitert, um die Leistungsfähigkeit der Geschäftsprozesse weiter zu erhöhen. Die Zielstellung zur Steigerung der Resilienz stand ursprünglich im Praxisunternehmen nicht als primäres Ziel im Fokus. Die Veränderungsperspektiven sind unterstützt durch die generative KI hergeleitet und durch den Praxispartner verifiziert worden. Im Ergebnis sind durch datenbasierte Analysen und Automatisierung individuelle Kundenlösungen sowie eine verbesserte Kommunikation über Multi-Channel-Plattformen etabliert worden. Die Verknüpfung digitaler und physischer

Vertriebskanäle hat eine schnelle Anpassung an Marktveränderungen und eine effizientere Ressourcenallokation ermöglicht. Diese digitale Transformation hat dabei nicht nur neue Möglichkeiten der Kundeninteraktion geschaffen, sondern auch die Nachhaltigkeit durch transparente Produktinformationen und eine datengetriebene Optimierung von Vertriebs- und Servicemodellen gestärkt. Diese Verknüpfung zeigt, dass die Kombination von traditionellen, effizienzgetriebenen Geschäftsmodellen mit digitalen Erweiterungen die Grundlage für ein resilienzorientiertes, zukunftssicheres Unternehmen bildet.

Tabelle 28 zeigt als *Resilienz Board* darauf aufbauend eine systematische Operationalisierung der Geschäftsmodellausrichtung in der ex-post-Analyse, ergänzt durch spezifische Anforderungen und Monitoring-Mechanismen für resilienzfördernde Kennzahlen. In der retrospektiven Auseinandersetzung und im Dialog mit dem Praxispartner wird deutlich, dass die Definition klarer Ziele und Grenzwerte ein integraler Bestandteil zur Stärkung der Resilienz von Geschäftsmodellen ist. Jedes Geschäftsmodellsegment adressiert die Anforderung, durch Kennzahlen überwacht und dabei auch durch spezifische Anpassungs- und Wiederherstellungsstrategien unterstützt zu werden. Im Segment des Nutzenversprechens werden z.B. halbjährliche Produktsegmentierungsanalysen durchgeführt, um ein Wachstum von 10% in den Produktlinien sicherzustellen. Ähnlich wird im Bereich der Kundensegmente ein Zielwert von 20% für die Produktdurchdringung in verschiedenen Segmenten festgelegt, wobei auch maximale Toleranzgrenzen definiert worden sind. Allerdings zeigt die Analyse, dass Resilienz zumeist isoliert innerhalb einzelner Phasen betrachtet wird. Es ist wichtig zu betonen, dass Resilienz in diesem Kontext nicht allein entlang der klassischen Resilienzphasen, Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen und Verbesserung (vgl. Abbildung 23) bewertet, sondern als integrative und kontinuierliche Fähigkeit betrachtet wird, die in den strategischen und auch operativen Dimensionen des Geschäftsmodells verankert ist. Dies erfordert eine phasenübergreifende Operationalisierung und Überwachung der relevanten Kennzahlen im Sinne einer permanenten Stärkung der Anpassungsfähigkeit und Robustheit des Geschäftsmodells. Diese Sichtweise erweitert die traditionelle Sichtweise des Unternehmens und stellt die Verknüpfung von dynamischen Marktanforderungen und unternehmerischer Handlungsfähigkeit in den Vordergrund. Insgesamt schaffen die Maßnahmen so ein ausgewogenes Verhältnis zwischen proaktiver Vorbereitung, schneller Adaption und robusten Regenerations- und Lernmechanismen. Die Lernphasen innerhalb von kurzen Analysezeiträumen (z.B. 2-6 Monate) unterstützen zudem eine kontinuierliche Verbesserung und Optimierung. Ein zusammenführender Ergebnistransfer mit dem ex-ante-Szenario wird zum Ende des Abschnitts formuliert (vgl. S. 127).

Tabelle 28: Resilienz Board – Ex-post-Analyse am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers

Segment	Operationalisierungsgrößen in der Geschäftsmodellausrichtung (Ex-Post-Analyse)		Anforderungen & Monitoring resilienzfördernder Kennzahlen (Definition von Grenzwerten)
	KPI, ESG	KRI, RI	
Nutzenversprechen	<ul style="list-style-type: none"> • Time to Delivery • Produkte mit Umweltzertifizierungen • Umweltbelastung pro Produktlebenszyklus 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversifikation des Produktportfolios (Anzahl Produktlinien & Cross Selling) → Personalisierte Kampagnen die auf spezifischen 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Halbjährliche Überwachungsfrequenz und Segmentierungsvergleich in unterschiedlichen Kundensegmenten mit verschiedenen Produkten • <u>Adaption</u>: Zielwert 10% Wachstum in Produktlinien, max. tolerierbarer Verlust weniger als 5%

		<p>Kundenbedürfnissen basieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Anzahl erfolgreicher Produktanpassungen (Neuausrichtungsfähigkeit) 	<ul style="list-style-type: none"> Regeneration: 70% der Produktlinien müssen variierbar sein, mind. 2 alternative Linien als Kompensation bereitstehen Lernen: Analysezeitraum max. 3 Monate Verbesserung: mind. 10% Erhöhung der Diversifikation und Kombinierbarkeit der Produktlinien entlang komplette Anwendung
Kundenbeziehungen	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Kundenkontakte/-Events pro Tag Wiederkaufsraten Service Level Agreement 	<ul style="list-style-type: none"> Konvertierungsraten von Leads in Opportunitäten um Aufbau und Tiefe der Beziehungen zu ermitteln Community-Support-Systeme (Anzahl, Bewertungen) Verhältnis gewonnener zu verlorenen Kundenkontakten (insb. als Messung der Häufigkeit und Qualität der Interaktionen mit Kunden via CRM) 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Monatliche Überprüfung der Kundeninteraktionen und Verhältnis der Konversion-Rate Adaption: Zielwert 25% Verhältnissteigerung, max. tolerierbarer Rückgang weniger als 10% Regeneration: mind. 2 alternative Opportunitäts-Typen Lernen: Analysezeitraum max. 3 Monate Verbesserung: mind. 10% Verbesserung des Verhältnisses pro Quartal
Kunden-segmente	<ul style="list-style-type: none"> Kundenzufriedenheit Akquisitionsraten Marktprognosen (BI-basiert) 	<ul style="list-style-type: none"> Diversifikation des Kundenkreises Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Kundenbedürfnisse (Häufigkeit der Anpassungen durch Feedbacksystem im CRM) 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Halbjährliche Überwachung der Verteilung der Kunden auf Segmente Adaption: Zielwert 20% Produktdurchdringung in verschiedenen Segmenten, max. tolerierbarer Verlust weniger als 10% Regeneration: 80% der Kundensegmente diversifizieren sich im Zeitverlauf, mind. 1 Subsegmentierung Lernen: Analysezeitraum max. 6 Monate Verbesserung: mind. 10% Erhöhung der Segmentdurchdringung pro Produktlinie
Absatzkanäle	<ul style="list-style-type: none"> Verkaufsvolumen pro Vertriebskanal CO2-Emissionen je Vertriebskanal Konversionsraten 	<ul style="list-style-type: none"> Konsistenz in der Kundenansprache über verschiedene Kanäle und Multi-Channel-Integration Störungen in der Lieferkette 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Monatliche Überwachung von Interaktionen der Kunden über mehrere Kanäle Adaption: Zielwert 80% der Interaktion erfolgt kanalübergreifend, max. tolerierbarer Verlust weniger als 20% Regeneration: 90% Wiederherstellung innerhalb von 3 Monaten, mind. 3 alternative Kanäle pro Linie Lernen: Analysezeitraum max. 2 Monate Verbesserung: mind. 10% Ausweitung auf Multi-Channel Nutzung und dessen Auslastung

Ex-ante-Szenario – Mixed-Reality-Transformation

Im Hinblick auf das ex-ante-Szenario wird an der Detailanalyse der Ergebnisse der *Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse* angesetzt, um eine auf Basis der Analyseergebnisse priorisierte *Strategieentwicklung* zu veranschaulichen. In der Interpretation der Ergebnisse ist bereits festgestellt worden, dass das Unternehmen eine gute Positionierung (*Innere Stärke: 3,83; Äußere Dynamik: 3,61*) und Entwicklungsprognose (*Innere Stärke: 4,03; Äußere Dynamik: 3,74*) in der *Resilienzmatrix* als *Antizipierender Leader* (vgl. Abbildung 18) aufweist. Die tiefergehende Auswertung der Entwicklungstendenzen auf Ebene der Einflussfaktoren schafft hier

die Möglichkeit prioritäre Handlungsfelder für die weitere Strategieentwicklung abzuleiten. Abbildung 28 zeigt die Analyse auf Ebene der Einflussfaktoren, wobei die gefärbte Fläche die Ist-Situation darstellt, die gestrichelte Linie die KI-basierte Einschätzung und die dick dargestellte Linie die Entwicklungsprognose mit Zahlenwerten, die auf Basis der Beurteilung durch den Praxispartner entstanden ist. Die Analyse hilft im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes die Balance zwischen endogenen (z.B. identifizierte Schwächen) und exogenen (z.B. identifizierte Marktänderungen) Einflussfaktoren zu halten.

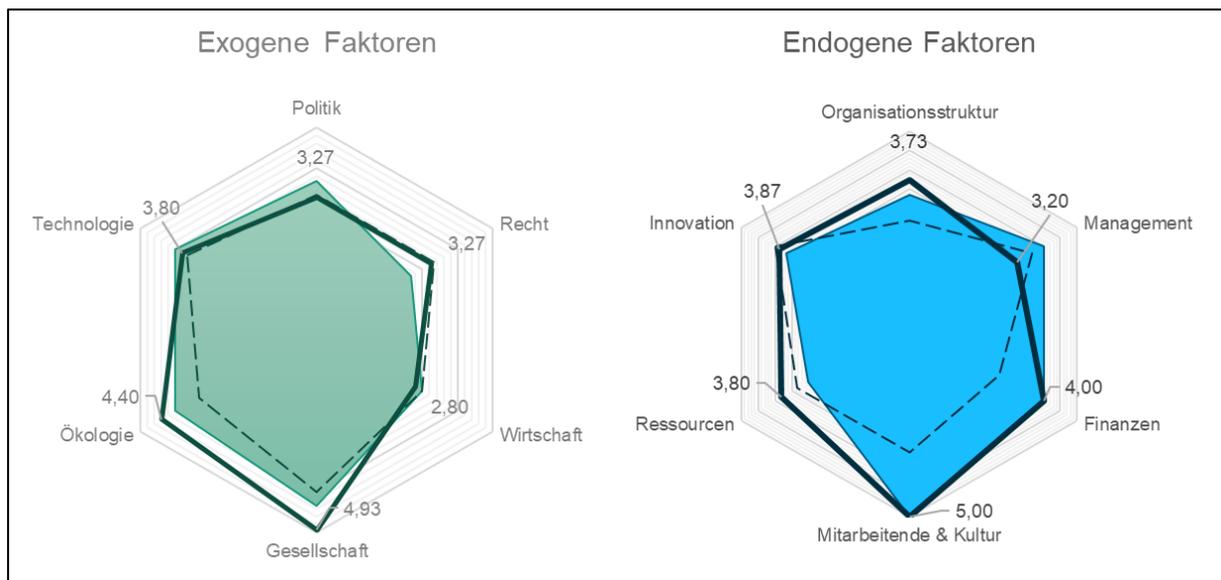


Abbildung 28: Auswertung der Positionsbestimmung und Szenarioanalyse auf Ebene der Einflussfaktoren am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers

Insgesamt werden hier die strategischen Ziele des Unternehmens den Einflussfaktoren zugeordnet, um die Faktoren zu identifizieren, die am meisten zur Zielerreichung beitragen. Faktoren, die strategisch relevant sind und gleichzeitig hohe Risiken oder Chancen bergen, werden priorisiert. In Reflektion des vorliegenden Anwendungsfalls zeigen sich verhältnismäßig niedrige Bewertungen in den Bereichen *Wirtschaft* (2,80) und *Recht* (3,27), was auf Instabilitäten im Umfeld des Unternehmens hinweist. Das *Management* (3,20) muss sich auf Krisenbewältigung konzentrieren, was langfristige strategische Initiativen und Innovationen behindert. Faktoren wie *Mitarbeitende & Kultur* (5,00) und *Gesellschaft* (4,93) sind am höchsten bewertet, was auf eine optimistische Aussicht in Bezug auf Personalentwicklung und Unternehmenskultur hinweist. Diese können auch als treibende Kräfte für die erfolgreiche Verfolgung einer Technologiestrategie zur Technologieführerschaft genutzt werden (vgl. Abbildung 22). Die Technologiestrategie zielt darauf ab, die starke Unternehmenskultur weiter zu fördern, indem Mitarbeitende durch Schulungen und Weiterentwicklungen in neuen Technologien eingebunden und qualifiziert werden. Dies trägt auch zur Innovationskraft des Unternehmens bei, indem die externen Risiken und Unsicherheiten, die durch wirtschaftliche und rechtliche Faktoren entstehen, abgemildert werden. Um hier im Rahmen der *Strategieentwicklung* konkrete strategische Handlungsoptionen aufzuzeigen, erfolgt im direkten Schlußschluss die Priorisierung von technologischen Innovationen und Lösungen durch die generative KI im Hinblick auf die technologische Reife von Technologien (vgl. Tabelle 22) sowie die Relevanzbewertung aus

Sicht des Praxispartners. Im Ergebnis ist die Visualisierungstechnologie „Mixed-Reality“ als eine Schlüsseltechnologie identifiziert worden, die zudem als priorisierte relevante und sich in Planung befindliche Technologie seitens des Praxispartners befindet. Anzumerken ist, dass auch weiterführende Strategieentwicklungen in den anderen Handlungsfeldern vorgenommen werden können (Personalentwicklung, energetische Transformation u.w.), diese stehen allerdings nicht im Betrachtungsfokus dieser Arbeit (vgl. Abbildung 2, Tabelle 20).

Ausgangspunkt für das Aufzeigen von Veränderungsperspektiven im *Resilienz Canvas* des Praxispartners im ex-ante-Szenario ist auch hier eine detaillierte Analyse des Geschäftsmodells. Im Hinblick auf das Fundament in Tabelle 27 wird das Geschäftsmodell in Tabelle 29 im Status Quo aktualisiert und aufgrund der definierten Zielstellung zur Verbesserung der Kundenbeziehungen auf die resilienzoriente Ausrichtung am Markt und am Kunden analog in den entsprechenden Segmenten (Nutzenversprechen, Kundenbeziehungen, -segmente, Absatzkanäle) abgebildet.

Tabelle 29: Resilienz Canvas – Ex-ante-Szenario am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers

Segmente		Geschäftsmodell im ex-ante-Szenario (Status Quo)	Digital erweitertes Geschäftsmodell / Veränderungsperspektiven durch MR-Transformation
Marktorientierung - Resilienzoriente Ausrichtung am Markt und am Kunden	Nutzenversprechen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochwertige, langlebige Werkzeuge und Maschinen • Umfassende Service- und Wartungspakete • Digitale Dienstleistungen • Nachhaltige Produkte • Hoher Standard an Sicherheits- und Gesundheitslösungen • Regelmäßiges Anwendertraining & Schulungen • Technische & kaufmännische individuelle Lösungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Interaktive Trainings zugeschnitten auf Zielgruppe (ggf. mit exklusiven Zugängen zur Kundenbindung) • Compliance Training und verbesserte Sicherheitsprotokolle • Virtuelle Nutzungs- und Montageanleitungen (z.B. für nachhaltige Produktnutzungen / CO₂-Fußabdruck) • Kollaborative Produktentwicklung mit Kunden und Partnern in virtuellen Räumen (virtuelle Prototypen) • Technologieführerschaft und weitere Markendifferenzierung
	Kundenbeziehungen	<ul style="list-style-type: none"> • Persönlicher Service • Umfassender Online-Support und Verfügbarkeit • Treueprogramme und Aktionen • Zugang zu neuesten Werkzeugen & Software • Demo Tools & Innovationspräsentationen • Wirtschaftlichkeitsrechnung für den Kunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Neue Formen der Produktvorstellungen auf Messen und Veranstaltungen • Personalisierte Beratungsgespräche und Produktschulungen in virtuellen Umgebungen • Erweiterte Supportmöglichkeiten (Echtzeit-Support, Fernwartung)
	Kunden-segmente	<ul style="list-style-type: none"> • Große, mittlere und kleine Bauunternehmen • Industrieunternehmen (Fabriken und Produktionsstätten) • Händler und Vertriebe • Professionelle Endnutzer • Bildungsinitiativen, soziale Projekte 	<ul style="list-style-type: none"> • Erweiterte Zielgruppen durch die Überwindung von geografischen und Sprachbarrieren • Individuelle Lösungen für Großkunden (mit speziellen Trainings- und Entwicklungsanforderungen)
	Absatzkanäle	<ul style="list-style-type: none"> • Direktvertrieb (B2B) • Online-Shop & Plattform • Messen & Veranstaltungen • Partner & Distributoren • Lagermanagement • Betriebsmittelverwaltung • Digitales Bauprojektmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von virtuellen Showrooms als immersive Umgebung zum Erleben und Testen der Produkte • Ausbau digitaler Vertriebswege durch Integration von MR-Plattformen in Vertriebsplattformen / Online-Shops für interaktive Produktdemonstrationen

Tabelle 29 führt zusammen, wie das Geschäftsmodell im ex-ante-Szenario mit der Implementierung von MR-Technologien transformiert werden kann, um resilienzorienteerte Strategien zu unterstützen und die Marktposition zu stärken. Der Status Quo des Geschäftsmodells basiert auf einer diversifizierten Kombination von hochwertigen Produkten, umfassendem Service und nachhaltigen Ansätzen, die bereits eine starke Kundenorientierung zeigen. Mit der Perspektive einer MR-Transformation wird dieses Modell erweitert, um Interaktivität, Personalisierung und digitale Innovationen stärker in den Mittelpunkt der Kundenbeziehungen zu stellen.

Die Transformation des Geschäftsmodells durch MR-Technologien stärkt die Resilienzfähigkeit, indem die digitale Dimension der Kundeninteraktion und Marktansprache ausgebaut wird. Im Bereich des Nutzenversprechens ermöglicht die Integration von virtuellen Prototypen, Montageanleitungen und interaktiven Schulungen eine personalisierte und nachhaltige Nutzung der Produkte, die nicht nur die Kundenbindung vertieft, sondern auch die Anpassungsfähigkeit des Geschäftsmodells an sich verändernde Marktanforderungen erhöht. Gleichzeitig fördern personalisierte Beratungen und Echtzeit-Support in virtuellen Umgebungen eine intensivere Interaktion mit den Kunden und eine schnellere Reaktion auf deren Bedürfnisse, was insbesondere bei global verteilten Zielgruppen ein entscheidender Vorteil ist (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 113). Ergänzt wird diese Transformation durch den Ausbau digitaler Absatzkanäle, wie MR-Showrooms und immersive Demonstrationen, die flexibel auf Störungen oder neue Anforderungen reagieren können und die Vertriebskontinuität auch in unsicheren Zeiten sicherstellen. Die digitale Transformation spielt somit eine zentrale Rolle, indem sie bestehende Stärken wie Service und Innovation mit neuen technologischen Möglichkeiten kombiniert, um ein belastbareres und anpassungsfähigeres Geschäftsmodell zu schaffen.

Anspruch der Zusammenführung der strategischen Entwicklungsperspektive (*Resilienz Canvas*) mit den Anforderungen der kennzahlenbasierten Bewertung (*Resilienz Board*) ist die Integration von gängigen und unternehmensindividuellen Funktionen und Handlungsweisen in bestehende Strukturen und Geschäftsbereiche, sodass auf bisherigen Zielsystemen aufgesetzt und diese erweitert werden. In Interpretation des vorliegenden Praxisbeispiels wird deutlich, dass eine erfolgreiche Technologiestrategie nicht nur durch die klassischen Unternehmenskennzahlen wie KPI und ESG-Kriterien gestützt werden sollte, sondern auch durch *resilienzorienteerte Indikatoren* (RI), die zur robusten und flexiblen Ausrichtung des Unternehmens beitragen. Diese RI ermöglichen eine Überwachung und Anpassung der organisatorischen und technischen Resilienzfähigkeit gegenüber der externen und internen Einflussfaktoren. Am Beispiel der MR-Transformation wird deutlich, dass bisherige Zielsysteme nicht ausreichen, um die Komplexität und Dynamik dieser neuen Technologie im Kontext einer Resilienzbewertung zu erfassen. Die Einbindung von RI ergänzt die bestehenden Zielsysteme um proaktive, adaptive, redundante und lernfähige Komponenten. Dies zeigt sich an der Praxisstudie des Werkzeugherstellers, bei der resilienzorienteerte Geschäftsmodellausrichtungen mit definierten Anforderungen und Monitoring-Mechanismen gekoppelt werden. Es werden z.B. MR-basierte Produktanpassungen nicht nur durch Zeit und Qualität gemessen, sondern auch durch ihre Fähigkeit, sich schnell an veränderte Kundenanforderungen anzupassen und durch Feedback zu lernen. Tabelle 30 führt dieses erarbeitete Ergebnis in Reflektion mit dem Praxispartner zusammen.

Tabelle 30: Resilienz Board – Ex-ante-Szenario am Beispiel der Praxisstudie des Werkzeugherstellers (Kundenbeziehungen)

Segment	Resilienzorientierte Geschäftsmodellausrichtung (Operationalisierung)		Anforderungen & Monitoring resilienzfördernder Kennzahlen (Definition von Ziel- und Grenzwerten)
	KPI, ESG	KRI, RI	
Nutzenversprechen	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil der Produkte, die am selben Tag ein- und ausgehen • Effektive Reparaturzeit • Feedback der Kunden zur Nutzung von MR-Plattformen 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der erfolgreichen Produktanpassungen, insb. Flexibilität bei Anpassungen an Kundenbedürfnisse durch MR • Durchschnittliche Wartezeit auf Ersatzteile im Verhältnis zur Anzahl der abgeschlossenen Reparaturen (schnellere MR-basierte Bereitstellungszeiten) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Quartalsweise Überprüfung und Analyse des Kundenfeedbacks (mind. x) • <u>Adaption</u>: Umsetzung von 70% der Anpassungsbedarfe innerhalb von 3 Monaten, max. tolerierbare Verzögerung 6 Monate • <u>Regeneration</u>: mind. 20% der Entwicklungsressourcen müssen flexibel einsetzbar sein • <u>Lernen</u>: Analysezeitraum 2-3 Monate • <u>Verbesserung</u>: mind. 30% Erhöhung der erfolgreichen MR-Produktanpassungen p.a.
Kundenbeziehungen	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Kundenkontakte/-Events pro Tag • Engagement der Kunden (Anteil an der Gesamtnutzung von Anwendungen, Lösungen und Software) • Wiederkaufs-/Nutzungsraten • insb. Intensivierung und Steigerung der Kundenbindung durch personalisierte MR-Erfahrungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Community-Support-Systeme (Anzahl, Bewertungen) • Verhältnis gewonnener zu verlorenen Kundenkontakten, insb. als Messung der Häufigkeit und Qualität der Interaktionen mit Kunden durch MR-Plattformen • Zykluszeit im Rücksendezentrum 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Wöchentliche Überprüfung der Kundeninteraktionen • <u>Adaption</u>: Zielwert 15% Verhältnissteigerung, max. tolerierbarer Rückgang weniger als 10% • <u>Regeneration</u>: mind. 3 alternative Kommunikationskanäle zur Kundenansprache • <u>Lernen</u>: Analysezeitraum max. 1 Monate • <u>Verbesserung</u>: mind. 20% Verbesserung des Verhältnisses p.a.
Kundensegmente	<ul style="list-style-type: none"> • Kundenzufriedenheit • Kundenwachstum (bestehender und neuer Kunden durch MR-Applikationen) • Marktprognosen • Anteil der Flotte 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversifikation des Kundenkreises • Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Kundenbedürfnisse (Häufigkeit der Anpassungen durch Feedback im Kontext MR-Nutzung) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Monatliche Überwachungsfrequenz der Kundenstruktur und Marktprognosen • <u>Adaption</u>: Zielwert 10% Wachstum in neuen Kundensegmenten, max. tolerierbarer Verlust weniger als 5% • <u>Regeneration</u>: 80% Erholungsrate der Kundenvielfalt innerhalb von 3 Monaten, mind. 3 alternative Kanäle einsatzbereit • <u>Lernen</u>: Analysezeitraum max. 3 Monate • <u>Verbesserung</u>: mind. 10% Erhöhung der Diversifikation p.a.
Absatzkanäle	<ul style="list-style-type: none"> • Verkaufsvolumen pro Vertriebskanal (z.B. der virtuellen Showrooms) • Durchschnittliche Lieferzeit • Durchschnittliche Zeit zur Beantwortung von Kundenanfragen 	<ul style="list-style-type: none"> • Monatliche Anzahl der Lieferlinien • Anzahl alternativer Lieferanten und Vertriebskanäle 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Halbjährliche Überwachungsfrequenz und Aktualisierung des Netzwerks • <u>Adaption</u>: Zielwert 20% alternative Lieferanten, max. tolerierbarer Verlust primärer Lieferanten weniger als 10% • <u>Regeneration</u>: 90% Wiederherstellung der Lieferketten innerhalb von 2 Monaten, mind. 2 alternative Kanäle pro kritischen Rohstoff • <u>Lernen</u>: Analysezeitraum max. 2 Monate • <u>Verbesserung</u>: mind. 5% Erhöhung der Diversifikation p.a.

Im Zuge der Umsetzung ist die enge Zusammenarbeit verschiedener Unternehmensbereiche maßgeblich. Maßnahmen, wie z.B. die regelmäßige Überprüfung des Kundenfeedbacks und die Anpassung von Produkten und Services an Kundenbedürfnisse, müssen von den verantwortlichen Stellen im Geschäftsbereich Customer Relations koordiniert werden, unterstützt durch das Marketing- und Vertriebsteams, um eine zielgerichtete Ansprache zu realisieren. Das Supply Chain Management (vgl. Abbildung 29) verantwortet die Flexibilisierung von Lieferantenbeziehungen und die Sicherstellung alternativer Kanäle, während die IT-Abteilung die Entwicklung und Integration von Monitoring-Tools für Operationalisierungsgrößen sicherstellt. Nach Feedback des Praxispartners ist die Integration einer automatisierten Informationsweitergabe als entscheidender Erfolgsfaktor identifiziert. Die Implementierung von Frühwarnindikatoren und Alarmfunktionen auf Basis definierter Zielgrößen (vgl. Tabelle 30) in bestehende Prozesse und Systeme schafft proaktive Einflussnahmen auf kritische Entwicklungen. Ein notwendiger Transformationsbaustein ist durch das bestehende BI-Tool bereits gegeben, welches einen Teil der geschäftlichen Aktivitäten analysiert und für die Unternehmensstrategie nutzbar macht. Der Einsatz von Datenquellen aus verschiedenen Geschäftsbereichen unterstützt hier maßgeblich die Entscheidungsprozesse und Beurteilung der Resilienzeigenschaften (vgl. Kumar et al., 2024, S. 307ff.).

Zusammenführung der Untersuchungsszenarien und Zwischenfazit

Die Harmonisierung der Resilienzindikatorik mit weiteren Technologieintegration bleibt eine zentrale Herausforderung. Es muss sichergestellt werden, dass neue Technologielösungen nicht isoliert betrachtet werden, sondern in die Gesamtheit des unternehmerischen Geschäftsmodells eingebettet sind. Dies erfordert ein kohärentes Zusammenspiel von Technik, Organisation und Personen (vgl. Abbildung 16), um die zukunftsorientierte Auslegung resilienter Wertschöpfungsstrukturen zu unterstützen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergänzung von RI als integraler Bestandteil einer digitalen Transformation mit neuen Technologielösungen unerlässlich ist, um die langfristige Anpassungsfähigkeit und Belastbarkeit des Unternehmens zu sichern. Bisher genutzte Kennzahlensets sollten jedoch auch weiterhin Berücksichtigung finden, um eine ganzheitliche (vor allem im Hinblick auf die Leistungs- und Nachhaltigkeitsorientierung) und im Sinne des Anwenders individualisierte Strategieumsetzung realisieren zu können.

Die Validierung der Vorgehensweise in einer ex-post-Analyse und einem ex-ante-Szenario hat im Rahmen der Feedback-Analyse mit dem Praxispartner zentrale Erkenntnisse geliefert, um die Methodik und Anwendbarkeit weiter zu präzisieren. Die Feedback-Analyse basiert auf einem methodischen Dreiklang aus qualitativen Interviews, einer quantitativen Bewertung der standardisierten Befragungen und einer Datenanalyse der verfügbaren Geschäftsberichte und Studien. Dieses Vorgehen ermöglichte es, Schwachstellen in der bisherigen Umsetzung ex-post (insbesondere im Kontext der Operationalisierung von Resilienz in Phasen) zu identifizieren, während gleichzeitig neue Herausforderungen (Entwicklungstrends, Marktveränderungen) im ex-ante-Szenario antizipiert wurden. Die Erkenntnisse der Praxisstudie zeigen, dass die Integration neuer Technologien wie MR-Plattformen die Kundeninteraktion signifikant

verbessern können, jedoch organisatorische Rahmenbedingungen für deren Nutzung erforderlich sind (vgl. Resilienz Board in Tabelle 30). Die Feedback-Analyse ermöglichte zudem eine Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit der festgelegten Resilienzindikatoren und deren Wirksamkeit in der strategischen und taktischen Steuerung durch die konkrete Definition von Ziel- und Grenzwerten in zeitlichen Horizonten entsprechend der Resilienzphasen.

Die nächsten Schritte im ex-ante-Szenario fokussieren sich auf die technische Umsetzbarkeit und die Implementierung der entwickelten Lösungen. Es wird ein Pilotprojekt empfohlen, welches die Nutzung von MR-Technologien in einem spezifischen Kundensegment evaluiert und die Auswirkungen auf die definierten Resilienzindikatoren untersucht. Parallel sollte eine technische Integration in bestehende IT-Systeme (wie hier vorliegend CRM und BI) umgesetzt werden, um eine nahtlose Verbindung zwischen technologischen Innovationen und datenbasierten Entscheidungsprozessen zu gewährleisten. Die langfristige Implementierung wird durch regelmäßige Feedback-Schleifen im Sinne der definierten Resilienzphasen adressiert, um kontinuierlich Anpassungen vorzunehmen und die Resilienzfähigkeit des Geschäftsmodells langfristig zu verbessern.

4.1.2 Praxisstudie – Inbound Operations

Die Resilienz der Inbound-Logistik ist ein entscheidender Faktor, um die Versorgung eines Unternehmens langfristig zu sichern und die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken. Als Inbound-Logistik wird der Teil der Unternehmenslogistik verstanden, welcher den Material- und Informationsfluss von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Kauf- und Ersatzteilen vom Lieferanten zum Original Equipment Manufacturer (OEM) umfasst. Der Materialfluss kann entweder direkt oder über Zwischenstationen wie Beschaffungs- oder Zulieferungslager abgewickelt werden. Die Inbound-Logistik deckt sowohl strategische als auch operative Prozesse ab, um sicherzustellen, dass Materialien und Dienstleistungen aus vorgelagerten Wertschöpfungsstufen in physischer, digitaler und rechtlicher Hinsicht termingerecht bereitgestellt werden können (vgl. Trojahn et al., 2022, S. 208ff.; Klaus et al., 2012, S. 229). Abbildung 29 stellt die Phasen der Unternehmenslogistik zur Abgrenzung gegenüber.

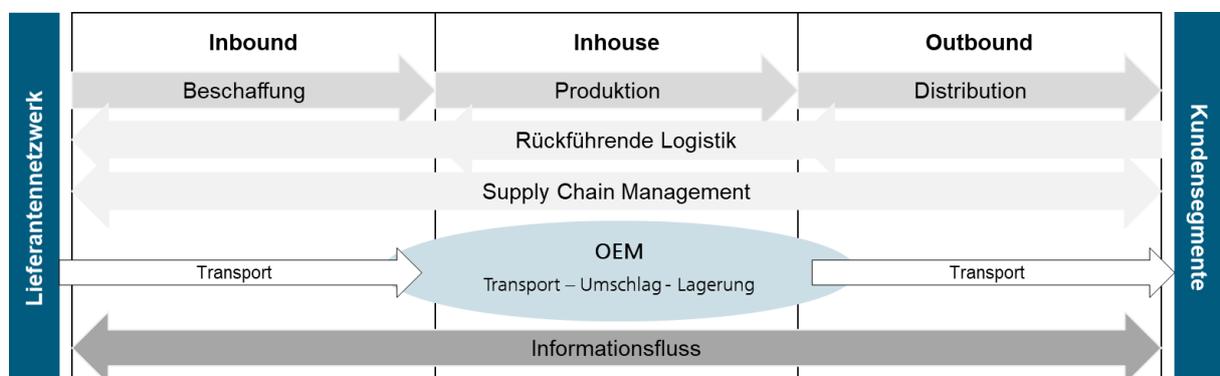


Abbildung 29: Veranschaulichung Phasen der Unternehmenslogistik (i.A.a. Arnold et al., 2008, S. 5)

Im Transformationsgedanken knüpft der vorliegende Anwendungsfall inhaltlich nahtlos an die ex-post-Analyse der vorherigen Praxisstudie an, da eine Datenintegration via BI- und CRM-

System bei diesem Praxispartner (Interviewpartner: Supply Chain Management) ebenfalls bereits erfolgt ist. Im Kontext der Praxisstudie eines Elektrogeräteherstellers (Kategorisierung: Großunternehmen) erschweren aktuell gewachsene Strukturen, die auf manuelle und zeitintensive Analysen angewiesen sind, eine effektive Steuerung der Inbound-Prozesse. Ein systematisches Controllingsystem mit einheitlichen Zielvorgaben und Kennzahlen befindet sich aktuell im Aufbau, um die Entwicklung wirksamer Maßnahmen sowie die Zuweisung von Verantwortlichkeiten zu fördern (vgl. Hallmann, 2024). Hier setzt das entwickelte Integrationsmodell an, welches eine strukturierte Verbindung von strategischen, technologischen hin zu operativen Maßnahmen zur Stärkung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften ermöglicht.

Eine zentrale Komponente ist der Ausbau einer digitalen Lieferantenplattform als identifizierte Schlüsseltechnologie im Unternehmen (vgl. Tabelle 22) und als Wegbereiter für ein erweitertes Controllingsystem. Die Plattform realisiert die Automatisierung von Prozessen, schafft eine einheitliche Datengrundlage und steigert die Transparenz in der Lieferkette. Durch kontinuierliches Monitoring wird eine flexible und dynamische Anpassung unterstützt, wodurch sowohl kurzfristig operative als auch langfristig strategische Ziele verfolgt werden können. Das Controllingsystem integriert die wesentlichen Schlüsselindikatoren des Unternehmens, erfordert gleichzeitig allerdings die stärkere Einbettung in den Kontext strategischer Resilienzziele, z.B. durch Redundanzkonzepte und flexible Ressourcensteuerungen. Das Monitoring wird hier als kontinuierlicher Feedbackprozess ausgestaltet, der es ermöglicht, aus Erfahrungen zu lernen und zukünftige Events und Störungen effizienter zu bewältigen. Ziel der Praxisstudie ist die Entwicklung eines systematischen Controllingsystems, welches mithilfe der Prinzipien und Operationalisierungsanforderungen des Integrationsmodells die Inbound-Logistik resilienter gestaltet. Durch die Kombination aus systematischem Controlling, einer digitalen Lieferantenplattform und einem integrierten Resilienzprozess sollen neben der Offenlegung kurzfristiger Abweichungen auch langfristig proaktive Strukturen geschaffen werden, um den Unternehmenserfolg nachhaltig zu sichern. Schrauf et al. (2024, S. 29) stellen bekräftigend fest, dass Lieferprozesse transformiert und flexibler gestaltet werden müssen, um neue Geschäftsmodelle und -strategien zu unterstützen, die durch technologische Innovationen und veränderte Marktbedingungen entstehen.

Beschreibung der gegenwärtigen Situation

Die gegenwärtige Situation in der Inbound-Logistik zeigt die Notwendigkeit eines resilienzierten Managements. Der Praxispartner steht wiederholt vor der Herausforderung, einen Balanceakt zwischen kosteneffizienten und niedrigen Lagerbeständen und der Sicherheit in der Lieferkette zu bewältigen. Eine Lagerreichweite von 8 bis 10 Tagen und die Abhängigkeit von Single-Sourcing-Lieferanten erhöhen aktuell das Risiko von Verzögerungen in der Lieferkette, Mehrkosten durch Mehraufwände oder Produktionsausfällen. Single-Sourcing beschreibt hier eine Beschaffungsstrategie, bei der Unternehmen die benötigten Güter oder Dienstleistungen zumeist nur von einem Lieferanten beziehen (vgl. Arnold et al., 2008, S. 280). Im Fall von Lieferantenausfällen tritt dann die Notwendigkeit auf, Sicherheitsbestände aufzubauen und kurzfristig Anpassungen vorzunehmen, d.h. Produktionsprioritäten neu zu setzen,

alternative Lieferanten zu identifizieren und Komponenten zu beschaffen oder bestehende Lieferpläne anzupassen. In Summe stellt diese Problemstellung eine unternehmerische Herausforderung dar, die auf viele wertschöpfende Unternehmen gleichermaßen zutrifft.

Die konkrete Anforderung besteht daher darin, die konventionellen Ziel- und Controllingsysteme so zu erweitern, dass Resilienz im Schulterschluss mit dem Integrationsmodell als ein zentraler Faktor integriert werden kann. Im Hinblick auf die Schaffung eines stärker resilienzorientierten Ansatzes realisiert die Nutzung von BI eine Verknüpfung von vorliegenden Kennzahlensets, sodass die Datenanalyse erheblich erleichtert wird. Bisher sind beim Praxispartner allerdings vorausschauende Analysen neben den primär retrospektiven Analysen nur bedingt möglich (vgl. Hallmann, 2024). Die Resilienzfähigkeit der Inbound-Strukturen soll daher anhand ausgewählter Indikatoren gemessen werden und in einen antizipierenden Rahmen übertragen werden. Frühwarnindikatoren, wie z.B. Veränderungen in der Lieferflexibilität von Zulieferern, stützen die Möglichkeit zur präventiven Einschätzung der Resilienzfähigkeit der Inbound-Logistikprozesse. Die Implementierung eines integrativen Kennzahlenverbunds stellt sicher, dass sowohl die Monitoring- als auch die Anpassungsmechanismen für resilienzorientierte Inbound-Strukturen weitgehend erfüllt werden.

In Tabelle 31 findet sich am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers das Geschäftsmodell sowie die Veränderungsperspektiven durch die technologischen Möglichkeiten einer digitalen Lieferantenplattform in Form des *Resilienz Canvas*. Der Fokus wird entsprechend der Zielstellung auf die Prozessorientierung (Schlüsselfähigkeiten, Schlüsselressourcen, Schlüsselpartner) und die Finanzorientierung (Kostenstruktur, Erlösstruktur) gelegt, da vor allem die Anforderungen zum resilienzorientierten Auf- und Ausbau des Controllings und die Inbound-Prozesse adressiert werden. Die Marktorientierung (vgl. Abbildung 24) wird hier exkludiert, wenngleich durch eine digitale Lieferantenplattform auch Vorteile für den Kunden durch bessere Planbarkeiten und zuverlässigere Prognosen der Liefertermine realisiert werden können. Dies ist jedoch eher dem Thema Outbound-Logistik zuzuordnen (vgl. Abbildung 29).

Tabelle 31: Resilienz Canvas – In-praesenti-Konzeption am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers

Segmente	Geschäftsmodell (<i>Status Quo</i>)	Digital erweitertes Geschäftsmodell / Veränderungsperspektiven durch <i>Digitale Lieferantenplattform</i>
Prozessorientierung – Resilienzorientierte Organisation und Kompetenzbesetzung	Schlüsselfähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung smarter, langlebiger Haushaltsgeräte Produktionskompetenz Digitalisierungskompetenz für smarte Vernetzung der Geräte und IoT-Lösungen Starke Serviceorientierung
	Schlüsselressourcen	<ul style="list-style-type: none"> Produktionsstätten für Präzisionsfertigung der Geräte Datenplattform für vernetzte Geräte Globale Service-Infrastruktur Fachpersonal

			<ul style="list-style-type: none"> • Ausgebaute Sicherheitsarchitektur für Schutz von Daten und Transaktionen
	Schlüssel-partner	<ul style="list-style-type: none"> • Material- und Bauteillieferanten • IoT- und Smart-Home-Entwickler • Spezialisten für Geräteauslieferungen • Fachhändler • Kundendienst für Wartung und Reparatur • FuE-Partner für Geräteinnovationen 	<ul style="list-style-type: none"> • Echtzeit-Datenzugriff und erhöhte Transparenz über die Lieferketten • Einbindung globaler Lieferanten mit standardisierten digitalen Schnittstellen • Stärkere Integration von ESG-Kriterien in Lieferantenbewertungen • Automatisierte Versandabwicklung • Kooperation für Predictive Analytics entlang der Lieferkette
Finanzorientierung - Resilienzorientierte Optimierung von Liquidität und Opportunitäten	Kosten-struktur	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionskosten der Präzisionsfertigung • Beschaffungskosten hochwertiger Materialien und Komponenten • Vertrieb und Marketing • Service- und Plattformkosten • Nachhaltigkeitsinitiativen 	<ul style="list-style-type: none"> • Optimierung von Bestellmengen durch Datenanalyse und Automatisierung • IT-Investitionen (Entwicklung, Implementierung, Wartung) • Zusätzliche Monitoring-Kosten (kontinuierliche Überwachung, Dashboards) • Reduzierung Transaktionskosten durch digitale Schnittstellen • Reduzierung Personalkosten durch automatisierte Auftragsabwicklung, Rechnungsprüfung
	Erlös-struktur	<ul style="list-style-type: none"> • Direkter Verkauf von Premium-Geräten • Wartungs- und Serviceabonnements • Leasingmodelle für das Gewerbe • Einnahmen durch IoT- und Vernetzungslösungen • Umsätze aus Ersatzteilen, Erweiterungen und Zubehör 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneinsparungen als Gewinnhebel (insb. Beschaffungskosten, Reduktion Ausfälle, Engpasssituationen, höhere Lieferzuverlässigkeit) • Monetarisierung von Lieferketten-Daten durch Prognosetools und Analyse-Dienstleistungen • Zusatzservices für Lieferanten (Echtzeit, Predictive Analytics) • Skaleneffekte

Im Rahmen des Methodenschritts *Strategieentwicklung* und der zu integrierenden Systematik zeigt Tabelle 31 die technologiebedingten Mehrwerte, die eine derartige Lieferantenplattform bieten kann. Diese umfassen die Echtzeitüberwachung und -steuerung der Lieferanten und Lieferbeziehungen sowie die proaktive Erkennung von Engpässen durch datengetriebene Prognosemodelle. Die Plattform unterstützt die Transformation der klassischen Inbound-Prozesse (Beschaffung, Steuerung) hin zu einem dynamischen Lieferkettenmanagement, welches auf verknüpften (Echtzeit-) Daten prädiktive Analysen im Schulterschluss mit den Resilienzphasen zulässt. Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sind Schlüsselmerkmale, die Unternehmen entwickeln müssen, um auf neue Marktchancen reagieren zu können (vgl. Schrauf et al., 2024, S. 8, 11). In der folgenden Konzept- und Umsetzungsplanung schafft das *Resilienz Board* einen Rahmen, um eine Balance zwischen Effizienz und Resilienz zu schaffen, indem es die technologischen Möglichkeiten zur Analyse und Überwachung nutzbar macht und in bestehende ERP- und BI-Systeme integriert.

Konzept- und Umsetzungsplanung

Bereits in der vorherigen Praxisstudie (vgl. Kap. 4.1.1) ist die Operationalisierung resilienzfördernder Kennzahlen, welche in einem integrativen Ansatz zur Geschäftsmodellausrichtung mit einem systematischen Kennzahlenverbund verknüpft worden sind, praxisnah erarbeitet wurden. Die gegenwärtige Leistungsbewertung muss in Zeiten größerer Unsicherheiten durch eine stärkere Einbettung von Risiko- und Resilienzfaktoren erweitert werden, um eine

wettbewerbsfähige, nachhaltige Steuerung der Wertschöpfungskette aufzusetzen. Insbesondere die Definition von Ziel- und Grenzwerten in den Resilienzphasen Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen und Verbesserung bilden die Grundlage, um frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen und die Handlungsfähigkeit des Unternehmens auch in disruptiven Szenarien zu stärken. Die vorliegende Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers geht nun noch einen Schritt weiter und verknüpft die Systematik mit den bestehenden Systemstrukturen im Methodenschritt *Integration*.

Die erarbeiteten Operationalisierungsgrößen in Tabelle 32 liefern einen integralen Baustein für das bestehende Controllingsystem des Praxispartners, welches über ein BI-System entsprechende Steuerungsprozesse unterstützt, indem es Datensätze migriert, analysiert und visualisiert. Im Zusammenspiel mit dem Praxispartner ist der Ansatz als Basis für eine weitergehende Integration in das BI-Modell ausgearbeitet, sodass Resilienzindikatoren systematisch integriert und mit den dynamischen Entwicklungen im Lieferantennetzwerk abgeglichen werden können. Beispielhaft stellen Ziel- und Grenzwerte, wie z.B. die Lagerreichweite (8-10 Arbeitstage) oder die Reklamationsquote (<3%), konkrete Benchmarks dar, die nicht nur der Leistungs- sondern vor allem der Resilienzbewertung dienen. Somit entsteht als Steuerungsinstrument die Unterstützung für langfristige strategische Entscheidungen als auch die unmittelbare Möglichkeit, Maßnahmen zur Optimierung von operativen Prozessen abzuleiten.

Tabelle 32: Resilienz Board – In-praesenti-Konzeption am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers (Inbound-Logistik)

Segment	Resilienzorientierte Geschäftsmodell-ausrichtung (Operationalisierung)		Anforderungen & Monitoring resilienzfördernder Kennzahlen (Definition von Ziel- und Grenzwerten)
	KPI, ESG	KRI, RI	
Schlüsselfähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> Wareneingangsproduktivität (Sendungen pro Tag und MA, Warenannahmezeiten) Erfüllungsquote technischer Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> Reklamationsquote (Fehler, Zurückweisung) KVP-Prozesse (Anzahl umgesetzter Vorschläge) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Vorbereitung</u>: Festlegung Benchmark Arbeitsproduktivität, technische Anforderungen erfüllt bei 80% der Lieferanten <u>Adaption</u>: Reklamationsquote <3% aller Sendungen <u>Regeneration</u>: Arbeitsproduktivität wiederhergestellt auf >90% des Normalniveaus innerhalb von 48h, Reklamationsquote auf <5% reduziert <u>Lernen</u>: Kontinuierliche Analyse: Umsetzung von >50% der eingereichten KVP-Vorschläge p.a., Beseitigung 100% der wiederkehrenden Fehlerquellen <u>Verbesserung</u>: Steigerung Arbeitsproduktivität um 3% p.a., Reduzierung Reklamationsquote um 10% p.a.
Schlüsselressourcen	<ul style="list-style-type: none"> Lagerbestand Materialverfügbarkeit kritischer Güter (%) Anteil erfüllter Qualitätsanforderungen Anteil recyclebare Verpackungen 	<ul style="list-style-type: none"> Lagerreichweite Sicherheitsbestand (%) als Anteil des Gesamtbestands Materialverfügbarkeit bei Engpässen (in AT) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Vorbereitung</u>: Festlegung Ø Lagerreichweite 8-10 Tage, dynamischer Sicherheitsbestand 10-20% je nach Marktvolumen und -volatilität <u>Adaption</u>: Materialverfügbarkeit >90% innerhalb von 24h, Sicherheitsbestand flexibel bei kurzfristigen Änderungen <u>Regeneration</u>: Lagerreichweite innerhalb von 48h wiederhergestellt, Materialverfügbarkeit >90% innerhalb des gleichen Zeitraums <u>Lernen</u>: Kontinuierliche Analyse: Max. 5% Abweichung bei geplanten Beständen, Engpasshäufigkeit <1% aller Bestellungen. <u>Verbesserung</u>: Optimierung des dynamischen Sicherheitsbestands und Reduktion der Engpassquote um 10% p.a.

Schlüssel-partner	<ul style="list-style-type: none"> • Mengen- und Termintreue, -abweichungen • Auslastungsgrad je Trailer • Lieferzuverlässigkeit • Lieferzeit • Anteil emissionsfreier Transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Verfügbarkeit von alternativen Lieferanten • Lieferflexibilität • Lieferantenausfallquote • Erfüllungsquote bei kurzfristigen Lieferanfragen/-anpassungen 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Festlegung Termintreue >95%, Mengenabweichung <5%, Alternativlieferanten verfügbar für 80% der kritischen Materialien • <u>Adaption</u>: Erfolgreiche kurzfristige Anpassungen in >90% der Fälle, Reaktionszeit auf Anpassungsanfragen <24h • <u>Regeneration</u>: Lieferzuverlässigkeit >90% innerhalb von 48h nach einer Störung, Ausfallquote der Lieferanten <5% p.a. • <u>Lernen</u>: Kontinuierliche Analyse: Mengenabweichungen <3%, Ø Lieferzeitabweichung <3h • <u>Verbesserung</u>: Steigerung Flexibilität bei neuen oder unvorhergesehenen Anforderungen um >10% p.a.
Kostenstruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten (in tkm) • Gesamtkosten Inbound • Kosten pro Fertigerät • CO₂-Kosten pro Transport • Umsatzverluste durch verspätete Lieferungen & Mehraufwände 	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenstabilität bei Marktvolatilität (Preisabweichungen zum Marktstandard, zu vereinbarten Konditionen) • Kostenabweichungen bei Transportstörungen • Kosten Zusatztransporte • Kapitalkosten durch Überbestände 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Festlegung vertretbarer Abweichungen vom Marktstandard <10% und von vereinbarten Konditionen <5% • <u>Adaption</u>: Abweichungen <15% des regulären Transportbudgets bei Störfällen • <u>Regeneration</u>: Umsatzverluste durch verspätete Lieferungen <2% des monatlichen Umsatzes • <u>Lernen</u>: Kontinuierliche Analyse: Zusatzkosten durch Überbestände <5% der Logistikkosten • <u>Verbesserung</u>: Reduktion der Kosten pro Fertigerät um 2% p.a. durch effizientere und resilientere Logistikprozesse
Erlösstruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Deckungsbeitrag Inbound • Mehrerlöse durch schnell verfügbare Waren • Einsparungspotential (effiziente vs. umweltgerechte Prozesse) 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversifikation der Lieferantenstruktur (Anteil der Top-Lieferanten an Gesamtbeschaffung) • Bewertung der finanziellen Stabilität (Bonitätsscore) 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Vorbereitung</u>: Diversifikation Lieferantenstruktur <50% am Gesamtvolumen, Ausrichtung Lagerreichweite und Sicherheitsbestand, sodass mind. 3% des Umsatzes durch kurzfristige Nachfrage generiert werden • <u>Adaption</u>: Erfüllung kurzfristiger Aufträge in >90% der Fälle innerhalb von 24h • <u>Regeneration</u>: Wiederherstellung Warenverfügbarkeit nach Störungen innerhalb von 48h • <u>Lernen</u>: Kontinuierliche Bewertung der Abhängigkeit von Top-Lieferanten und Ableitung von Maßnahmen • <u>Verbesserung</u>: Reduktion der Abhängigkeit von Top-Lieferanten um 10% p.a. bis <50% erreicht wird

Konsekutiv veranschaulicht Abbildung 30 die Integration der resilienzorientierten Prinzipien und Operationalisierungsanforderungen in das bestehende Controlling- bzw. BI-System des Elektrogeräteherstellers (in diesem Anwendungsfall: *Power BI*), mit dem Fokus auf die Inbound-Logistik. Neben den bestehenden (klassischen) Modulen Wirtschaftlichkeit, Produktivität, Ökologie und Qualität (vgl. Arnold et al., 2008, S. 1007) wird zusätzlich das Modul Resilienz in Form des *Resilienz Boards* (vgl. Tabelle 24) eingebettet. Es werden zum einen übergreifende Indikatoren (Gesamtkosten, Lagerreichweite, Lieferzuverlässigkeit, u.Ä.) angegeben, da diese eher eine holistische Sicht auf die Inbound-Logistik bieten, als auch eine Auswahl an spezifische Indikatoren, die vor allem einen stärkeren Fokus auf resilienzoriente Indikatorik und Handlungsnotwendigkeiten aufweisen (vgl. Tabelle 23, Tabelle 34). Das *Resilienz Board* agiert hier als zentrales Steuerungsinstrument, welches entlang der Resilienzphasen (Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen und Verbesserung) strukturiert arbeitet. Es verbindet Kennzahlen und Abweichungsanalysen mit definierten Maßnahmen, um langfristig die

Resilienzfähigkeit ebenfalls durch definierte Ziel- und Grenzwerte, Maßnahmen und Verantwortlichkeiten zu stärken als auch kurzfristig die Reaktionsfähigkeiten zu verbessern. Die Verknüpfung der Module mit den spezifischen Anforderungen zur Operationalisierung von Resilienz schafft die Basis für ein datenbasiertes und flexibles Management der Inbound-Logistik.

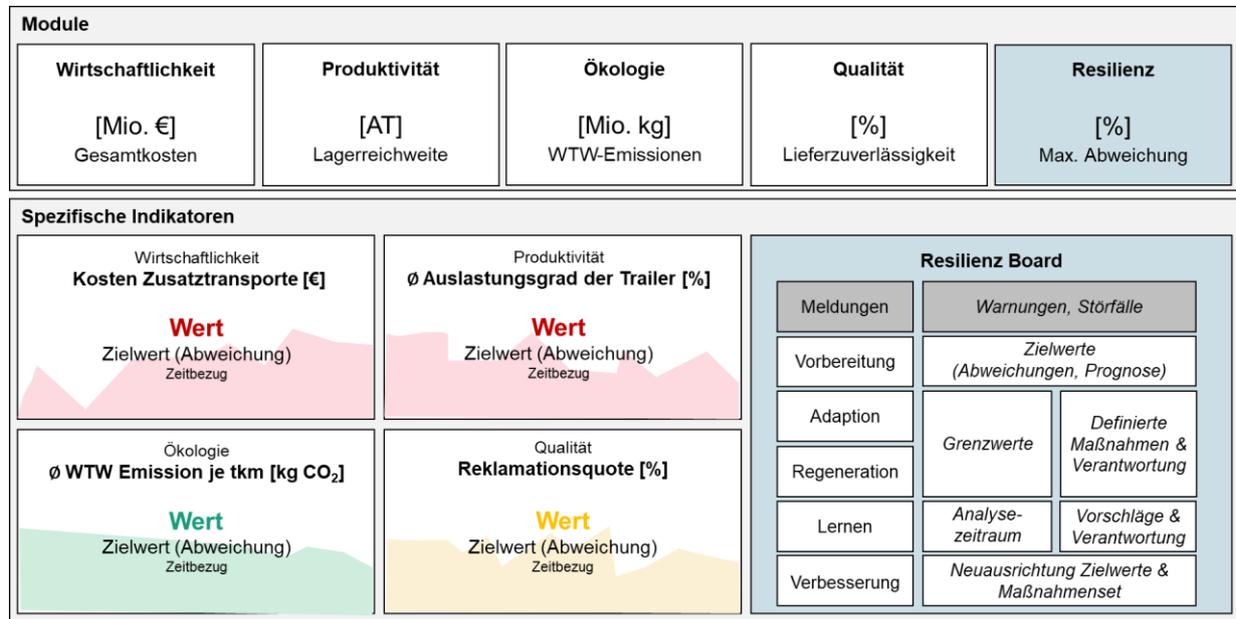


Abbildung 30: Umsetzungsplanung zur Integration des Resilienz Board in bestehende Controlling- und BI-Systeme am Beispiel der Praxisstudie des Elektrogeräteherstellers (Inbound-Logistik)

Der Einsatz moderner Technologien und Methoden im Kontext der zunehmenden Digitalisierung und Dynamisierung der Lieferantenbeziehungen ist beim Praxispartner bereits in ersten Pilotanwendungen evaluiert worden. So erlaubt z.B. die Einbettung von Predictive Analytics, d.h. die Erkennung von Bedarfsmustern zur proaktiven Steuerung der Ressourcennutzung und Lieferprozesse (vgl. Dohrmann et al., 2022, S. 85), kontinuierliche und belastbare Prognosen zu Bedarfs- und Mengenschwankungen in Echtzeit. Derartige Analysen sind ein bedeutender Wegbereiter zur Erkennung von Unter- und Überkapazitäten, sodass mithilfe der vorgeschlagenen Systematik eine dynamische Anpassung von Transport- und Lagerprozessen in einem methodischen Rahmen angegangen werden kann. Der Praxispartner betont, dass Ziel- und Grenzwerte klar definiert und regelmäßig überprüft werden müssen, um die Relevanz und Wirksamkeit sicherzustellen. Die Integrationsmöglichkeit dieser Funktionen in das bestehende BI-System ist gegeben und gleichzeitig essentiell, um eine nahtlose Verbindung zwischen strategischer Resilienz verknüpft mit einer operativen Effizienz und Belastbarkeit zu gewährleisten.

Die vorliegende Konzeptintegration verdeutlicht, dass es an dieser Stelle nicht um die Bewertung einzelner Lieferanten oder Materialien geht, sondern vielmehr um die Gestaltung strategischer Weichenstellungen für Managementprozesse. Fokus bei der Umsetzungsplanung im Unternehmen sollte übergreifend auf der Entwicklung einer technologiebasierten Strategie, die durch die digitale Lieferantenplattform (vgl. Tabelle 31) gestützt wird, gelegt werden. Diese Plattform vereint Lager-, Bestands- und Transportdaten, um holistische als auch spezifische

Indikatoren zu analysieren und entsprechende Maßnahmen zur Stärkung der Resilienzfähigkeit abzuleiten. Damit kann der Weg zur Stärkung der strategisch-taktischen Ebene, d.h. der Schaffung von Resilienzeigenschaften, hin zur Stärkung der unternehmerischen Resilienzfähigkeit auf operativer Ebene gestaltet werden.

Ergebnistransfer und Zwischenfazit

Die beschriebene Erweiterung des Controllingsystems ist ein wesentlicher Schritt zur Stärkung resilienter Strukturen in der Inbound-Logistik. Der Praxispartner validiert an dieser Stelle die Möglichkeit, sowohl strategische als auch operative Perspektiven effektiv zu integrieren, was die Umsetzung unternehmensweiter Ziele unterstützt. Ein zentraler Vorteil des Controllingsystems liegt in der systematischen Verknüpfung von Indikatoren und Kennzahlenverbänden durch die Nutzung von BI-Lösungen. Während bisher primär retrospektive Analysen möglich sind, wird die zukünftige Erweiterung um umfassendere Daten und prospektive Analysen mit dem *Resilienz Board* wesentlich zur Stärkung der Resilienzfähigkeit durch antizipative Mechanismen, definierte Maßnahmensets und automatisierte Zuweisungen von verantwortlichen Personen beitragen, wenn eine zielgerichtete Aktion im Hinblick auf Abweichungen erforderlich ist.

Das Vorgehen unterstützt die unternehmerische Herausforderung, eine Abwägung zwischen Flexibilisierung und Kostenoptimierung zu treffen. Es werden die wesentlichen Einflussgrößen des operativen Betriebs (z.B. Materialverhalten, Beschaffungsvolumen, Lieferzuverlässigkeit einzelner Lieferanten oder deren raum-zeitliche Entfernung) erfasst und durch die Kombination von Ziel- und Grenzwerten sowie automatisierten Überwachungsmechanismen systematisch in das *Resilienz Board* eingebettet, welches als ein zentraler Bestandteil des Controlling-systems fungiert. Das System erfüllt damit auch das Ziel der kontinuierlichen Verbesserung, indem Fortschritte automatisch überwacht und datenbasierte Anpassungen ermöglicht werden. Die Festlegung von Kennzahlen inkl. Ziel- und Grenzwerten und die übersichtliche Darstellung in einem standardisierten *Resilienz Board* erhöhen die Transparenz als eine wesentliche Eigenschaft der Resilienz (vgl. Kap. 2.1.1).

Im Hinblick auf die Zusammenarbeit mit den Lieferanten und existierenden Rahmenverträge erfordert die Integration resilienzorientierten Prinzipien auch eine Anpassung entsprechender Logistikvereinbarungen, die verallgemeinert wie folgt festgehalten wird:

- Verpflichtung zur (automatisierten) Bereitstellung von Informationen zu Lieferzeiten und -mengen, potentiellen Kapazitätseinschränkungen und Engpässen in der Materialverfügbarkeit - zur Verknüpfung mit dem Resilienz Board und Ermöglichung von Abweichungsanalysen
- Berücksichtigung von Flexibilitätsanforderungen und Kostenoptimierung mit definierten Lieferantenvorgaben - zur Bewältigung von kurzfristigen Bedarfsänderungen oder zur Bereitstellung alternativer Lieferoptionen mit Kostensätzen
- Formulierung von Bedingungen zur Erfüllung technischer Anforderungen und Spezifikationen, sodass kooperativ Ziel- und Grenzwerte harmonisiert und Überwachungsmechanismen integriert werden können

- Übergreifende Verpflichtung zur Vorlage eines Risikomanagements und einer detaillierten Notfallstrategie

Derartige Forderungen können vor allem von OEM gestellt werden, da diese über die notwendigen Ressourcen, strukturellen Voraussetzungen bzw. auch die Marktmacht verfügen, während KMU oftmals Unterstützung in der digitalen Transformation und der Implementierung resilienzorientierter Prinzipien benötigen, um vergleichbare Anforderungen erfüllen zu können.

Bezüglich des Einsatzes eines öffentlich zugänglichen GPT-Modells (vgl. Tabelle 15) zeigt die Praxisstudie, dass dieser Ansatz sowohl Vorteile als auch Einschränkungen mit sich bringt, insbesondere im Umgang mit unternehmensinternen (Echtzeit-) Daten. Der Einsatz eines öffentlichen Modells realisiert eine aufwandsarme und kosteneffiziente Implementierung ohne den Bedarf, interne Infrastrukturen und zusätzliche Ressourcen aufzubauen. Weiterhin profitieren Unternehmen von der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Modelle durch externe Anbieter (vgl. Tabelle 14), was die Leistungsfähigkeit stetig verbessert (vgl. auch Zukunftsrat, 2024, S. 11ff.). Allerdings ist die Nutzung eines öffentlichen Modells in datensensitiven Unternehmensbereichen wie der Inbound-Logistik problematisch, da sensible interne Informationen potentiell an externe Anbieter weitergegeben werden. Dies birgt sowohl datenschutzrechtliche als auch sicherheitsbezogene Risiken. An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass die vorliegende Praxisstudie nicht über die Umsetzungsplanung des resilienzorientierten BI-Boards hinausgeht, da unternehmensintern die Entscheidung getroffen wurde, keine aktuellen Logistik- und Produktionsdaten nach Außen zu geben. Für weiterführende prospektive Analysen ist eine erweiterte und qualitativ hochwertige Datenbasis erforderlich. Die Praxisstudie unterstreicht daher den Bedarf, entweder die Datenbasis erheblich zu erweitern oder hybride Ansätze in Betracht zu ziehen, bei denen öffentliche Modelle mit unternehmensinternen Daten kombiniert werden können (vgl. Kap. 5.3).

Im Zwischenfazit dieser Praxisstudie wird festgehalten, dass öffentliche GPT-Modelle eine gute Einstiegsmöglichkeit für Unternehmen darstellen, die sich Einblicke in KI-gestützte Anwendungen verschaffen möchten. Für langfristige und spezialisierte Anwendungsfälle erscheint die Entwicklung individualisierter, interner Modelle bzw. die Integration hybrider Architekturen als strategisch geeigneter, um dynamische Anpassungsfähigkeiten zu stärken und den Datenschutz zu gewährleisten. Auch hier unterstreicht der Zukunftsrat (2024, S. 11, 39f.) bezogen auf den Wirtschaftsstandort Deutschland und Europa die Erfordernis, dass eigene Recheninfrastrukturen und eigene Ressourcen aufgebaut werden müssen, um die notwendige Voraussetzung zur Herstellung einer Wettbewerbsfähigkeit zu schaffen und einseitige Abhängigkeiten aufzulösen.

4.1.3 Simulationsstudie – Modulare Produktion

Wandlungsfähige Produktionskonzepte rücken vermehrt in den Fokus, um den dynamischen Anforderungen industrieller Produktionssysteme und gestiegenen Marktanforderungen gerecht zu werden (vgl. Borgmann & Henke, 2023; Popp & Wehking, 2016, S. 2-4). Im Fokus des vorliegenden Anwendungsfalls steht das modulare Matrix-Produktionssystem, welches eine wandlungsfähige Produktion am Beispiel eines Automobilherstellers (Kategorisierung:

Großunternehmen) als flexibles Netzwerk von Produktionsfaktoren innerhalb von Unternehmen realisiert. Im räumlichen Aufbau ähnelt der Aufbau einer Matrixstruktur und besteht aus frei anfahrbaren und individuellen Produktionszellen, die über einen flexiblen Materialfluss miteinander verbunden sind (vgl. Plattform I4.0, 2022c, S. 7). Derartige Gestaltungsoptionen sagen Mehrwerte voraus, wenn Situationen wie Stückzahlschwankungen, Priorisierungsaufträge oder Maschinenstillstände, die zunehmende Produktvariantenvielfalt und wechselnden Herausforderungen wie Lieferkettenunterbrechungen bewältigt werden müssen (vgl. Greschke, 2016, S. 167). Im Kontext der technischen Infrastruktur (Netzwerkinfrastruktur und beteiligte IT-Systeme) ist die Plattform zur Einplanung und Steuerung von Aufträgen sowie die Anbindung und Vernetzung der einzelnen Produktionszellen und -einheiten von zentraler Bedeutung (vgl. Plattform I4.0, 2022c, S. 18). Transportprozesse von Produkten und Materialien finden zumeist automatisiert statt, um einen möglichst flexiblen Materialfluss zu realisieren. Zur freien Navigation kommen dabei fahrerlose Transportsysteme, sogenannte Automated Guided Vehicles (AGV), zum Einsatz, die über ein Flottenmanagementsystem entsprechenden Transportaufträgen zugeordnet werden. Im Hinblick auf die Technologiemorphologie (vgl. Anhang E) ist die Matrixproduktion als flexibles Fertigungssystem eine Genese aus verschiedenen Technologiebausteinen, wie z.B. derartigen autonomen Fahrzeugen, kollaborativen Fertigungsrobotern und auch prädiktiven Modellen. Abbildung 31 stellt in einer vereinfachten Darstellung die bekanntesten Formen der Produktionsorganisation anhand von Produktionskapazität und -flexibilität gegenüber.

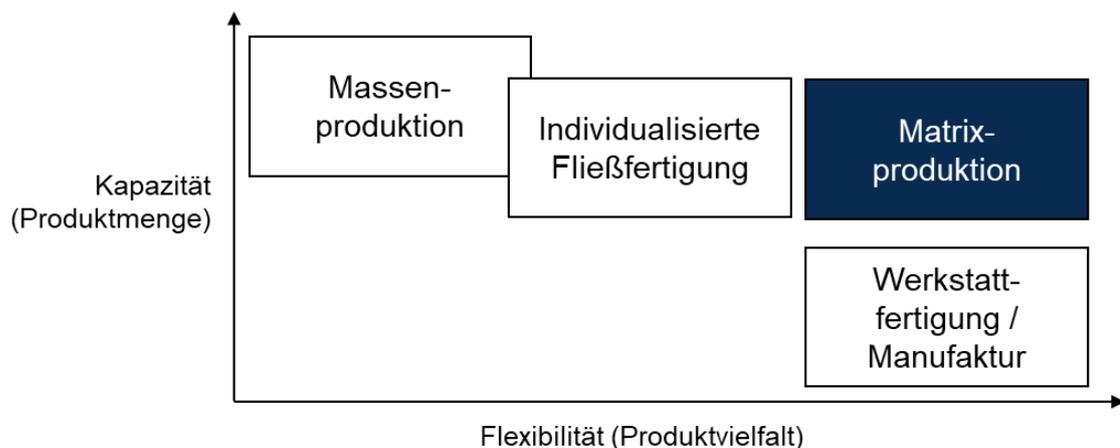


Abbildung 31: Gegenüberstellung von Produktionskonzepten auf der Grundlage von Produktionskapazität und -flexibilität (i.A.a. Plattform I4.0, 2022c, S. 6)

Es ist bereits festgestellt worden (vgl. Kap. 2.1.3), dass eine nachhaltige Überlebensfähigkeit der Unternehmen zwischen Effizienz und Resilienz stattfindet, wobei die Tendenz zu Resilienz überwiegt (vgl. Abbildung 7). Das ausschließliche Vorantreiben der Effizienz macht Organisationen anfälliger (vgl. Lietaer, 2010, S. 93), wohingegen durch gezielte Irritationen im Routinegeschäft und Eingriffe in das Wertschöpfungssystem die Reaktionsfähigkeit trainiert und gefördert werden können, was wiederum die Belastbarkeit für unvorhersehbare Ereignisse stärkt. Um dabei Resilienz zu gewährleisten, werden die Automatisierungstechnik und adaptive Prozesse als wichtigster, wenn nicht sogar entscheidender Wegbereiter angesehen (vgl. Arlinghaus, 2021, S. 18f.). Schwerpunkt der Simulationsstudie ist die Reflexion der

Veränderungsperspektiven und Herausforderungen bei der Einführung von Matrixproduktionssystemen als technologische Transformation sowie die Analyse entsprechender Kennzahlen im Kontext der Methodenschritte *Integration* und *Monitoring* in der Automobilendmontage. Im Fokus steht hier die Beurteilung unterschiedlicher Logistikstrategien anhand definierter Szenarien. Diese Studie gliedert sich im Kontext der Phasen der Unternehmenslogistik daher in den Bereich Inhouse ein (vgl. Abbildung 29). Zur Adressierung der Validierungskriterien (vgl. Tabelle 26) ist ein Simulationsmodell einer Matrixproduktion herangezogen und mithilfe des Softwarewerkzeugs *Anylogic* umgesetzt worden. Damit besteht die Möglichkeit, sukzessive unterschiedliche Ausprägungen an Produktions- und Logistikstrategien im Hinblick auf die Resilienz- und Leistungsfähigkeit des Produktionssystems zu untersuchen. In jeweils zwei durchgeführten Interviews mit Angehörigen deutscher Automobilhersteller (aus den Bereichen der Produktions- und Programmplanung) ist das Prozessmodell diskutiert und validiert worden. Die Ausgangsbasis und Herleitung liegen einer flankierenden Publikation (vgl. Schmidtke et al., 2023) zugrunde. Die Anwendungsdomäne Automotive eignet sich im Zuge dieser technologischen Transformation insbesondere durch die folgenden Eigenschaften. Im Kontext der Matrixproduktion können damit auch Anforderungen an die Gestaltung des Produktionssystems definiert werden:

- Das Prozesssetup und der Einsatz von Technologie bieten Flexibilität in der Prozessdurchführung und im Ablauf der Endmontage. Gleichzeitig ermöglichen diese die Simulation interner und externer Ereignisse, wie Maschinenausfälle oder Lieferengpässe. Dadurch kann ad hoc und flexibel eine Auswahl der Bearbeitungsstationen getroffen werden.
- Für gewöhnlich sind die Kundenauftragsprozesse im Automobilkontext von hoher Individualisierung geprägt. Dem Montageprozess liegen daher unterschiedliche Varianten zugrunde und bilden eine Individualität für einzelne Produkte ab. Es können besondere Ereignisse wie z.B. Produktänderungen oder Priorisierungen abgebildet werden.
- Die Prozess- und Taktzeiten in der automobilen Endmontage sind bekannt und weitgehend standardisiert, insbesondere für gleiche Produktklassen. Diese Zeiten werden so realistisch wie möglich implementiert, sodass Vergleiche mit etablierten Organisationsformen ermöglicht werden können. Im Kontext der Matrixproduktion können sich die Prozesszeiten jedoch aufgrund der Taktunabhängigkeit bei verschiedenen Bearbeitungsstationen stark unterscheiden (vgl. Greschke, 2016, S. 180).

Vorbereitung Simulationsstudie

Der Einstieg in die Simulationsstudie findet sich im vierten Methodenschritt des Integrationsmodells, der *Strategieentwicklung* (vgl. Abbildung 25), aufgrund der vorrangig priorisierten Auseinandersetzung mit dem Thema Matrixproduktion. Diese erfolgt im unternehmerischen Kontext anhand der Analyse der Anforderungen und Einflüsse von unterschiedlichen Logistikstrategien zur Steigerung der Resilienzfähigkeit des matrix-strukturierten Produktionssystems und im methodischen Kontext des Integrationsmodells im Zuge einer Umsetzungsplanung (*Integration*) und Kennzahlenanalyse (*Monitoring*) mit dem Fokus auf die Auslegung von resilienten Prozessstrukturen in derartigen Produktionssystemen. In Tabelle 33 findet sich am

Beispiel der Simulationsstudie des Automobilherstellers das Geschäftsmodell sowie die Veränderungsperspektiven durch die Erweiterung der Produktionsstätten in matrix-organisierter Form und den dazugehörigen technologischen Facetten (z.B. autonome Fahrzeuge, kollaborative Fertigungsplattformen, digitale Prozesszwillinge) im *Resilienz Canvas*. An dieser Stelle offeriert das Integrationsmodell die Veranschaulichung von Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell, die durch entsprechende Technologiekombinationen auftreten. Der Fokus wird auf die Prozessorientierung (Schlüsselfähigkeiten, Schlüsselressourcen, Schlüsselpartner) gelegt, da in diesen Segmenten vor allem die internen Ressourcen, die horizontale und vertikale Integration als auch die Interoperabilität von Technologien adressiert wird (vgl. Kap. 3.5.1). Eine monetäre Bewertung (Finanzorientierung) und eine auf externe Aspekte (Markt- und Kundenorientierung) ausgerichtete Beurteilung werden hier exkludiert.

Tabelle 33: Resilienz Canvas – Digital erweitertes Geschäftsmodell am Beispiel der Simulationsstudie des Automobilherstellers

Segmente	Geschäftsmodell (Status Quo)	Digital erweitertes Geschäftsmodell / Veränderungsperspektiven durch Matrixproduktion
Prozessorientierung - Resilienzorientierte Organisation und Kompetenzbesetzung	Schlüsselfähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> • Automobilherstellung • Mobilitätslösungen • Forschung und Entwicklung • Marketing, Vertrieb, Markenmanagement • Supply Chain Management • Nachhaltigkeitsinitiativen • Kundenservice und -betreuung • Qualitätskontrolle • Finanzdienstleistungen • Talentakquise und Ausbildung • Marktanalyse und -prognose 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible Fertigungstechnologien • Schnellere Time to Market • Verbessertes Lieferkettenmanagement (IoT-basiert) • Datengetriebene Produktionssteuerung • Erweiterung der FuE-Bereiche • Schnellere Produktinnovationen und Prototypenentwicklung • Vernetzte Plattform für Kundenintegration
	Schlüsselressourcen <ul style="list-style-type: none"> • Markenreputation • Finanzielle Ressourcen • Produktionsstätten • FuE-Einrichtungen • qualifizierte Arbeitskräfte • Globales Netz der Lieferkette • Starkes Händlernetz • Vielzahl an strategischen Partnerschaften • IP und Patente • Technologieplattformen 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible, multifunktionale Produktionsstätten • Ausweitung Technologieplattformen (autonome Betriebsmittel) • Redundante Materialbereitstellungs- und Lieferketten • Dezentrale Nutzung von Ressourcen • Integration von digitalen Zwillingen zur Entwicklungsbeschleunigung
	Schlüsselpartner <ul style="list-style-type: none"> • Lieferanten (Rohstoffe, Komponenten) • Distributoren (Vertriebspartner, Einzelhändler, Autohäuser) • Technologiepartner, IT-Dienstleister, Datenanalyseunternehmen • Finanzierungsdienstleister • Ko-Marken 	<ul style="list-style-type: none"> • Dynamisierung von Lieferketten (z.B. KI-gestütztes Routing und Automatisierung) • Stärkere Integration von Technologiepartnern (DT, Echtzeit-Simulation) • Stärke Kooperation mit Ko-Marken zur gemeinsamen Nutzung von Produktionskapazitäten durch vernetzte Produktionsplattformen • Per-pay-Use-Modelle für Produktionsnutzung

Die Resilienzbewertung in der Matrixproduktion erfordert eine systematische Operationalisierung von Kennzahlen und Prozessen, die angelehnt an den Phasen Vorbereitung, Adaption, Regeneration, Lernen und Verbesserung (vgl. Abbildung 23) strukturiert werden. In diesem Rahmen sind die Definition von Anforderungen und Maßnahmen erforderlich, um eine effektive

Überwachung und Steuerung der resilienzfördernden Faktoren zu gewährleisten. So z.B. umfasst die Vorbereitung die Definition von Prozesszeiten und die Etablierung von Zielvorgaben, etwa maximale Wartezeiten an Bearbeitungsstationen. Adaption fokussiert auf die Flexibilität der Ressourcenanpassung, z.B. bei Maschinenausfällen, während die Regeneration die Wiederherstellung robuster Prozesse und reduzierter Ausfallraten zum Ziel hat. Diese Phasen werden durch kontinuierliches Lernen gestützt, was die Analyse von Abweichungen und Engpässen innerhalb eines definierten Zeitraums beinhaltet. Abschließend sorgt die Verbesserung durch optimierte Prozesszeiten und alternative Produktionsrouten für eine nachhaltige Steigerung der Resilienzfähigkeit. An dieser Schnittstelle agieren die operativen Teams, die die Verantwortung für die Überwachung und Steuerung spezifischer Indikatoren übernehmen, gemeinsam mit dem Management, welches für die Implementierung strategischer Rahmenbedingungen verantwortlich ist. Dazu zählt z.B. die Entwicklung flexibler Kooperationsmodelle (Aufbau redundanter Bearbeitungsstationen) und alternativer Lieferoptionen (unter Sicherstellung definierter Qualitätsstandards). Tabelle 34 führt diese Aspekte in Form des *Resilienz Boards* zusammen.

Tabelle 34: Resilienz Board – Integration resilienzorientierter Operationalisierungsgrößen am Beispiel der Simulationsstudie des Automobilherstellers (Matrixproduktion)

Segment	Resilienzorientierte Geschäftsmodellausrichtung (Operationalisierung)		Anforderungen & Monitoring resilienzfördernder Kennzahlen (Definition von Ziel- und Grenzwerten)
	KPI, ESG	KRI, RI	
Schlüsselfähigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> Durchlaufzeit (gesamt, durchschnittliche Durchlaufzeit je Variante Basis, Performance, Premium) minimale und maximale Prozesszeiten (gesamt, durchschnittliche Prozesszeiten an den verschiedenen Bearbeitungsstationen) Warte- und Pufferzeiten 	<ul style="list-style-type: none"> Variabilität der Prozesszeiten (Auflösung Taktzeiten, Taktunabhängigkeit im Gesamtsystem) Agilität bei Maschinenausfällen und Priorisierungen (durchschnittliche Zeit zur Veränderung) Ausfallraten von Prozessen 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Definierte Prozesszeiten je Variante und Bearbeitungsstation (z.B. max. Wartezeit pro Station < 10%) Adaption: Flexibilität bei Maschinenausfällen (durchschnittliche Zeit zur Priorisierung neuer Abläufe) Regeneration: Erhöhung Anteil robuster Prozesszeiten Lernen: Analysezeitraum max. 1 Woche zur Ableitung von Steuerungsmaßnahmen Verbesserung: Identifizierte alternative Produktionsrouten bei gleichzeitiger Optimierung der durchschnittlichen Prozesszeiten um 2-3%
Schlüsselressourcen	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der im System befindlichen Aufträge (WIP) Anzahl der im System befindlichen Betriebsmittel (AGV) Anzahl der Bearbeitungsstationen Lager- und Pufferkapazitäten Lieferfrequenzen 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl redundanter Bearbeitungsstationen Flexibilisierung des AGV-Einsatzes (Produkt-, Materialbereitstellung) Ausfallraten kritischer Bearbeitungsstationen 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Definierte Anzahl Bearbeitungsstationen, Betriebsmittel, Lager- und Pufferkapazität Adaption: Erhöhung der Flexibilität in der Ressourcennutzung und Anpassung der Ressourcenzuteilung bei schwankenden Aufträgen Regeneration: Reduktion Ausfallraten kritischer Ressourcen Lernen: Analysezeitraum max. 1 Woche zur Identifikation von Engpassmustern Verbesserung: Erfolgte Tests und Umsetzung weiterer Kooperationsmodelle (der Stationen, der AGV) unter definierten Zielvorgaben
Schlüsselpartner	<ul style="list-style-type: none"> Lieferantenbewertung Partnerzufriedenheit Anzahl gemeinsamer Produkte, 	<ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit von einzelnen Technologiepartnern 	<ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung: Definierte Qualitätsstandards der Lieferanten und Partner Adaption: Umstellung auf alternative Lieferanten innerhalb von 24h

	Innovationen, Projekte	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl von Vorkommnissen im Zeitverlauf • Flexibilität der Lieferzeiten (JIT-Schwankungen) • Flexibilität der Kooperationsstrukturen und Produktionskapazitäten 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Regeneration</u>: Wiederherstellung der vollen Lieferfähigkeit innerhalb von 3 Tagen • <u>Lernen</u>: Analysezeitraum max. 1 Woche und Lösung von mind. 80% der Lieferprobleme • <u>Verbesserung</u>: Sicherstellung alternativer Lieferoptionen, mind. 2
--	------------------------	---	--

Modell- und Szenarienbeschreibung

Als Grundlage zur Modellierung sind die konventionellen Prozesse der Automobilendmontage sowie Informationen über den Aufbau von Automobilen herangezogen worden (vgl. Kropik, 2021, S. 14-32, 51ff.; Klug, 2018, S. 12ff., 53-68, 422ff.; Pischinger & Seiffert, 2016, S. 575ff.). Die umgesetzte Systemstruktur in Form einer matrix-strukturierten Produktionsorganisation basiert auf der abgeleiteten Prozessstruktur in Greschke (2016, S. 218) und Schmidtke et al. (2023, S. 1461) und orientiert sich an einer idealtypischen Greenfield-Planung, d.h. ohne bauliche Vorgaben für ein vorgegebenes Layout bzw. Raster aus Sicht der Experten. Im Ergebnis ist mit der Software *AnyLogic* ein 4x4 Raster mit redundanten Bearbeitungsstationen, d.h. mehreren gleichartigen Stationen, umgesetzt worden. Dabei sind arbeitsintensive Bearbeitungsstationen (vergleichsweise lange Prozesszeiten, viele Teilprozesse, verteilte Prozesszeiten, d.h. Auflösung von Taktzeiten) in zweifacher Ausführung, flexible Stationen zentral und optionale Stationen (zur Variantenfertigung) eher am Strukturrand platziert worden. An dieser Stelle sind auch praxisnahe Handhabungen wie das Outsourcing und die Modularisierung in der Endmontage berücksichtigt. Die Module werden in vorgelagerten Vormontagen gefertigt und bereitgestellt, an den Produktionszellen selber findet der Einbau entsprechender Module statt. Jede Bearbeitungsstation hat dabei eine Prozesskapazität von einem Auftrag, d.h. einer Karosserie inkl. einem Flussobjekt (AGV), welche über den gesamten Wertschöpfungsprozess miteinander gekoppelt sind. Darüber hinaus verfügt jede Station über einen definierten Eingangs- und Ausgangspuffer, als Wartebereich für die Aufträge bis zum nächsten Prozessschritt in der Zielstation. Grundsätzlich werden im Modell die Produktflüsse ($n = \text{Anzahl der im System befindlichen Aufträge, WIP}$) und Materialflüsse ($n = \text{Anzahl der im System befindlichen Flussobjekte zur Materialbelieferung}$) differenziert und damit die Ortsveränderungen mit unterschiedlichen Betriebsmitteln realisiert. Das Material zur Montage lagert in einem zentralen Supermarkt, wobei die Annahme getroffen wird, dass stets ausreichend Material zur Verfügung steht, da der Fokus hier auf der innerbetrieblichen Versorgung liegt. Im Modell sind insgesamt drei unterschiedliche Produktvarianten definiert, um durch die Integration von Zusatzmodulen und der Konsolidierung und Erweiterung von Prozessschritten an den Bearbeitungsstationen eine Variantenvielfalt abzubilden. Abbildung 32 veranschaulicht die umgesetzte Systemstruktur in Anlehnung an das zugrundeliegende Prozessmodell in Abbildung 47 in Anhang F.

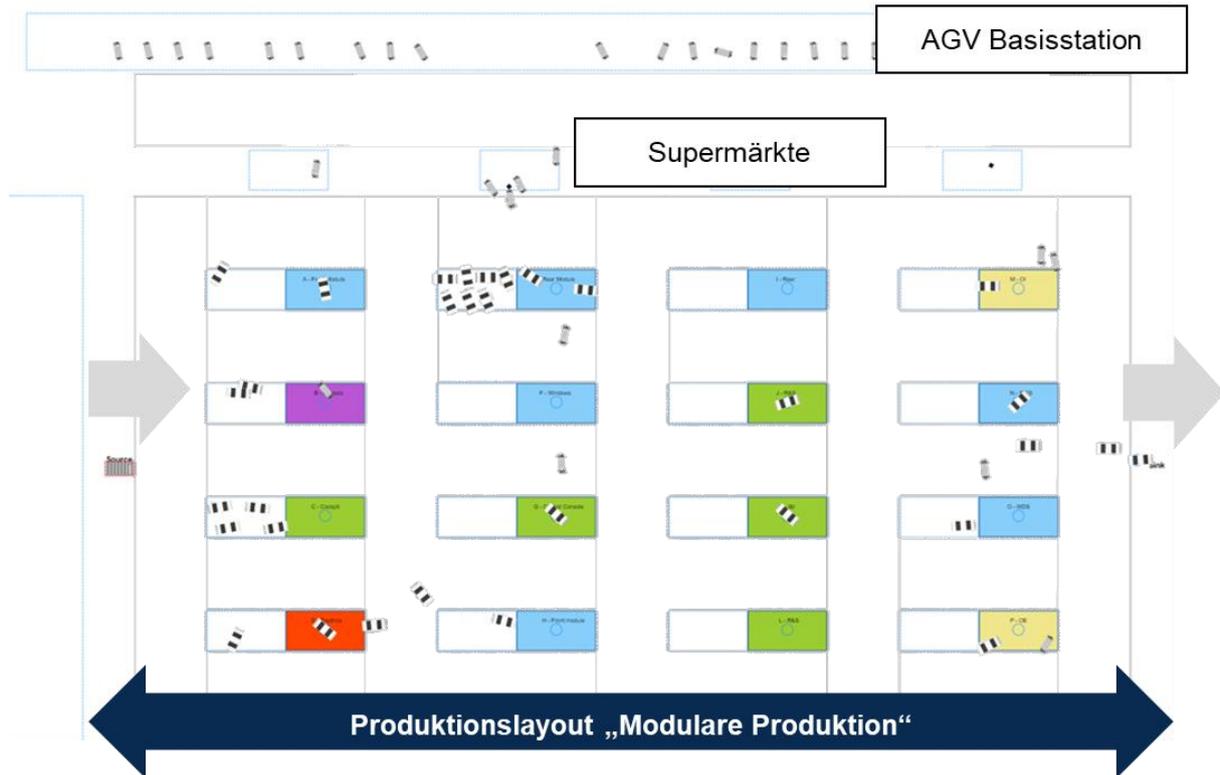


Abbildung 32: Implementierung einer Matrix-Produktionssystemstruktur (erstellt mit „AnyLogic“)

Mit dem Untersuchungsfokus auf Herausforderungen und Wirkungsweisen von unterschiedlichen Logistikstrategien, die einen möglichst hohen Beitrag zur Auslegung resilienter Prozesse in der Matrixproduktion leisten, sind im Simulationsmodell mit der fundierten Datenbasis folgende Logistikstrategien umgesetzt: Die Direktbelieferung (direkte Lieferung der benötigten Materialmenge an die jeweilige Arbeitsstation), die Warenkorblieferung (Vorkommissionierung der zu erwartenden nächsten (drei) Arbeitsstationen) und das Kanban-Konzept für kleinvolumige Teile (z.B. Kabelbäume, Station Elektronik). Der Materialfluss wird dabei nach dem „Pull-Prinzip“ gesteuert werden, indem selbststeuernde Regelkreise integriert sind, die die kontinuierliche Materialversorgung gewährleisten und sich stets am Verbrauch in der Wertschöpfungskette orientieren. Die Anpassung der Berechnungs- und Zuteilungsalgorithmen (Auftragszuteilung) erfolgt dabei zum spätmöglichen Zeitpunkt. Wesentliche Informationen zur Parametrisierung des Simulationsmodells, d.h. entsprechende Detailparameter zur Modellkonfiguration und Annahmen sowie das zugrundeliegende Prozessmodell, sind Anhang F zu entnehmen. Zur Untersuchung der Resilienzfähigkeit der Logistikstrategien werden jeweils vier Szenarien unterschieden:

- Szenario 1 (S1): Bildet das notwendige *Referenzszenario* ab, bei dem das Montagesystem ohne Störfälle oder besondere Ereignisse in der Matrixstruktur operiert. Dieses hat den Zweck, zum einen Referenzwerte für die Evaluation des Modells zu schaffen und zum anderen als Validierungsgröße für die idealtypischen Prozesszeiten in der Automobilindustrie herangezogen zu werden.
- Szenario 2 (S2): Stellt einen Untersuchungsfall als *Stationsausfall ohne Rerouting* dar, bei dem es während der Produktion zu zufällig simulierten Stationsausfällen kommt. In diesem

Szenario agieren die betreffenden Aufträge nicht, bis die Störung an der Bearbeitungsstation behoben ist. Es wird angenommen, dass es zu einem Stau an der betroffenen Bearbeitungsstation kommt, sodass sich die durchschnittlichen Bearbeitungszeiten deutlich verlängern und die Stationspräferenz in der Prozesskette sinkt. Dieses Event untersucht Einschränkungen (Verlängerung des Prozessdauer durch entsprechende Wartungs- und Rüstprozesse) eines starren Fertigungssystems im Rahmen der Resilienzuntersuchung.

- Szenario 3 (S3): Erweitert das vorherige Szenario im Sinne des Agierens als *Stationsausfall mit Rerouting*. Aufträge werden umgeleitet, die in unmittelbarem nachgelagertem Schritt die Station mit Störungsvorfall vermeiden sollen. An der Störungsquelle selbst wird bis zu einem definierten Zeitpunkt gewartet, ob die Station kurzfristig einsatzfähig wird (kurze Störung). Wird eine längere Störung vorausgesagt, werden die Aufträge, die bereits an der Ausfallstation stehen, umgeleitet, sodass das System eine agierende Komponente hinsichtlich der Antizipation von Störereignissen erhält. Im Vergleich zu Szenario 2 wird gezeigt, welche Einflüsse das Konzept der Matrixproduktion in Bezug auf den Zyklus von Adaption und Regeneration hat.
- Szenario 4 (S4): Es wird ein *Priorisierungsauftrag* im Sinne eines Eilauftrags bzw. Nachfrageänderung platziert. Ein Auftrag mit Priorisierungscharakter (Prio A) wird in das System eingespeist, sodass eine Aktion des Systems im Sinne der Adaptivität und erforderlichen Anpassungen ausgeführt werden muss. Es soll untersucht werden, inwieweit priorisierte Aufträge das Gesamtsystem im Hinblick auf die Resilienzfähigkeit sowie auf individuelle Leistungskennzahlen einzelner Aufträge (Durchlaufzeit, Wartezeiten, etc.) im Vergleich zu den vorherigen Szenarien beeinflussen.

Abbildung 33 stellt diese Zusammenhänge nach methodischer Herleitung in Abbildung 23 zur Bewertung der Resilienzfähigkeit in verschiedenen Phasen am Beispiel der Szenarien dar.

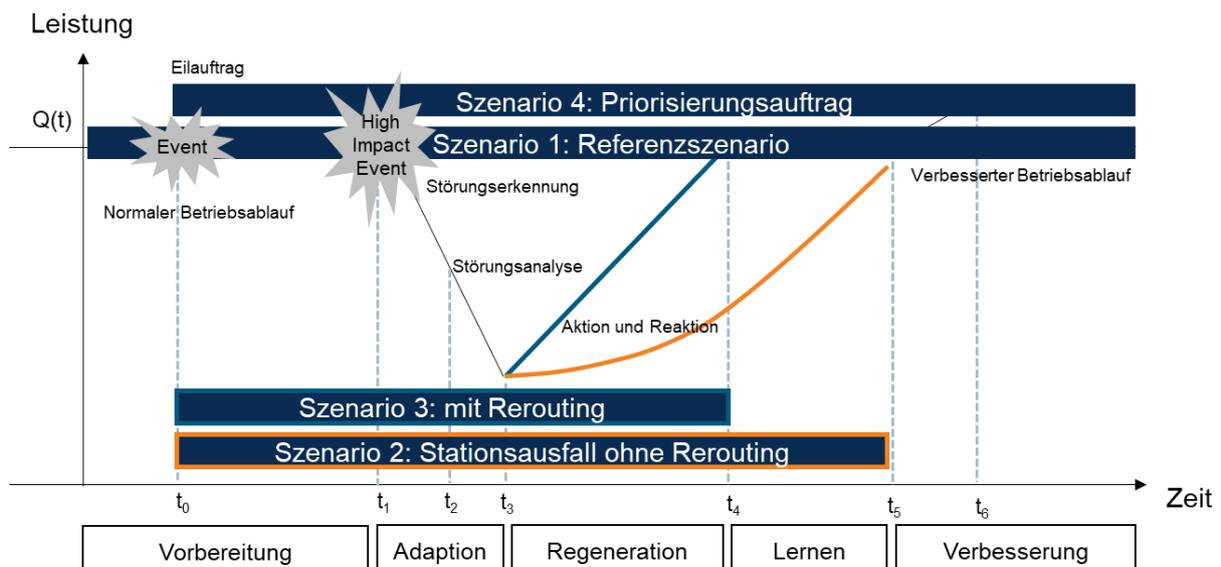


Abbildung 33: Beziehung zwischen den umgesetzten Szenarien und den Resilienzphasen

Ergebnisinterpretation und Zwischenfazit

Im folgenden Abschnitt wird eine Interpretation an ausgewählten Simulationsergebnissen durchgeführt und in den Kontext zur Bewertung der Resilienzeigenschaften von matrix-strukturierten Produktionssystemen gestellt. Die folgende Abbildung 34 zeigt eine Gegenüberstellung der Szenarien im zeitlichen Verlauf, als Gesamtsumme der Fertigungs- und Logistikzeiten. Im Kontext der Schlüsselfähigkeiten (vgl. Tabelle 34) ist die Durchlaufzeit (Gesamt, Variabilität der Prozesszeiten, durchschnittliche Zeiten zur Veränderung bei Maschinenausfällen und Priorisierungsaufträgen) als zentrale Bezugsgröße für die Modellschritte *Integration* und *Monitoring* identifiziert worden (vgl. Greschke, 2016, S. 276). Im Vergleich wird zum einen ein theoretischer Benchmark aufgegriffen, der ohne Einschränkungen und Wartezeiten durch das System laufen kann. Zum anderen wird die durchschnittliche Durchlaufzeit der Flussobjekte (Aufträge im System, WIP) in S2 und S3 mit Stationsausfällen ausgegeben, in S3 werden die Flussobjekte zusätzlich nach einer definierten Ausfallzeit umgeleitet. S4 zeigt einen priorisierten Auftrag im System, der direkt zu den verfügbaren Stationen geleitet wird, aber dennoch vor den bereits belegten Stationen warten muss. Darüber hinaus müssen auftretende Stationsausfälle abgearbeitet werden. Die durch S4 erzielten Vorteile, d.h. eine schnellere Bearbeitung priorisierter Aufträge ohne wesentliche Auswirkungen auf andere Prozesse, verdeutlichen, wie gezielte Eingriffe eine resilienzstärkende Steuerung ermöglichen können. Dies steht im Einklang mit der Auslegung der Resilienzphasen, die auf kontinuierlichem Lernen und verbesserten Betriebsabläufen abzielen (vgl. Abbildung 33). Die untersuchten Logistikstrategien haben sich als wirksam erwiesen, indem die Robustheit des matrix-strukturierten Systems gewährleistet wird und Störungen mit einer weitgehend kontinuierlichen Entwicklung kompensieren werden. Es ist abzuleiten, dass mit steigender Anzahl an Aufträgen im System auch eine deutliche Steigerung der Durchlaufzeit verzeichnet wird, ebenfalls verifiziert in Greschke (2016, S. 298, 316). Eine Verhältnismäßigkeit von 2:1 in Bezug auf vorhandene Arbeitsstationen und Flussobjekte sollte nicht überschritten werden.

Weiterhin zeigen die Simulationsergebnisse, dass S2 und S3 in der Variabilität der Prozesszeiten auffällig nahe beieinander liegen (± 20 Zeiteinheiten), obwohl S3 ein zusätzliches Re-routing nach Stationsausfällen beinhaltet. Aus resilienzorientierter Sicht ergibt sich die Erkenntnis, die Umleitungsmaßnahmen durch dynamischere und vor allem antizipative Steuerungsmechanismen, wie z.B. KI-gestützten Algorithmen, zu erweitern, um alternative Pfade in Echtzeit zu priorisieren und effektiver zu nutzen. Insgesamt kann dieser Umstand allerdings auch auf unzureichende Kapazitäten der alternativen Pfade in der aktuellen Modellgestaltung hinweisen. Derartige Erkenntnisse erweitern jedoch das resilienzorientierte Management, um das Thema redundante und robuste Strukturen stärker zu beleuchten und ein tiefergehendes Monitoring zu implementieren (vgl. Tabelle 34), welches neben den zeitlichen Aspekten auch die Ressourcennutzung und Engpassanalysen im operativen Betrieb umfasst.

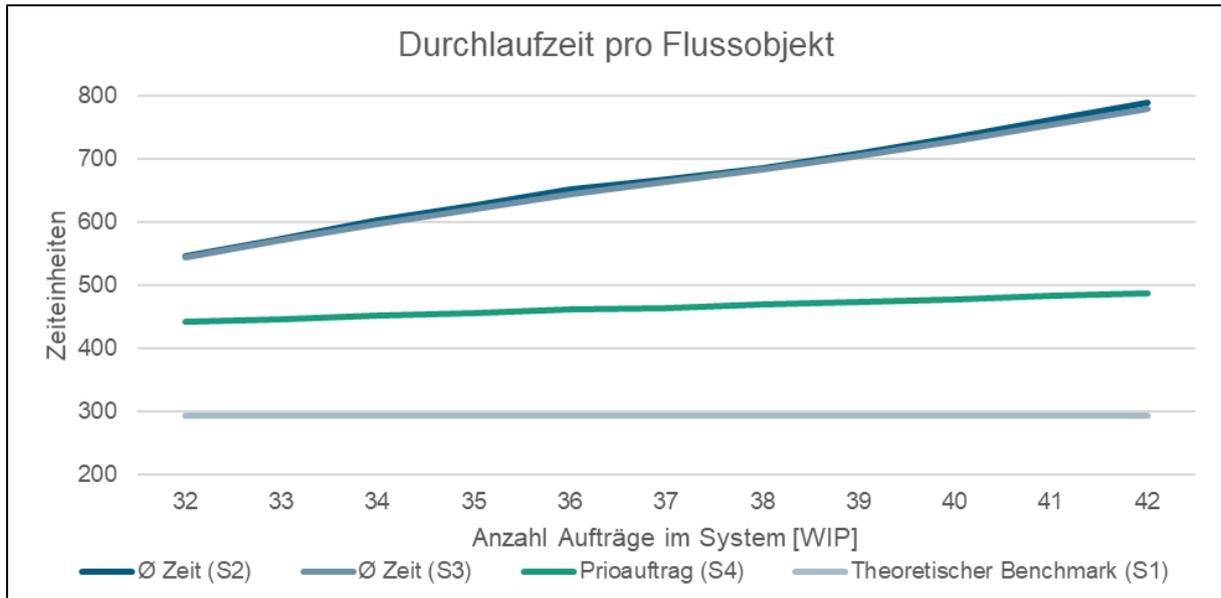


Abbildung 34: Gegenüberstellung der Durchlaufzeiten je Simulationsszenario

Im Hinblick auf die Schlüsselressourcen (vgl. Tabelle 34) stehen die Anzahl der im System befindlichen Aufträge, Bearbeitungsstationen und Betriebsmittel im Fokus. In Bezug auf den Auslastungsgrad der Bearbeitungsmaschinen zeigt sich für alle Szenarien trotz unterschiedlichem Systemverhalten ein recht ähnlicher Auslastungsgrad. Im Vorfeld war anzunehmen, dass die durchschnittliche Maschinenauslastung deutlich höher ausfällt, jedoch konnten Filz et al. (2019, S. 1008) mit vergleichbaren Simulationen ebenfalls nur eine eher geringe Auslastung des Produktionssystems (zwischen 44-54%) erzielen. Es liegt nah, dass die Bearbeitungsstationen trotz verschiedener Strategien zur Systemsteuerung, dem Rerouting in S3 oder der Priorisierung in S4, nicht optimal genutzt werden und die Gesamtauslastung somit nur moderat gesteigert werden kann.

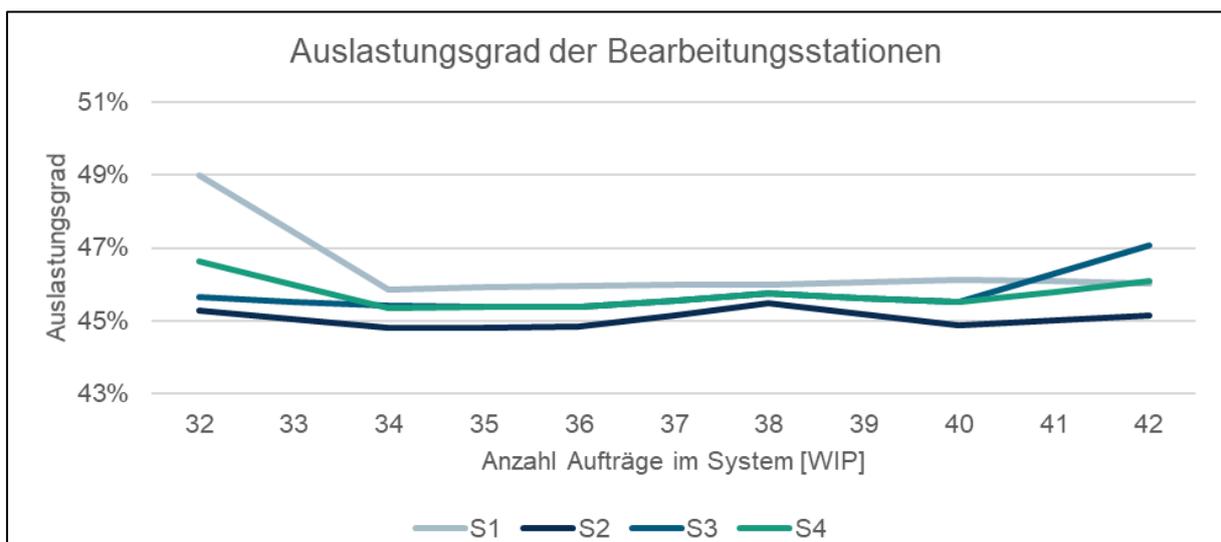


Abbildung 35: Gegenüberstellung des Auslastungsgrads der Bearbeitungsstationen je Simulationsszenario

Im Kontext des Resilienzmanagements ist der Auslastungsgrad eine zentrale Eigenschaft, da dieser direkt die Robustheit und Flexibilität des Produktionssystems widerspiegelt. Eine moderate Auslastung eröffnet die Möglichkeit, ungenutzte Kapazitäten gezielt für die Verbesserung der Systemleistung und -widerstandsfähigkeit zu nutzen. Gleichzeitig wurde durch die Analyse der Lastenverteilung an redundant geplanten Bearbeitungsstationen (Heckmodul, Frontmodul) deutlich, dass das Ausbalancieren von Pufferkapazitäten und Wartezeiten zentrale Stellhebel zur Steigerung der Auslastung, gleichermaßen im Kontext der Effizienz von Bearbeitungsstationen und der Anpassungsfähigkeit des Gesamtsystems, sein können. Im Hinblick auf das *Resilienz Board* und die definierten Resilienzphasen (vgl. Tabelle 34) erweist sich die Vorbereitungsphase als essentiell, da diese Prozesszeiten für jede Bearbeitungsstation und Variante ausgibt. Durch die Festlegung maximaler Wartezeiten wird das aktive Rerouting vorgenommen, sodass ein kontinuierlicher Produktionsablauf aufrechterhalten werden kann. In der Adaptionphase sind bei simulierten Maschinenausfällen Reorganisationen vorgenommen worden, wenn Wartezeiten (vgl. Tabelle 34) überschritten worden bzw. wenn sich bereits Wartschlangen vor Bearbeitungsstationen gebildet haben. Damit ist die Ansteuerung alternativer Bearbeitungsstation umgesetzt worden, um flexibel Produktionsflüsse und Durchlaufzeiten zu optimieren. Die Regenerationsphase bildet dann die Wiederherstellung des Normalbetriebs nach einer Störung ab, welche in der Simulationsstudie stochastisch in definierten Grenzwerten simuliert wurde. In der praktischen Auswertung schafft dies die Möglichkeit, Einsatzhäufigkeiten redundanter Ressourcen (Bearbeitungsstationen, AGV, alternative Produktionsrouten) zu bewerten und als Verbesserungspotentiale in Neuausrichtungen einzubringen. In der Detailanalyse, insbesondere aufgrund eines verhältnismäßig kleinen Auslastungsgrad der optionalen Bearbeitungsstationen (vgl. Anhang F), werden weiterhin Optimierungspotentiale hinsichtlich der Ressourcenallokation und Prozesssteuerung sichtbar. Dies bietet die Option, die Flexibilität des Systems zu stärken und gleichzeitig eine höhere Robustheit im Betrieb zu gewährleisten. Durch eine ausgewogene Balance zwischen Auslastung und Flexibilität können Produktionssysteme damit robuster gegenüber kurzfristigen Schwankungen und Störungen werden.

Im Hinblick auf die Logistikstrategien ist in Abbildung 36 die durchschnittliche Auslastung der AGV für den Materialtransport für die unterschiedlichen Szenarien differenziert worden. Die Auslastungswerte beinhalten Prozess-, Transport- und Wartezeiten, wobei die Wartezeiten etwa 20% ausmachen und somit ein Optimierungspotential (vgl. Tabelle 34) bieten. Die Größenordnung ist auf die simulierten Stationsausfälle und die damit verbundenen Rerouting-Prozesse zurückzuführen, die zusätzliche Materialtransporte erforderlich machen. Leerfahrten und Wartezeiten ohne Aufträge sind dabei ausgeschlossen. Ein Vergleich der Logistikstrategien zeigt, dass die direkte Belieferung und Kanban unterschiedlich auf Stationsausfälle reagieren. In Szenario S3 führt die direkte Belieferung zu einer höheren Betriebsmittelauslastung, da ad hoc Materialtransporte erforderlich werden, um Bearbeitungsstationen zu versorgen. Dies führt zu längeren Logistikwegen und einer höheren Belastung der AGV. Die Kanban-Strategie hingegen zeigt sich flexibler, da diese mit weniger Materialtransporten auskommt und dadurch die Logistikwege optimiert. In Summe ergeben sich hierdurch geringere Auslastungswerte, die Potentiale in der mengenmäßigen Auslegung der Betriebsmittel offenlegen.

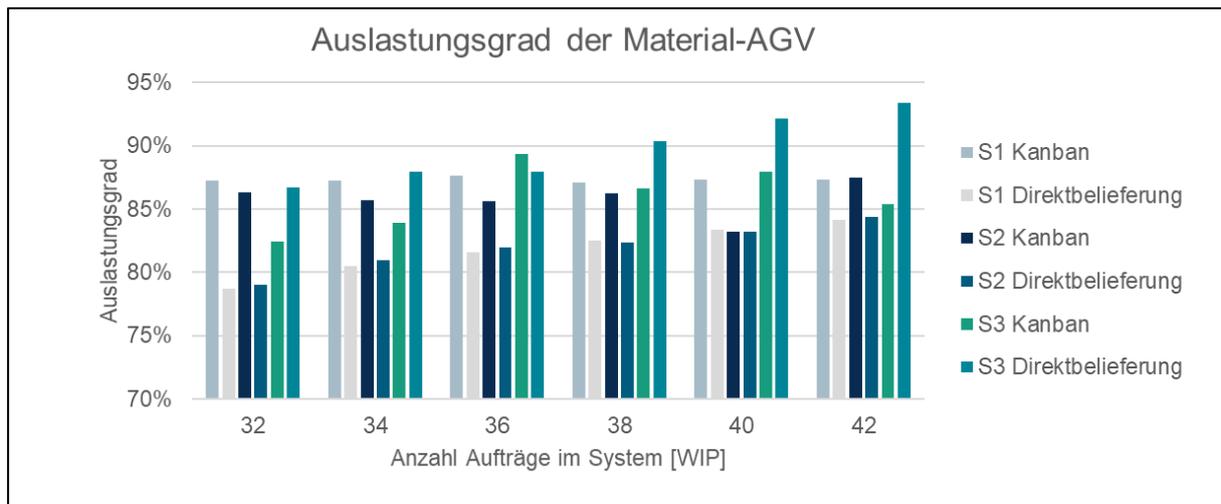


Abbildung 36: Gegenüberstellung des Auslastungsgrads der materialliefernden AGV je Simulationsszenario

Die Auswertungen zeigen, dass die resiliente Gestaltung eines Matrixproduktion-Systems eine Balance zwischen Robustheit und Flexibilität erfordert. Die Analyse des Auslastungsgrades der Bearbeitungsstationen und der AGV zeigt, dass ungleichmäßige Lastenverteilung sowie hohe Wartezeiten und Pufferkapazitäten zu Engpässen führen, die die Systemleistung beeinträchtigen. Gleichzeitig bieten Rerouting-Prozesse und die gezielte Steuerung von Materialflüssen durch flexible Logistikstrategien Potentiale zur Resilienzsteigerung. Während die direkte Belieferung durch höhere Auslastungen und längere Transportwege auf unerwartete Störungen reagiert, zeigt die Kanban-Strategie eine effizientere Nutzung der Betriebsmittel, da Transporte reduziert werden. Für das Resilienzmanagement bedeutet dies, dass durch Integration und kontinuierliches Monitoring Engpässe frühzeitig erkannt und Ressourcen dynamisch angepasst werden können. Echtzeitanalysen, intelligente Steuerungsmechanismen und die Kombination redundanter Strukturen mit flexiblen Logistikstrategien bilden somit die Grundlage für eine robuste und anpassungsfähige Produktionsumgebung. Dies ist dann vor allem Aufgabe der operativen Handlungsebene (vgl. Tabelle 34).

Im Zwischenfazit der Simulationsstudie und vor dem Hintergrund der Reflektion des *Resilienz Boards* (vgl. Tabelle 34) wird festgehalten, dass die gestiegenen Anforderungen zur Antizipationsfähigkeit, als Zeitvorteil zur Umsetzung einer Neugestaltung oder eines Rerouting, sowie die schnelle Regenerationsfähigkeit und das Lernen für die Bewältigung und zum Teil zur Verhinderung etwaiger Störfälle in den Fokus weiterer Experimente rücken. Im aktuellen Simulationsaufbau lässt die Anzahl der Betriebsmittel (nach resilienten Gesichtspunkten in ausreichender Anzahl geplant) sowie das gewählte Layout (4x4 Raster) weitere Optimierungspotentiale zu. In Mohr et al. (2023, S. 1978f.) werden diese Erkenntnisse in die Gestaltung von Matrixproduktion-Systemen unter Zusammenführung der technologischen Möglichkeiten einer Industrie 4.0 (insbesondere cyber-physische Systeme) und der damit verbundenen Anforderungen an die Fabrik- und Layoutplanung übertragen.

Im Kontext der Materialbereitstellung wird festgehalten, dass diese maßgeblich über die Prozessgestaltung, die Informationsflüsse, das Datenmanagement und die Logistikstruktur

bestimmt wird. Als grundlegende Herausforderung ist identifiziert, dass durch die steigenden Freiheitsgrade in der Steuerung das zeit-, orts- und mengenmäßige Zusammenbringen von Bedarf und Material erschwert wird. Dies kann als ein wesentlicher Vorteil der Matrixproduktion im Hinblick auf die Resilienzeigenschaft Flexibilität ausgegeben werden, da keine feste Auftragsreihenfolgen und frühzeitigen Planungen der Ressourcen mit definierten Materialbedarfen gegeben sind. Diese ergeben sich vielmehr während des (Simulations-) Betriebs. Der Expertenkreis der Plattform I4.0 (2022c, S. 17) adressiert diesen Aspekt auch durch die eine entsprechende Gestaltung des Bereitstellungssystems, flexible Bereitstellungsprozesse und -elemente, d.h. einzelne Elemente müssen sich kurzzyklisch anpassen und sich an die neuen Bedingungen im System ausrichten, so dass die Prozesse auf Materialebene neu definiert oder Bereitstellungsflächen adaptiv angepasst werden können. In einem autonomen System geht die Entscheidungskompetenz dabei vom Planer auf das Steuerungssystem über (vgl. Plattform I4.0, 2022c, S. 17). An dieser Stelle braucht es in Fortführung des vorliegenden Modells weitere Modifikationen im Sinne von simulationsgestützter KI. Konkret soll die selbstlernende Auftragssteuerung via *Reinforcement Learning-Methoden*, einem belohnungsorientierten Algorithmus anhand festgelegter Zielgrößen (vgl. Lang, 2023, S. 46), d.h. in optimaler Balance zwischen Resilienz und Effizienz, erweitert werden, sodass die eigenständigen Agenten erfolgreiche Strategien zur Materialbereitstellung erlernen.

4.2 Vom Anwendungsfall zur praktischen Umsetzung

In Reflektion zur vorangestellten Untersuchung der verschiedenen Anwendungsfälle kann an dieser Stelle bereits konstatiert werden, dass ausführliche und umfassende Untersuchungen von Technologieintegrationen essentiell sind. Hierzu unterstützt das Integrationsmodell vor allem im Methodenschritt *Strategieentwicklung* (vgl. Kap. 3.5, *Resilienz Canvas*, Technologiestrategien und -reifen). Obwohl nur ein kleiner Ausschnitt an Technologien untersucht worden ist, ist festgestellt worden, dass die Dynamik von Technologieintegrationen keinen linearen Übernahmestufen folgt. Gerade in Zeiten der digitalen Transformationsbemühungen von Unternehmen und einer Vielzahl von Technologieanbietern im Marktumfeld werden führende Unternehmen dazu veranlasst, die Wirkungsweisen von Technologielösungen im eigenen Geschäftsmodell zu erproben, mit individuellen Zieldefinitionen im Kontext Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit, und das noch lange bevor ein realer Business Case (im Sinne einer technischen Implementierbarkeit und Wirtschaftlichkeitsanalyse) entstanden ist. Maghazei et al. (2022, S. 560, 577) erlangen im Kontext ihrer Forschungsarbeit mit dem Fokus auf die Integration von Drohnentechnologien und -anwendungen die Erkenntnis, dass eine derartige Entwicklung für andere Industrie 4.0-Technologien (wie z.B. Additive Fertigung, Blockchain oder Cobots) ebenso gilt, sodass der ursprüngliche Anwendungsbereich noch weit vom flächendeckenden Produktiveinsatz in Fabriken entfernt ist. Insbesondere die Simulationsstudie untersucht einen disruptiven Gestaltungsansatz zur resilienteren Ausrichtung eines Produktionssystems und schafft wertvolle Analyseergebnisse, die die strategische Entscheidungsfindung zur Umsetzung und Dimensionierung unterstützen können. Die erfolgreiche Einführung hängt von einer angemessenen Passung zwischen einer spezifischen Technologie und strategischen, wirtschaftlichen und im Kontext dieser Arbeit resilienzfördernden Faktoren ab.

Abbildung 37 illustriert das Modell zur Technologieeinführung, welches nach der Logik eines Anwendungsfalls im Unternehmen strukturiert ist. Es zeigt den Prozess in drei aufeinander folgenden Phasen, die die Dynamik von Technologieintegrationen verdeutlichen. Zu Beginn einer jeden Auseinandersetzung steht wie in Kapitel 3.5.3 bereits dargestellt die Beurteilung der Technologiereife, im Fokus für die Branche und das eigene Unternehmen (vgl. Tabelle 22). Es folgen die Phasen der Identifikation von Anwendungsfällen, der Pilotierung der Anwendungsfälle und der Skalierung der Anwendungsfälle. Jeder Schritt wird durch spezifische Entscheidungskriterien begleitet, die darüber entscheiden, ob der Prozess fortgesetzt wird oder gestoppt werden sollte.

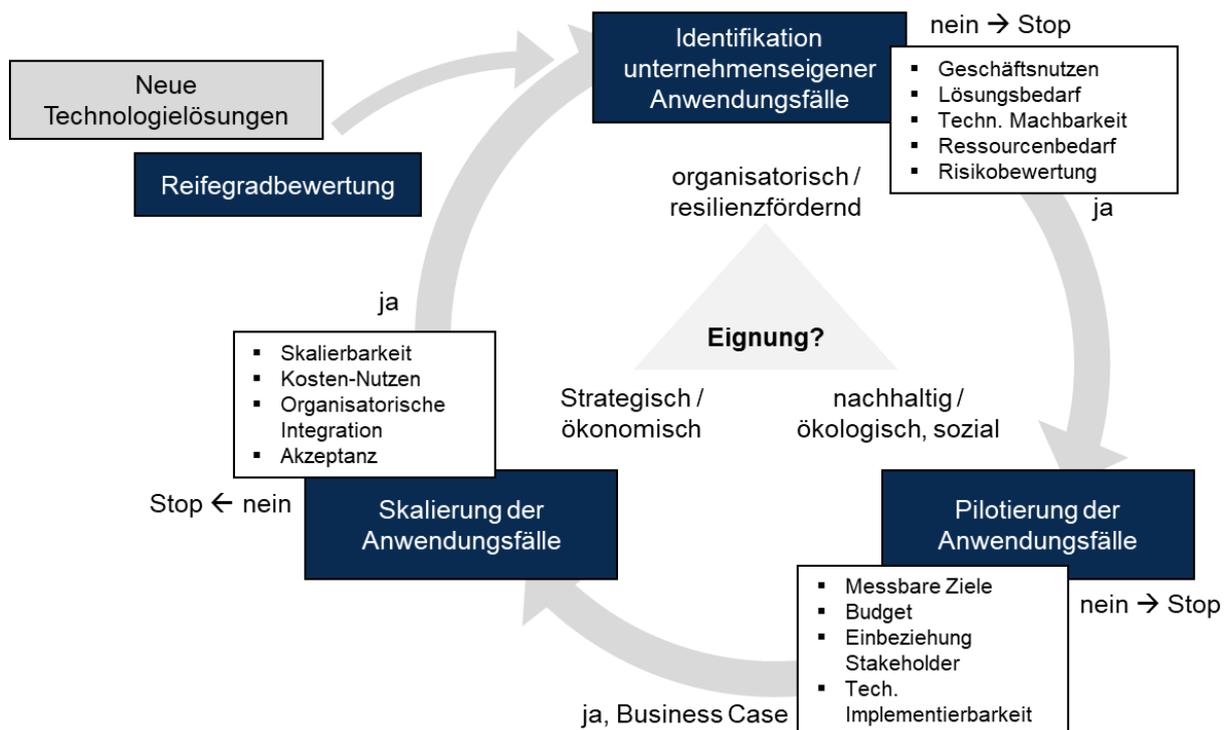


Abbildung 37: Modell der Technologieeinführung nach Logik des Anwendungsfalls
(i.A.a. Maghazei et al., 2022, S. 577)

Das adaptierte Modell ist eng in den Kontext des Resilienzmanagements einzuordnen, da es sicherstellt, dass technologische Lösungen nicht nur auf ihre technische Machbarkeit hin, sondern auch auf die resilienzfördernde Eigenschaften überprüft werden. Diese Bewertung des Geschäftsnutzens (*Strategieentwicklung*, vgl. Abbildung 19) als auch die Einflussanalyse (*Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse*, vgl. Tabelle 16) stehen im Kern des konzipierten Integrationsmodells, um Resilienz als strategisches Ziel und strategischen Vorteil zu verstehen. Im Rahmen der Identifikation der Anwendungsfälle werden technologische Lösungen weiterhin auf ihren Ressourcenbedarf sowie die technische Machbarkeit untersucht, da derartige Lösungen auch in einem unsicheren Umfeld einsatzfähig sein müssen, um langfristig die unternehmerische Resilienz zu fördern.

Im Zuge der Pilotierung der Anwendungsfälle muss die Technologie unter realen Bedingungen getestet werden, bevor sie skaliert werden. Wichtig ist hier, die resilienzoriente Validierung als Festlegung von messbaren Zielen sicherzustellen, sodass die Technologie nicht nur

kurzfristige Effizienzsteigerungen mit sich bringt, sondern auch zur langfristigen Robustheit und Flexibilität des Unternehmens beiträgt (vgl. Kap. 2.1.3). Zusätzlich wird die technische Implementierbarkeit erprobt, um sicherzustellen, dass die Technologie in Krisensituationen skalierbar ist und das Unternehmen schnell bei unerwarteten Veränderungen agieren kann. An dieser Stelle entscheidet sich der konkrete Business Case für ein Unternehmen. Beim Erfolg der Pilotierung wird die Technologie unter Berücksichtigung der Gesamtheit an organisatorischen Integrationsanforderungen, von den operativen Prozessen bis zur Unternehmenskultur, skaliert.

Die bisherige Forschungsarbeit liefert vor allem Handlungsoptionen, was Unternehmen tun müssen, um sich resilient aufzustellen. Folgend wird in Reflektion der Anwendungsfälle ein Bezug zum Wann, der zeitlichen Anwendung des Integrationsmodells, gegeben, um ein besseres Verständnis des Verhaltens resilienter Organisationen über die Zeit zu erhalten. Grundsätzlich werden hier nach Kohl et al. (2021, S. 6) und Duchek (2020, S. 224) (vgl. auch Abbildung 6) Resilienzphasen unterschieden, denen verschiedene Resilienzfähigkeiten zugrunde liegen, die zu einer erfolgreichen Transformation hin zu einem resilienten Unternehmen notwendig sind. In Abbildung 38 sind die methodischen Vorgehensschritte des Integrationsmodells in Zusammenhang mit neuen Technologielösungen (vgl. Abbildung 37) anhand der unterschiedlichen Resilienzphasen aufgetragen. An dieser Stelle wird zwischen der Antizipationsphase („vor“; Vorbereitung), der Bewältigungsphase („während“; Adaption, Regeneration) und der Anpassungsphase („nach“; Lernen, Verbesserung) unterschieden.

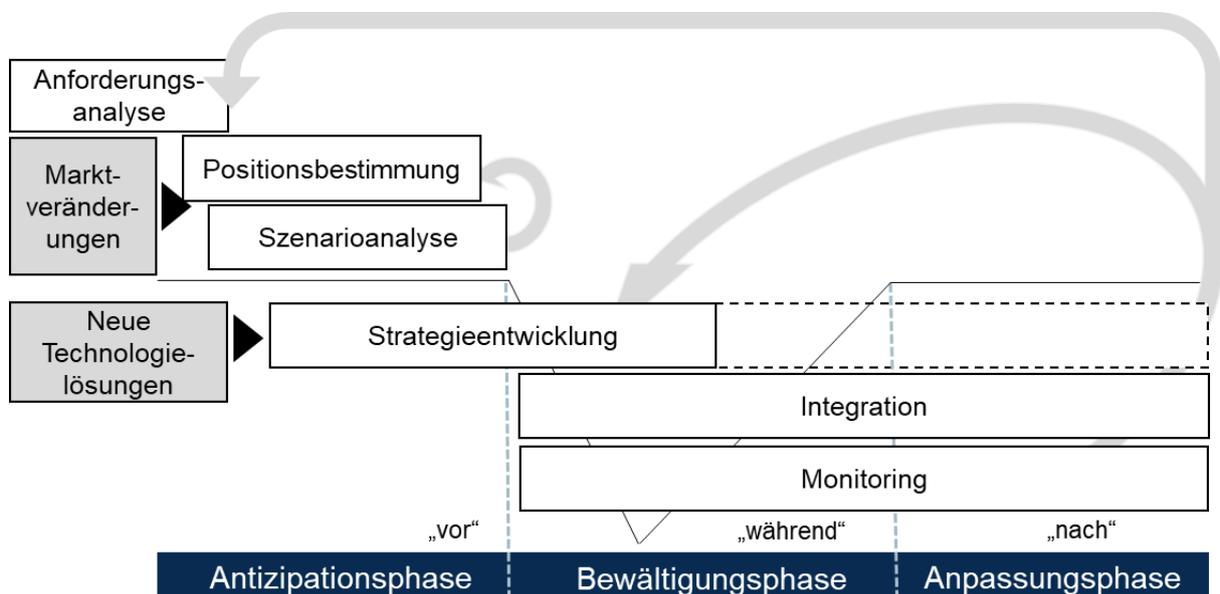


Abbildung 38: Zeitliche Anwendung des Integrationsmodells zum Resilienzmanagement

Das Integrationsmodell folgt wie bereits in Kapitel 3.7 beschrieben einem sachlogischen inhaltlichen Ablauf von Methodenschritten, beinhaltet allerdings auch Regelkreise besonders an den Schnittstellen der *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung*. Die Durchführung der Praxis- und Simulationsstudien haben gezeigt, dass Ergebnisse der Analyse, Bewertung und Planung regelmäßig überprüft werden müssen. Insgesamt versteht sich die *Strategieentwicklung* als kontinuierlicher Prozess, die immer wieder mit der Realität und neuen Perspektiven

abgeglichen werden muss, um frühzeitig steuern zu können. Daher ist die Gesamtdarstellung ebenfalls als Regelkreis zu verstehen. Folgende Anmerkungen sind noch zu den einzelnen Phasen zu machen:

- **Antizipationsphase:** Umfasst die kontinuierliche Beobachtung des Marktes und des Umfelds zur frühzeitigen Identifikation kritischer oder disruptiver (neue Technologielösungen) Ereignisse und die Vorbereitung auf diese durch Strategieentwicklungen und Maßnahmen-sets. Es wird empfohlen, die Schritte der Unternehmens- und Umfeldanalyse im halbjährlichen Turnus zu wiederholen (auch zur Dynamisierung der Zielwerte).
- **Bewältigungsphase:** Neben der Schaffung von Akzeptanz und notwendigen Voraussetzungen (vgl. Abbildung 16) müssen passende Strategien und Lösungen für die aktuelle Herausforderung bzw. Krise entwickelt und implementiert werden. Entscheidend ist die Berücksichtigung von resilienzorientierten Metriken und Grenzwerten von Beginn an.
- **Anpassungsphase:** Bezieht sich vor allem auf die Reflektion und das Lernen aus neuen Erfahrungen, sodass die Wissensbasis des Unternehmens ausgeweitet wird und im Schluß mit der Antizipationsphase und Strategieentwicklung eine verbesserte Vorbereitung kritischer Ereignisse ermöglicht wird. Hier kann sich herausstellen, dass die bisherige Datenlage zum resilienzorientierten *Monitoring* bzw. die erhobenen Daten nicht den Resilienzanforderungen entsprechen, sodass Unternehmen gezielt auf vorgelagerte Methodenschritte zurückgreifen können. Die Resilienzausrichtung wird durch zusätzliche Datensammlungen und erweiterte Bewertungsschleifen verbessert, bevor erneut der Schritt der *Integration* erfolgt.

4.3 Handlungsleitfaden zum Aufbau generativer KI-Systeme für das Resilienzmanagement

Der folgende Abschnitt greift nun in Reflektion von Theorie und Praxis die Zielstellung auf, einen Handlungsleitfaden zum Aufbau eines durch generative KI unterstützten Resilienzmanagementtools umzusetzen. Spezialisten für KI- und ML-Entwicklungen führen die Liste der am schnellsten wachsenden Berufen an (vgl. WEF, 2023, S. 42, 48f.). Zu deren Kompetenzen lässt sich auch das Prompt-Engineering zählen. Prompting ist komplex, da die Eingabe großen Einfluss auf das Ergebnis haben kann, sodass Präzision und Fachwissen vorausgesetzt werden. Daher wird an dieser Stelle reflektierend zu den Anwendungsfällen ein Handlungsleitfaden zum Aufbau eines generativen KI-Systems für das Resilienzmanagement beschrieben (vgl. Tabelle 35).

Unter Berücksichtigung des entwickelten Integrationsmodells (vgl. Abbildung 25) passt sich der im Folgenden konzipierte Handlungsleitfaden zum unterstützenden Einsatz von generativer KI nahtlos in eine strukturierte Vorgehensweise ein, welche grundsätzlich auch aus drei Phasen inkl. Regelkreisen besteht. Im Fokus steht hier die Darstellung der spezifischen Anforderungen und Notwendigkeiten zum (An-) Trainieren der generativen KI an das Resilienzmanagement, als begleitende Maßnahme der *Anforderungsanalyse*, dem ersten Methodenschritt des Integrationsmodells. Weiterhin erfolgt die Überführung des antrainierten Modells in die betriebliche Praxis und das kontinuierliche Lernen inkl. Feedbackschleifen. Während

folgend ein allgemeingültiger Leitfaden zum Aufbau generativer KI-Systeme für das Resilienzmanagement als Phasenmodell (Modellgenerierung, -anwendung, -feintuning) als auch Prompt-Techniken dargestellt sind, ist im Anhang der Arbeit eine replizierbare, technische Konfigurationsanleitung zum Aufbau des antrainierten GPT-Modells im *OpenAI GPT Builder* beschrieben (vgl. Anhang G).

Tabelle 35: Handlungsleitfaden zum Aufbau generativer KI-Systeme für das Resilienzmanagement

Schritt		Inhalte	Anforderungen an die generative KI und Aufgaben	Querverweis	
Phase 1 - Modellgenerierung	1	Zieldefinition	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Festlegung von Resilienzzielen und Erwartungshaltung ▪ Darstellung methodische Vorgehensweise ▪ Festlegung Modellart (öffentlich, geschlossen) in Abhängigkeit der zu verwendenden Datentypen (zu beachten: Informationsklassifizierung) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung Sensibilisierungsunterlagen, u.a. Grundsätze und Handlungsfelder zur Förderung von organisationaler Resilienz, erweitertes Verständnis der Forschungsarbeit ▪ Vorüberlegung spezifische Anti-Bias-Methoden (z.B. regelmäßige Audits der KI-Ausgaben) ▪ Bereitstellung Templates und Formulierung Prompts 	Tabelle 2 Tabelle 11 Tabelle 15 Abbildungen 3-6 Abbildung 25 Prompt 1-5
	2	Datenerhebung und -sammlung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sammlung von Daten aus internen und externen Quellen und Datenmodellen ▪ Bewertung der Datenqualität und -relevanz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung diversifizierter und relevanter Datensätze (Geschäftsberichte, Strategieaudit, Trendanalyse) ▪ Webseiten im PDF-Format 	Anhang C Anhang D
	3	Positionsbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation relevanter endogener und exogener Einflussfaktoren 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prüfung KI-Bewertungen (Reduzierung Bias) 	Tabelle 8 Tabelle 11
Phase 2 - Modellanwendung	4	Szenarioanalyse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse und Dokumentation verschiedener Szenarien (optimistisch, neutral, herausfordernd) ▪ Bewertung von Eintrittswahrscheinlichkeiten ▪ Überführung in Resilienzmatrix 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berücksichtigung eines breiten Spektrums an Entwicklungsmöglichkeiten ▪ Individuelle Anpassungsmöglichkeiten (Reduzierung Bias) ▪ Einsatz von Predictive Analytics zum Abschätzungsabgleich 	Abbildung 12 Tabelle 11
	5	Strategieentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ableitung prioritärer Handlungsfelder ▪ Fokus: Digitalisierung, Innovation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integration von Technologielösungen als Morphologie 	Anhang E
	6	Konfigurationsarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbau Resilienz Canvas und Verknüpfung Resilienz Board ▪ Konzeption notwendiger (dynamischer) Schnittstellen für das Resilienzmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung methodischer Rahmen zur Verknüpfung und Visualisierung ▪ Wahlschritt: Verknüpfung Datenmodelle 	Abbildung 24 Tabelle 24 Anhang G
Phase 3 - Modellfeintuning	7	Test und Validierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Testen von verschiedenen Szenarien ▪ Durchführung von Simulationsstudien ▪ Überprüfung von Bias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbeziehung von Feedback-Schleifen ▪ Einbeziehung von neuesten und historischen Daten 	Tabelle 10 Abbildung 37
	8	Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umsetzung von neuen Innovationen im Digitalisierungskontext ▪ Technologieintegration 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Spezifikation der APIs und Schnittstellen zu bestehenden Systemen (ERP, u.Ä.) 	Abbildung 16
	9	Kontinuierliche Anpassung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontinuierliche Überwachung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einbeziehung von Feedbackschleifen 	Tabelle 10 Abbildung 25 Abbildung 37

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufrechterhaltung der Lernfähigkeit des Managementsystems 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aktualisierung von Inputdaten zur frühzeitigen Erkennung von Veränderung (Reduzierung Bias) ▪ Ggf. Aktualisierung von Templates und Prompts 	
	10	Dokumentation und Reporting	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transparenz schaffen für interne und externe Kommunikation ▪ Integration und Einhaltung von Compliance-Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklung standardisierter Monitoring-Dashboards ▪ Prüfung Automatisierungsoptionen für Reporting-Prozesse (unter Einhaltung von Compliance-Vorgaben (z.B. ESG, Datenschutz)) 	Tabelle 10

In der ersten Phase, der Modellgenerierung, erfolgt die Zieldefinition, Datenerhebung und *Positionsbestimmung*. Es werden Resilienzziele festgelegt, Daten aus internen und externen Quellen gesammelt und Einflussfaktoren identifiziert. Die Anforderungen an die generative KI in dieser Phase umfassen die Bereitstellung diversifizierter und relevanter Datensätze, Informationsquellen als auch entsprechender Templates und vorformulierter Prompts. Ein besonderer Fokus liegt auf der Reduzierung von möglichen Verzerrungen (Bias) und deren Anforderungen an die Umsetzung. Dieses Training erfolgt auf der zugrundeliegenden Modellarchitektur des *OpenAI GPT Builder* (vgl. Kap. 3.2) mithilfe der zur Verfügung gestellten Templates als konsolidiertes Fachwissen (siehe Querverweise). Dies entspricht den initialen Schritten der Sensibilisierung und Datenbewertung, die den Rahmen für die nachfolgenden Analysen bilden.

In der zweiten Phase, der Modellanwendung, erfolgt die *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung* entsprechend des Integrationsmodells, primär also das Vorhersagen und Schlussfolgern. Die Anforderungen an die generative KI liegen hier vor allem in der Fähigkeit, eine umfassende Szenarioanalyse durchzuführen. Das Modell muss verschiedene mögliche Entwicklungsszenarien modellieren, wobei sowohl optimistische als auch herausfordernde Entwicklungen berücksichtigt werden. Für die praktische Anwendung bedeutet dies, dass die generative KI nicht nur Vorhersagen trifft, sondern auch Handlungsempfehlungen liefert, die sich in das bestehende *Resilienz Canvas* und das *Resilienz Board* integrieren lassen. Dies erleichtert die strategische Entscheidungsfindung in realen Bedarfs- und Krisensituationen.

Die dritte Phase, das Modellfeintuning, legt den Schwerpunkt auf die kontinuierliche Verbesserung und Anpassung des generativen KI-Systems, um sicherzustellen, dass dynamische Veränderungen im Unternehmen und dessen Umfeld berücksichtigt werden. Während die Modellanwendung weitestgehend auf bestehenden Daten und Szenarien basiert, realisiert das Modellfeintuning im Sinne von Regelkreisen die Verfeinerung und Verbesserung der Modellleistung basierend auf neuen Erkenntnissen unter Einbeziehung von Feedbackschleifen und neuen Informationsquellen. Derartige Feedbackschleifen fördern die Transparenz der generierten Inhalte, indem Ergebnisse nachvollzieh- und überprüfbar werden, zeitgleich kann ein größeres Spektrum an Veränderungen und Unsicherheiten im Umfeld adressiert werden. Dies ist ein entscheidender Faktor für die Akzeptanz und das Vertrauen von KI-basierten Resilienzmanagementsystemen.

Ein weiterer wesentlicher Punkt im Aufbau des generativen KI-Systems ist das Prompt-Engineering selbst. Beim Prompt-Engineering gibt es grundsätzlich verschiedene Techniken zur Argumentation und Aufbau eines aktiven Resilienzmanagements. In Reflektion mit den Anwendungsfällen werden vor allem die drei folgenden Techniken verwendet: *Chain of Thoughts*, *Self-Consistency* und *Tree of Thoughts* (vgl. Parvez, 2024, S. 2). Die drei Techniken werden in Tabelle 36 kurz definiert und im Anwendungskontext beschrieben. Auch vor dem Hintergrund der formulierten Prompts (vgl. Prompt 1-5) ist hervorzuheben, dass im Sinne einer resilienten KI-Nutzung die Anwendung in der Form befähigt werden sollte, dass die Veränderungsperspektiven nicht ausschließlich in eine Richtung leiten, sondern z.B. durch kleine Änderungen der Eingabeaufforderungen eine vorausschauende Planung robust abgesichert wird (vgl. Wittenbrink et al., 2023, S. 207). Anzumerken ist, dass auch das Umkehrprinzip angewendet werden kann, bei dem das Modell selbst Prompts für spezifische Zwecke entwirft. Vorteil hier ist die Möglichkeit zur gezielten Anpassung der Analyse- und Strategieprozesse an die jeweiligen Anforderungen und die Unterstützung der kontinuierlichen Verbesserung durch adaptives Lernen aus immer wieder neuen Datensätzen. Allerdings besteht hier auch das Risiko, durch stochastische Abweichungen und unzureichend präzisierte oder mehrdeutige Prompts fehlerhafte und unvollständige Ergebnisse zu erhalten (vgl. Fritz, 2024, S. 346). Aus diesem Grund wird die Definition von Prompts nach vorliegendem Vorgehen empfohlen (vgl. Prompt 1-5; Tabelle 36). Die Thematik wird abschließend nochmal in der Schlussbetrachtung aufgegriffen (vgl. Kap. 5.2).

Tabelle 36: Prompt-Techniken für das Resilienzmanagement (i.A.a. Parvez, S. 2)

Prompting-Technik	Definition	Anwendung im Integrationsmodell	Limitationen
Chain of Thoughts	Herleitung einer klaren und logischen Abfolge von Argumentationsschritten, jeder Schritt baut auf dem vorherigen auf, was die Nachvollziehbarkeit der Argumentation erhöht.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifikation von potentiellen Technologien (Reife) in der Branche 2. Analyse von möglichen Effekten in Bezug auf die Resilienzfähigkeit 3. Herleitung von Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell 4. Bestimmung von Operationalisierungsgrößen 5. Evaluierung der Wirksamkeit 	<p>Frühe Interpretationsfehler setzen sich in der linearen Struktur vor, stochastische Arbeitsweise des Modells</p> <p>Schritt 5) Evaluierung der Wirksamkeit kann nur unter Anschluss des Modells an unternehmenseigene Systeme erfolgen (API, Automatisierung)</p>
Self-Consistency	Generation von konsistenten Antworten durch multiple Durchläufe des Modells und Verwendung der häufigsten ausgewählten Antwort	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analyse der Resilienzeffekte von Technologie A 2. Analyse der Resilienzeffekte von Technologie B 3. Analyse der Resilienzeffekte von Technologie C 4. Vergleich der Ergebnisse und Auswahl der konsistentesten, effektivsten Lösung 	<p>Fokussierung auf konsistenteste Antwort kann dazu führen, dass potentiell innovative Lösungen übersehen werden</p> <p>→ Kombination der Techniken empfohlen</p>
Tree of Thoughts	Berücksichtigung verschiedene Gedankengänge und Optionen in der Baumstruktur, systematische Erkundung und	<ol style="list-style-type: none"> 1. Knotenpunkt: Technologie A als Vorzugslösung identifiziert 2. Zweig a): Notwendige Handlungsfelder und Veränderungsperspektiven durch Stakeholder A 	<p>Externe Expertise bei den Verzweigungen erforderlich</p> <p>→ Bereitstellung von Infomaterial zur Steigerung des Fachwissens und Objektivität</p>

	Bewertung verschiedener Ansätze	3. Zweig b): Notwendige Handlungsfelder und Veränderungsperspektiven durch Stakeholder B	
--	---------------------------------	--	--

4.4 Zusammenfassung Anwendungskapitel

In Reflektion der eingangs definierten Anwendungsfälle (vgl. Abbildung 2; Abbildung 26) ist die Anwendung des entwickelten Integrationsmodells durch die Erprobung und Validierung der jeweiligen Fälle erfolgreich umgesetzt worden. Die Anwendungsfälle zeigen, dass das Integrationsmodell in verschiedenen unternehmerischen Kontexten wirksam eingesetzt werden kann. Die ex-post-Analyse der Datenintegration via CRM und BI sowie das ex-ante-Szenario zur prospektiven Bewertung einer neuen Technologie in der Praxisstudie „Customer Relations“ demonstrieren die Anpassungsfähigkeit des Modells an unterschiedliche technologische Anforderungen und in konsekutiven zeitlichen Perspektiven. Die Praxisstudie „Inbound Operations“ belegt die Praxistauglichkeit bei der Gestaltung resilienter Lieferketten durch die Integration resilienzfördernder Mechanismen in dynamische Controllingsysteme, welche in bestehende Geschäftsstrukturen implementiert werden können. Zuletzt zeigt die Simulationsstudie „Modulare Produktion“, dass die Vorgehensweise in technologisch komplexen Produktionsumgebungen erfolgreich eingesetzt werden kann, um Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften unter variablen Szenarien wie Stationsausfällen oder Priorisierungsaufträgen zu bewerten. Diese Ergebnisse zeigen insgesamt die Wirksamkeit und Anpassungsfähigkeit des Integrationsmodells und unterstreichen eine branchenübergreifende Relevanz in digitalen Transformationsprozessen.

Auch vor dem Hintergrund des Zusammenwirkens der einzelnen Methodenbausteine ist die Eignung des Integrationsmodell erfolgreich durch die Anwendungsfälle erprobt und validiert worden. Die *Resilienzmatrix* hat in Zusammenhang mit dem *Reifegradmodell* eine plausible Charakterisierung der untersuchten Unternehmenstypen ergeben und auf dieser Basis die Priorisierung resilienzfördernder Maßnahmen unterstützt. Das Rollenmodell und die Differenzierung der verschiedenen internen und externen Einflussfaktoren erlauben eine Strategieentwicklung in prioritären Handlungsfeldern (vgl. Praxisstudie I; Kap. 4.1.1). Der *Resilienz Canvas* hat sich zudem als praxisnahes Werkzeug bewährt, um resilienzoriente Anpassungen und Veränderungsperspektiven in den Geschäftsmodellsegmenten herzuleiten und systematisch zu identifizieren. Die Anwendungsfälle zeigen allesamt, wie datengetriebene Plattformen oder Technologielösungen genutzt werden können, um Resilienz auf Management- und Prozessebene (vgl. z.B. Praxisstudie I, Kap. 4.1.1; Simulationsstudie, Kap. 4.1.3) zu stärken. Ergänzend hat das *Resilienz Board* einen Umsetzungsrahmen für die kontinuierliche Überwachung und Steuerung von Maßnahmen geboten, indem es Indikatoren, Ziel- und Grenzwerte und Verantwortlichkeiten definiert und mit bestehenden Strukturen verknüpft (vgl. Praxisstudie II, Kap. 4.1.2). Die Ergebnisse zeigen, dass das Integrationsmodell neben analytischen Stärken vor allem in der strategischen Planung und Formulierung von Integrationsanforderungen überzeugt. In Summe kann reflektierend zur *Anforderungsanalyse* (vgl. Kap. 3.2) festgehalten werden, dass das Integrationsmodell einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt und dabei die

wesentlichen Anforderungen zum Anwendungs- und Branchenfokus, zur strategischen Ausrichtung, der Operationalisierbarkeit und Praktikabilität sowie zur kontinuierlichen Verbesserung (vgl. Tabelle 13) umfassend berücksichtigt. Dies unterstreicht die breite Anwendbarkeit und Effektivität des Modells in unterschiedlichen Unternehmenskontexten.

Die methodische Entwicklung und Anwendung erweitert weiterhin bestehende Implementierungsansätze (vgl. Tabelle 7) und Standardlösungen, insbesondere die DIN ISO 22316 (Organisatorische Resilienz) und die DIN ISO 31000 (Risikomanagement) (vgl. Tabelle 4) durch einen stärker praxisorientierten und dynamischen Ansatz. Während DIN ISO 22316 primär Leitlinien zur Schaffung resilienter Strukturen bietet und DIN ISO 31000 auf systematisches Risikomanagement fokussiert, integriert das vorliegende Integrationsmodell datengetriebene Ansätze, z.B. durch generative KI, entsprechende Szenarioanalysen, technologiebasierte Veränderungsperspektiven und die Verknüpfung von Resilienz und Geschäftsmodellen. Ein Fortschritt des Integrationsmodells liegt in der Operationalisierung von Resilienz durch messbare Indikatoren (z.B. KRI, RI) und die Integration in Entscheidungsprozesse auf allen Unternehmensebenen bzw. Geschäftsmodellsegmenten. Ergänzend zu den Standards betont es die Nutzung datengetriebener Lösungen, wie z.B. Plattform- und Integrationstechnologien, um proaktiv Maßnahmen zu formulieren.

Darüber hinaus bietet das Integrationsmodell neue Perspektiven, indem es Resilienz nicht nur als Fähigkeit zur Reaktion auf Störungen betrachtet, sondern als strategischen Gestaltungsfaktor im Sinne von Resilienzfähigkeiten (Kompetenzen, Ressourcen, Maßnahmen) und Resilienzeigenschaften (Strukturen, Organisationsausrichtung) in die Unternehmensplanung integriert. Dies fördert die Entwicklung flexibler Kooperationsmodelle und alternativer Lieferkettenoptionen, wodurch neben der Widerstandsfähigkeit gegenüber Stör- und Ausfällen auch die Innovationsfähigkeit gesteigert wird. Das Integrationsmodell legt einen besonderen Fokus auf die Lernfähigkeit von Unternehmen (vgl. Tabelle 2), indem es Mechanismen zur kontinuierlichen Analyse und Verbesserung anhand definierter Resilienzphasen implementiert, die in den oben genannten Standards nur implizit angesprochen werden.

5 Schlussbetrachtung

5.1 Zusammenfassung der Forschungsfragen

Im Rahmen dieser Arbeit sind vier zentrale Forschungsfragen (vgl. Kap. 1.3) untersucht worden, die sich zum einen mit den Wechselwirkungen zwischen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz sowie deren Auswirkungen auf Unternehmensprozesse und Geschäftsmodelle befassen. Dabei lag ein besonderer Schwerpunkt auf der Identifikation von Gestaltungsoptionen zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz durch den Einsatz generativer KI- und datengetriebener Lösungen. Die Arbeit zielt zum anderen darauf ab, resilienzbeeinflussende Interdependenzen auf unterschiedlichen Unternehmensebenen zu analysieren und eine integrative Methodik abzuleiten, die digitale Technologien systematisch in Geschäftsprozesse integriert, um die Resilienzfähigkeiten langfristig zu stärken. Der folgende Abschnitt schließt die Klammer zu den formulierten Forschungsfragen in Kapitel 1.3 in einer zusammenfassenden Beantwortung.

1. *Wie beeinflussen sich die Zieldimensionen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz im Unternehmenskontext untereinander?*

Die Forschungsfrage, wie die Zieldimensionen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz im Unternehmenskontext interagieren, ist durch eine wissenschaftstheoretische Betrachtung (vgl. Kap. 2.1.3) als auch eine Reflektion der praktischen Anwendungsfälle beleuchtet worden. Resilienz und Nachhaltigkeit erweisen sich als stark komplementär, da beide Zieldimensionen in sich ergänzenden Schwerpunkten auf die langfristige Stabilität und Anpassungsfähigkeit von Unternehmen abzielen. Nachhaltigkeit fördert die Fähigkeit eines Unternehmens, Ressourcen effizient und verantwortungsvoll zu nutzen, Resilienz hingegen fokussiert die Fähigkeit, flexibel zu agieren und sich an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen, sodass die Basis für widerstandsfähige Strukturen geschaffen wird. Dieser Aspekt ist insbesondere in der Praxisstudie zum Ausbau der digitalen Lieferantenplattform (vgl. Kap. 4.1.2) belegt worden, da derartige technologische Optionen Beiträge zur Steigerung der Transparenz und Flexibilität in Wertschöpfungsketten liefern. Konkret kann gezeigt werden, dass die Lieferantenplattform die Operationalisierungsanforderungen zur Lieferantendiversifikation und die Priorisierung von ESG-konformen Partnern berücksichtigt, sodass Risiken minimiert und die Anpassungsfähigkeit gesteigert werden kann.

Effizienz dagegen steht teils im Spannungsfeld zur Resilienz, insbesondere wenn Kostenoptimierungen zur Realisierung von kurzfristigen Flexibilitätsoptionen und ad hoc Reaktionen auftreten. Der untersuchte Anwendungsfall zeigt einerseits, dass bisherige Maßnahmen zur Kostensenkung oft zu einer Verringerung von Ausweichalternativen führen, die für resiliente Strukturen entscheidend sind, und andererseits, dass durch hybride Ansätze, d.h. die dynamische Kombination von Sicherheitsbeständen mit datengetriebener Nachfrageprognose, Effizienz und Resilienz synergetisch genutzt werden können. Unternehmen können durch derartige Maßnahmen sowohl die Lieferkettensicherheit als auch die Kostenstruktur verbessern, da

redundante Ressourcen gezielt und adaptiv eingesetzt wurden. Dies unterstreicht auch, dass eine gezielte Steuerung dieser Dimensionen über Kennzahlensets bestehend aus KPI, ESG, KRI und RI wichtig ist.

Die Operationalisierung dieser Zieldimensionen ist in Kapitel 3.6.1 (vgl. Tabelle 23) als methodischer Baustein für das Integrationsmodell vorgenommen worden, da durch klare Kennzahlen und Indikatoren Transparenz über die Wechselwirkungen zwischen Resilienz, Nachhaltigkeit und Effizienz geschaffen und somit eine fundierte Basis für strategische Entscheidungen und gezielte Maßnahmen abgeleitet werden kann. Die theoretischen und praktischen Ergebnisse zeigen, dass ein integrativer Ansatz für die Methodenkonzeption notwendig ist, da eine Balance zwischen den definierten Zielgrößen für die langfristige Stabilität von Unternehmen entscheidend ist. Unternehmen, die resilienzoriente Indikatoren (RI), wie z.B. Redundanzen, Lernfähigkeiten und Flexibilitäten, mit effizienz- (KPI) und nachhaltigkeitsorientierten (ESG) Zielen verknüpfen, stärken die eigene Position, um bei anzunehmenden Schocks frühzeitig zu agieren und gleichzeitig langfristig die Handlungsfähigkeit zu sichern. Im entwickelten *Resilienz Board* (vgl. Tabelle 24) werden resilienzfördernde Kennzahlen sowie Ziel- und Grenzwerte für die einzelnen Resilienzphasen durch einen ausgewogenen Mix aus entsprechenden quantifizierbaren Größen hergeleitet. Der Fokus liegt hier vor allem auf Operationalisierungsgrößen zur Stärkung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften, da diese Aspekte bisher in Zielsystemen von Unternehmen als proaktive und strategische Komponente unterrepräsentiert sind (vgl. Kap. 2.2.4). Die präzise Lösung dieses in Teilen Zielkonflikts, in Teilen Zielkongruenz, in einem mathematischen, globalen Optimum ist in Kapitel 5.4 als weiterführender Bearbeitungsansatz für wissenschaftliche Folgearbeiten vorgeschlagen.

II. Welche Gestaltungsoptionen zur Steigerung der unternehmerischen Resilienz ergeben sich durch neue generative KI- und datengetriebene Lösungen?

Generative KI-Systeme, insbesondere LLM, und datengetriebene Lösungen (CRM, BI) zeigen sowohl in der theoretischen Auseinandersetzung (vgl. Kap. 2.3.6; 2.3.7) als auch in der praktischen Anwendung dieser Arbeit (vgl. Kap. 4.1.1; 4.1.2) vielfältige Möglichkeiten zur Stärkung der Resilienz in Wertschöpfungssystemen. Die wesentlichsten Mehrwerte sind im Kontext der Anwendung von generativer KI in den Methodenschritten *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung* identifiziert worden, da mögliche Auswirkungen von internen und externen Einflussfaktoren als auch technologiebedingte Veränderungsperspektiven in einer umfangreichen Analyse zusammen- und strukturiert gegenübergestellt werden können. Die untersuchten datengetriebenen Werkzeuge (CRM, BI) erlauben eine präzise Analyse und Optimierung interner Prozesse, insbesondere im Hinblick auf Kundenfeedback (vgl. Kap. 4.1.1) und Lieferantenbeziehungen (vgl. Kap. 4.1.2). Dabei können Interaktionsdaten mit den dynamischen Anforderungen zur Operationalisierung von Resilienz, z.B. im Kontext der Resilienzphasen (vgl. Abbildung 23), erfasst und ausgewertet werden, um derartige Beziehungen proaktiv zu gestalten und gleichzeitig frühzeitig auf Veränderungen reagieren zu können. Entscheidender Vorteil der Werkzeuge ist hier, dass relevante Indikatoren (KPI, RI, u.w.) systemseitig integriert und

überwacht werden können, um Entscheidungsgrundlagen für strategisch-taktische Anpassungen zu geben.

Ein zentraler Aspekt für die Nutzung von generativer KI ist das *Prompting* (vgl. Kap. 4.3), welches entlang aller definierten Methodenschritte eine unterstützende Rolle spielt. Durch die gezielte Formulierung von Prompts (vgl. Prompt 1-5) wird die generative KI spezifisch trainiert und eingesetzt, um z.B. auf Basis historischer Daten, zur Verfügung gestellter Berichte oder Templates belastbare Vorhersagen zur aktuellen und zukünftigen Situation zu geben. Ergänzend realisieren CRM- und BI-Dashboards im verknüpfenden Gedanken mit dem Integrationsmodell, insbesondere dem *Resilienz Board* (vgl. Tabelle 24), die Option, (Echtzeit) Daten aus verschiedenen Geschäftsbereichen (Logistik, Produktion, Vertrieb) zu konsolidieren und strategisch, taktisch und in Teilen auch operativ nutzbar zu machen. Dieser Aspekt ist schwerpunktmäßig in der Praxisstudie zur Inbound-Logistik untersucht worden (vgl. Kap. 4.1.2).

Insgesamt sind im Rahmen dieser Arbeit unterschiedliche Facetten zur Nutzung von generativer KI im Resilienzmanagement untersucht und bewertet worden:

- Einsatzpotentiale in der Strategieentwicklung, insbesondere im Resilienzmanagement (vgl. Kap. 2.3.7; 3.2) inkl. zusammenfassendem Handlungsleitfaden zum Aufbau (vgl. Tabelle 35)
- Feststellung Bias-Quellen und umgesetzte Maßnahmen zur Reduktion (vgl. Tabelle 11)
- Gegenüberstellung aktueller Sprachmodelle (Momentaufnahme) (vgl. Tabelle 14)
- Beurteilung von Datentypen und Modelleignung (vgl. Tabelle 15)
- Erprobung verschiedener Prompt-Techniken (vgl. Tabelle 36) und Ausgabe von Prompts entlang der definierter Methodenschritte (vgl. Prompt 1-5)
- Bewertung der Informationsqualität der generierten Inhalte (vgl. Kap. 5.2)

In der folgenden Schlussbetrachtung werden zudem noch allgemeine Limitationen (vgl. Kap. 5.2), eine Empfehlung zur technischen Integration spezifischer Modelle in Unternehmen (vgl. Kap. 5.3) als auch Anknüpfungspunkte für wissenschaftliche Folgearbeiten aufgezeigt (vgl. Kap. 5.4).

III. *Welche resilienzbeeinflussenden Interdependenzen existieren zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmensprozesse, insbesondere im Geschäftsmodell?*

Die Forschungsfrage zu resilienzbeeinflussenden Interdependenzen zwischen den unterschiedlichen Ebenen der Unternehmenstätigkeit schafft ein ganzheitliches Verständnis der auftretenden Wechselwirkungen für die resilienzorienteerte Ausrichtung von Unternehmen, speziell im Kontext der digitalen Transformation. Zu diesem Zweck sind folgende wissenschaftliche Ausarbeitungen umgesetzt worden:

- Erweitertes Verständnis zwischen Geschäftsmodell- und Prozessebene (i.A.a. die Automatisierungspyramide) im Kontext der digitalen Transformation (vgl. Abbildung 11)
- Zusammenführung endogener und exogener Einflussfaktoren zur Beeinflussung der Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften (vgl. Tabelle 8)

- Entwicklungsstufen auf System-, Prozess-, Objekt- und Infrastrukturebene im Kontext der digitalen Transformation (vgl. Abbildung 13)
- Anforderungen an die Gestaltung digital erweiterter und resilienzorientierter Geschäftsmodelle (vgl. Tabelle 9)
- Entwicklungsstufen zur Beschreibung technischer, organisationaler und personeller Anforderungen und Voraussetzungen (vgl. Abbildung 16)
- Interdependenzen der Geschäftsmodellsegmente im Kontext Resilienz (vgl. Tabelle 18)

Im Ergebnis dieser Analysen zeigt sich, dass die resilienzbeeinflussenden Interdependenzen zwischen Geschäftsmodell-, Prozess- und Steuerungsebenen ein integratives Management erfordern, welches organisatorische und technologische Elemente verbindet. Die Simulationsstudie greift diesen Untersuchungsaspekt durch die Bewertung von technologiebedingten Veränderungsperspektiven in der Prozess- und Layoutgestaltung sowie auf steuerungstechnischer Ebene durch simulative Tests (Abläufe, Zuteilungen, u.w.) schwerpunktmäßig auf (vgl. 4.1.3). Das Integrationsmodell berücksichtigt auch im Hinblick auf die erste Forschungsfrage, dass Resilienz als Fähigkeit oder Eigenschaft nicht isoliert betrachtet werden darf, sondern durch das Zusammenspiel von robust ausgelegten Geschäftsmodellen, adaptiven Prozessen und einer leistungsfähigen Dateninfrastruktur entsteht.

Im Ergebnis kann als zentraler Mechanismus des Integrationsmodells festgehalten werden, dass die einzelnen Segmente eines Geschäftsmodells durch technologische, organisatorische und strategische Maßnahmen miteinander verknüpft werden können, und neben dieser Planungskomponente auch eine Bewertung im Kontext von Kennzahlen und Grenzwerten zulassen. Dies umfasst insbesondere die Operationalisierung von Resilienzgrößen, die durch digitale Lösungen, wie z.B. KI-basierte Analysen und BI unterstützt werden. Die methodische Verknüpfung schafft die Möglichkeit zentrale Herausforderungen der horizontalen und vertikalen Integration, der Hybridisierung des Leistungsangebots, also der Kombination von physischen und digitalen Komponenten in einem Produkt- und Dienstleistungsportfolio, und die Darstellung von heterogenen Entwicklungstrends strukturiert entlang der Geschäftsmodellsegmente abzubilden (vgl. Abbildung 24).

IV. *Wie gestaltet sich eine geeignete, integrative Methodik, um die unternehmerische Resilienz auf allen Ebenen der Geschäftsprozesse durch (digitale) Technologielösungen zu stärken?*

Im zusammenführenden Kern der Arbeit ist untersucht worden, wie eine integrative Methodik gestaltet werden kann, um die unternehmerische Resilienz auf allen Ebenen der Geschäftsprozesse (Segmente) durch den Einsatz digitaler Technologielösungen langfristig zu stärken. Auf Grundlage einer strukturierten Literaturanalyse (vgl. Kap. 2.2.2) sowie der Analyse von bestehenden Management- und Implementierungsansätzen (vgl. Kap. 2.1.2 und Kap. 2.2.3) sowie Faktoren zur Beeinflussung der unternehmerischen Resilienz (vgl. Kap. 2.3.2) ist ein methodischer Bezugsrahmen entwickelt worden, welcher Voraussetzung zur Etablierung eines aktiven Resilienzmanagements (*Reifegradmodell*) beschreibt und sich gleichzeitig auf die

Operationalisierung von Resilienz durch messbare Indikatoren (vgl. Kap. 3.6.1) sowie auf die Integration technologiebasierter Konzepte (vgl. Kap. 3.2 und Kap. 3.5.3) stützt. Das entwickelte Integrationsmodell besteht dabei aus sechs Phasen: *Anforderungsanalyse*, *Positionsbestimmung*, *Szenarioanalyse*, *Strategieentwicklung*, *Integration* und *Monitoring* (vgl. Abbildung 25). Diese Schritte sind methodisch miteinander verknüpft und erlauben eine umfassende Analyse, Bewertung und Planung unternehmerischer Resilienz. Im Ergebnis der Unternehmens- und Umfeldanalyse, hier als Zusammenführung der *Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse*, lässt sich ein Unternehmen mit definierten Rollenbildern in einer Resilienzmatrix verorten, um auf Basis der Analyseergebnisse prioritäre strategische Handlungsfelder abzuleiten. Besonders hervorzuheben ist die Nutzung generativer KI-Methoden, die die Datenerhebung und Szenarioanalyse erweitern und eine Unterstützung für fundierte strategisch-taktische Entscheidungen bilden. Die Anwendung generativer KI-Modelle ermöglicht dabei eine umfangreiche Herleitung von verschiedenen Entwicklungsszenarien und technologiebasierten Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell.

Im Hinblick auf die vorangegangenen Forschungsfrage adressiert das Integrationsmodell die Stärkung der unternehmerischen Resilienz durch eine Implementierung und Kombination von Technologie- und Digitalisierungsstrategien (vgl. Kap. 3.5.3). Der Ansatz stützt sich auf die Entwicklung einer Morphologie von Technologielösungen, die spezifisch auf die Stärkung der Kernfähigkeiten und -eigenschaften von Resilienz (vgl. Kap. 2.1.1; Anhang E), u.a. Antizipation, Adaptivität, Robustheit, Redundanz sowie Regenerations- und Lernfähigkeit, ausgerichtet ist. Weiterhin stellt das Integrationsmodell sicher, dass die Technologien als Bestandteil einer ganzheitlichen Unternehmensstrategie betrachtet werden und ein Verständnis zur Verknüpfung des Resilienzmanagements mit Technologiestrategien geschaffen wird (vgl. Abbildung 22). Die Methodik fokussiert auf die Integrierbarkeit und Skalierbarkeit von Technologien in den Segmenten des Geschäftsmodells (Resilienz Canvas), um Transformationsprozesse vorausschauend zu begleiten. Die Einbindung technologischer Reifebewertungen sowie die differenzierte Betrachtung von Basis-, Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien unterstützen Unternehmen zusätzlich dabei, die digitale Transformation resilienzorientiert zu bewerten (vgl. Tabelle 22).

Ein Fortschritt des Modells liegt in der Kombination klassischer Managementansätze mit digitalen Technologien, wie z.B., KI-, IoT- oder Integrationslösungen, um proaktiv Maßnahmen zu realisieren und kontinuierliches Lernen zu fördern. Dies geht über bestehende Standards (vgl. Tabelle 4, insbesondere DIN ISO 22316 (Organisatorische Resilienz); DIN ISO 31000 (Risikomanagement)) hinaus, indem datengetriebene Ansätze, technologische Perspektiven und die Verknüpfung von Resilienz mit Geschäftsmodellen integriert werden. Die Operationalisierung durch messbare Indikatoren schafft zudem die Möglichkeit, dass Resilienz auf allen Unternehmensebenen systematisch verankert und überwacht wird (Resilienz Board). In diesem Zusammenhang bietet das Integrationsmodell Lösungsansätze zur Förderung der Lernfähigkeit von Unternehmen, indem es Mechanismen zur kontinuierlichen Analyse und Verbesserung definiert, die den Resilienzphasen (vgl. Abbildung 23; Vorbereitung, Adaption, Regenerieren, Lernen, Verbesserung) folgen. Insgesamt leistet das Integrationsmodell einen wertvollen Beitrag

zur Entwicklung eines dynamischen und praxisorientierten Resilienzmanagements. Es bietet Unternehmen ein ganzheitliches und unterstützendes Werkzeug, um in einem zunehmend komplexen und unsicheren Marktumfeld zu agieren und die unternehmerische Handlungsfähigkeit vor, während und nach Krisensituationen gezielt zu stärken. Die Unterstützung wird konkret durch ein Excel-basiertes Tool, welches auf den illustrierten Methodenbausteinen dieser Arbeit basiert, realisiert, und über ein Makro mit dem antrainierten generativen KI-Modell (vgl. Anhang G) direkt verknüpft.

5.2 Kritische Würdigung

Das Integrationsmodell adressiert die unternehmerische Herausforderung, Resilienz als strategischen Gestaltungsfaktor im Sinne von Resilienzfähigkeiten (Kompetenzen, Ressourcen, Maßnahmen) und -eigenschaften (Strukturen, Organisationsausrichtung) in einem zunehmend volatilen und unsicheren Marktumfeld zu operationalisieren und in die Unternehmensplanung zu integrieren. Konkret zielt es darauf ab, interne Schwachstellen zu identifizieren (*Positionsbestimmung*), externe Chancen und Risiken (*Szenarioanalyse*) zu bewerten und adaptive Strategien zur Bewältigung potentieller Krisenszenarien und auch disruptiven Trends zu entwickeln (*Strategieentwicklung*). Dabei wird insbesondere die Fähigkeit eines Unternehmens unterstützt, mit Störungen bzw. einschneidenden Ereignissen systematischer und in Zyklen umzugehen (*Operationalisierung*), als auch die Flexibilität und Innovationskraft zu fördern, um sich besser auf Veränderungen vorbereiten zu können (*Integration*).

Kritisch reflektierend löst das Integrationsmodell jedoch nicht alle Herausforderungen vollständig. Es bietet zwar einen systematischen und methodischen Orientierungsrahmen zur Förderung von unternehmerischer Resilienz durch technologiebasierte Strategieentwicklung, setzt für die Operationalisierungsbestrebungen die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger (Echtzeit-) Daten, eine klare strategische Ausrichtung und organisatorische Ressourcen voraus. Die Umsetzung erfordert eine zeitliche Vorlaufphase, in der Daten erhoben, Prozesse analysiert (z.B. nach dem Vorbild des Business Continuity Management (vgl. Kap. 2.1.2)) und derartige Strategieentwicklungen im Unternehmen abgestimmt werden müssen. Die Wirksamkeit des Integrationsmodells liegt stark in der Anwendung durch die Unternehmen selbst, da dessen Mehrwert von der konsequenten Umsetzung, der kontinuierlichen Anpassung der Resilienzmaßnahmen und Benennung von Verantwortlichkeiten abhängt. Damit wird das Modell zu einem zentralen Baustein im Resilienzmanagement, dessen Wirksamkeit jedoch von ergänzenden Maßnahmen und einer umfassenden Managementstrategie flankiert werden muss.

Ein Einstieg in die Modellnutzung zum Resilienzmanagement ist dann sinnvoll, wenn Unternehmen sich wie einleitend beschrieben in einem dynamischen Marktumfeld befinden, welches durch hohe Unsicherheiten, komplexe Abhängigkeiten und steigende externe Risiken geprägt ist (VUCA, vgl. Patzwald et al., 2021, S. 5; Mack & Khare, 2016). Das Integrationsmodell bietet eine strukturierte Methodik, um resilienzfördernde Maßnahmen in bestehende Geschäftsprozesse zu integrieren und auf verschiedenen Unternehmensebenen zu beleuchten. Dies ist besonders relevant, wenn Unternehmen eine Strategie entwickeln möchten, die eine

Balance zwischen Effizienz, Robustheit und Flexibilität sicherstellen soll. Empfohlen ist hier insbesondere der Einstieg bei der Einführung neuer Technologielösungen bzw. der Digitalisierung von Unternehmensprozessen, da das Integrationsmodell die Verknüpfung zwischen strategischen Zielen, technologischen Lösungen und auch operativen Integrationsanforderungen adressiert.

Im Hinblick auf die Anwendung von generativer KI im Resilienzmanagement kann in der Schlussbetrachtung festgehalten werden, dass derartige Systeme breite Einsatzmöglichkeiten bieten, um die Resilienz von Unternehmen zu stärken. Es werden Fähigkeiten gefördert, die interne und externe Einflussgrößen frühzeitig erkennen und Unternehmen dementsprechend agieren und sich anpassen lassen. Eine zentrale Stärke der KI liegt darin, Korrelationen und Trends in großen Datenmengen zu identifizieren, die menschliche Entscheidungsträger möglicherweise übersehen (vgl. Gabriel et al., 2024, S. 22). Dazu zählen die datenbasierte Analysen zur Modellierung von Szenarien (*Szenarioanalyse*), die Identifikation von Schwachstellen (*Positionsbestimmung*) und die Bewertung potentieller Handlungsalternativen (*Strategieentwicklung, Integration*). Gleichzeitig bleibt die Entscheidungshoheit beim Menschen, was die unverzichtbare Rolle menschlicher Expertise im Kontext des Resilienzmanagements unterstreicht. Die generative KI sollte nicht alleinstehend verwendet werden, sondern durch Expertenwissen ergänzt und reflektiert werden, insbesondere in den Bereichen, in denen kontextuelles Verständnis und kreative Problemlösung erforderlich sind.

Eine (nahe) Zukunftsperspektive ist allerdings auch, dass die KI-Systeme beginnen, *aktiv* zu handeln, und dabei Prozess- und Wertschöpfungsketten schließen (vgl. z.B. Ökosystemansatz der Silicon Economy (2024) oder des Lamarr-Instituts (2024)). Im Kern werden sich cyberphysischen Systeme in Echtzeit vernetzen, große Datenmengen erzeugen und autonom handeln. Dabei sind souveräne Datenmodelle und -räume notwendig, in denen Daten sicher genutzt, getauscht und verbunden werden können und somit die Grundlage für eine industrielle Plattformökonomie entsteht (vgl. ten Hompel & Henke, 2022, S. 3-9). Im Kontext generativer KI werden die großen Sprach- und Fundamentalmodelle auf extrem großen Datenbeständen vortrainiert und erlauben damit datenbasiert (Texte, Bilder, Signale, Sprachnachrichten) adaptierend Aufgaben im Kontext von Informationsfilterung, Beantwortung spezifischer Fragen, Objekterkennungen und weitere Anweisungen zu übernehmen (vgl. Bommasani et al., 2022, S. 74). Die Verbindung von Daten (Daten sammeln, Informationen verarbeiten), Wissen (Erfahrungen sammeln, Gewissheit erlangen) und Kontext (Zusammenhänge erkennen und verstehen) ist maßgeblich bei der Entwicklung der nächsten Generation an künstlicher Intelligenz (vgl. Lamarr-Institut, 2024).

Die Entwicklung und Implementierung generativer KI im Resilienzmanagement erfordert jedoch eine domänen- und applikationsspezifische Erweiterung bestehender Modelle. Der Großteil an aktuellen Modellen besitzt aktuell nur limitiertes branchenspezifisches Fachwissen, sodass sich hier ein Bedarf ergibt, KI-Plattformen aufzusetzen, auf denen generische Modelle in domänenspezifischen Services und Lösungen transferiert werden können (vgl. FhG, 2024, S. 5). Mit dieser Arbeit ist eine Empfehlung erarbeitet, welche Informationen und

Daten entscheidend sind, um das Qualitätsniveau entsprechender Modelle zu steigern (vgl. Anhang C und Anhang D).

Im Kontext der Datenverwendung ist eine klare Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen KI-Systemen von Bedeutung. Während offene Systeme eine größere Flexibilität bieten, erfordern resilienzoriente Anwendungen zur Entfaltung einer größtmöglichen Wirksamkeit geschlossene Plattformen, um sensible Daten, operative Geschäftszahlen, technische Details oder Risiko- und Anforderungsprofile sicher zu verarbeiten (vgl. Tabelle 15). Der Einsatz von generativer KI muss daher sorgfältig geplant werden, um datenschutzrechtliche Anforderungen und branchenspezifische Standards zu erfüllen. Der folgende Abschnitt 5.3 geht nochmal auf die Thematik lokaler Lösungen ein.

Im Rahmen der Forschungsarbeit hat sich weiterhin das Prompt-Engineering als ein zentraler Faktor für die Qualität der generierten Informationen, z.B. im Kontext der *Szenarioanalyse*, herausgestellt. Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass die Konkretisierung und Strukturierung von Fragestellungen entscheidend ist. Prompts, die klare Kontexte, spezifische Dokumentenvorlagen und gewünschte Ausgabeformate enthalten, führen zu präziseren und relevanteren Ergebnissen. Der iterative Prozess zum Feintuning der Prompts basierend auf dem Feedback der generierten Antworten hat sich als essentiell erwiesen, um die Informationsqualität zu steigern. Das Experimentieren mit verschiedenen Rollenmodellen (Geschäftsführung, Controlling, HR) (vgl. Prompt 1) ermöglicht zudem eine differenzierte Perspektive auf die Fragestellungen und führt zu umfassenderen, originelleren und aus Sicht der Anwendungspartnern auch validen Ergebnissen. Vor allem im Resilienzmanagement ist es wichtig, dass die bereitgestellten Informationen nicht nur auf aktuelle Probleme zugeschnitten sind, sondern auch zukunftsorientierte und fundierte Handlungsempfehlungen bieten, die auf einem breiten Spektrum an Szenarien basieren. Hier konnte vor allem das ex-post-Szenario in Kap. 4.1.1 herangezogen werden, um den tatsächlichen Realitätsverlauf im Übereinstimmungscheck mit dem Praxispartner zu bewerten.

Die Informationsqualität eines Prompts lässt sich in diesem Zusammenhang an der Fähigkeit messen, klare, logische und umsetzbare Antworten zu liefern, die auf spezifische Herausforderungen wie Risikobewertung, Krisenbewältigung und strategische Anpassung eingehen. Eine wesentliche Erkenntnis hat sich auch in der Form gezeigt, dass Modellvarianten im *OpenAI GPT Builder* mit Pre-Training oft präzisere und konsistentere Antworten geliefert haben, während Abfragen (ohne Pre-Training) größere stochastische Variabilitäten aufgewiesen haben. Dies zeigt, dass der stochastische Ansatz der generativen KI sowohl eine Stärke (durch kreative Vielfalt) als auch eine Schwäche (durch mögliche Inkonsistenzen) darstellt. Einschränkungen in der Wiederholbarkeit der Ergebnisse von gleichen Prompts bleibt ein bestehendes Bias (vgl. auch Fritz, 2024, S. 346), welches jedoch mit entsprechenden Maßnahmen (vgl. Tabelle 11) und einer kritischen Reflektion der Ergebnisse durch den menschlichen Anwender minimiert werden kann. In der Anwendung kann der *OpenAI GPT Builder* als eine Art „Meta-Prompt“ verstanden werden, der spezifische Kontextinformationen und Templates bei der Abfrage berücksichtigt und übermittelt. Alternativ lässt sich im Zuge einer vereinfachten

Abfrage auch ein statischer „Mega-Prompt“ formulieren, welcher allerdings unhandhabbar wird, da eine Vielzahl an Kontextinformationen mitgegeben werden muss.

5.3 Handlungsempfehlungen an die Unternehmen

Im Kontext der digitalen Transformation, des zunehmenden Wettbewerbsdrucks und der steigenden Anforderungen an resiliente Wertschöpfungssysteme gewinnen Transparenz, präzise Voraussagen und Szenarioanalysen zunehmend an Bedeutung (vgl. Busch-Heizmann et al., 2023, S. 102-104). Unternehmen sollten daher verstärkt auf technologisch orientierte Handlungsoptionen setzen, die sowohl kurzfristige Gestaltungsoptionen als auch langfristige Resilienzstrategien ermöglichen. Ein zentraler Hebel, der über das vorliegende Integrationsmodell geschaffen wird, ist die Analysemöglichkeit von Technologiekombinationen, um Synergien zwischen digitalen Technologien, wie z.B. IoT, KI oder MR, zu identifizieren und synergetisch zu nutzen. Durch die Analyse von Technologiekombinationen lassen sich Auswirkungen auf Produktionsabläufe, Lieferketten sowie Chancen und Risikopotentiale frühzeitig erkennen und bewerten, wodurch Unternehmen in die Lage versetzt werden, proaktive Maßnahmen zur Stabilisierung ihrer Prozesse zu ergreifen (vgl. auch Kohl et al., 2021, S. 41).

Die Erprobung des Integrationsmodells ist im Rahmen der Arbeit primär in Großunternehmen des produzierenden Gewerbes durchgeführt worden. Die Übertragbarkeit in KMU durch eventuell bestehende Engpässe in Bezug auf Budget, Expertise, Rollenverteilung und das Netzwerk kann unter Berücksichtigung von entsprechenden Argumentationsansätzen auch umgesetzt werden. Im Allgemeinen begegnen KMU stärker Einschränkungen hinsichtlich verfügbaren Budgets für Personal und Investitionen, sodass Herausforderungen im Zugang zu neuen Technologien, zusätzlichen Anwendungen und Dienstleistungen sowie Geschäftsmodellen bestehen. Zumeist sind sowohl F&E- als auch administratives Personal knapp (vgl. Dornbusch et al., 2016, S. 13; Welter et al., 2015, S. 51ff.). Dies resultiert insgesamt in einer höheren Risikoaversion und höherem unmittelbarem Interesse an einer direkten Monetarisierung der Ergebnisse. Resilienzstrategien müssen daher pragmatisch auf wesentliche Geschäftsbereiche und kritische Prozesse ausgerichtet werden, um Lösungen für konkrete Probleme zu schaffen. Der Einstieg sollte hier gleichermaßen über die *Positionsbestimmung* und *Szenarioanalyse* gewählt werden, durchaus mit ergänzendem methodischen Fokus auf die *Business Impact Analysis* (vgl. Kap. 2.1.2) zur Identifikation der kritischen Geschäftsprozesse. In der Resilienzentwicklung muss dann stärker die Phase des Lernens (Rückkopplungen, Grenzwerte) integriert werden, um Gestaltungsfähigkeiten und Kapazitäten im Fokus zu behalten. Weiterhin wird empfohlen, Vernetzungsaktivitäten zu anderen Industrieunternehmen und anwendungsorientierten Forschungseinrichtungen zu intensivieren, um über Anwendungspotentiale von (neuen) Technologien aufgeklärt zu werden. Oftmals stehen vor allem für KMU in der deutschen Förderlandschaft Finanzierungsmöglichkeiten in Form von Förderprojekten und damit Risikokompensationen zur Verfügung (vgl. Dornbusch et al., 2016, S. 16), sodass neben Aufklärungsarbeit auch ein technologiebasiertes Roadmapping unter der Stärkung der unternehmerischen Resilienz vorgenommen werden kann, z.B. bis hin zur Prototypenentwicklung

und Integration in bestehende Geschäftsstrukturen. Entscheidend in der Argumentation mit den Entscheidungsträgern ist die Sensibilisierung zur schrittweisen Entwicklung eines Resilienzmanagementsystems. Basierend auf dem entwickelten Reifegradmodell können KMU Resilienzfähigkeiten und -eigenschaften in mehreren Stufen entwickeln, von der reaktiven Problembewältigung bis hin zu einer strategisch integrierten Resilienzstrategie (vgl. Abbildung 16). Die Definition und kontinuierliche Überwachung von KPI, KRI und RI stellt sicher, dass die Fortschritte im Resilienzmanagement messbar sind und bei Bedarf Anpassungen vorgenommen werden können.

Ein weiterer Nutzensvorteil für Unternehmen wird darin gesehen, dass mithilfe von datenbasierten Selbstbewertungsinstrumenten regelmäßig die technologische Infrastruktur, Entscheidungsprozesse und Handlungskompetenzen analysiert werden können. Diese Form eines Selbst-Audits schafft einerseits Transparenz über bestehende Schwachstellen, andererseits fördert dies den Prozess zur kontinuierlichen Verbesserung in einem resilienzorientierten Managementsystem (vgl. Tabelle 2).

Um die Wertschöpfungspotentiale generativer KI-Modelle auszuschöpfen, sollten Unternehmen verstärkt auf die Integration großer Sprachmodelle (LLM) setzen, die auf Technologien wie OpenGPT-X (vgl. OpenGPT-X, 2024) basieren. Derartige Modelle müssen rechtssicher, zertifiziert und multimodal sein, um den Anforderungen der deutschen Wirtschaft gerecht zu werden. Ein wesentlicher Vorteil liegt in der Möglichkeit, lokale LLM mit unternehmenseigenen Trainingsdaten aufzubauen, wodurch die spezifische Ausrichtung auf individuelle Geschäftsprozesse und branchenspezifische Anforderungen ermöglicht wird. Der Zukunftsrat (2024, S. 10) empfiehlt deutschen Unternehmen augenblicklich, ausländische Modelle als Basistechnologien zu nutzen, um schnell in die Anwendung zu kommen. Parallel gilt es, durch den Aufbau eigener technologischer Fähigkeiten die Einsatzpotentiale von generativen KI-Systemen mitzubestimmen und sich langfristig aus Abhängigkeiten zu lösen. Vor allem große Unternehmen werden vermehrt On-Premise-Systeme, d.h. IT-Infrastrukturen, bei denen Soft- und Hardware und Daten vorort in den Einrichtungen eines Unternehmens installiert, betrieben und verwaltet werden, zur Entwicklung und Absicherung eigener Modelle implementieren, um die Kontrolle über ihre Daten und die Einhaltung strenger Sicherheitsstandards zu gewährleisten. Kontinuierliches Training und Feintuning sind essentiell, um die Modelle stetig an veränderte Marktbedingungen und neue Daten anzupassen. Auch hier wird empfohlen, dass Unternehmen auf anwendungsorientierte Forschungseinrichtungen zugehen (vgl. Dornbusch et al., 2016, S. 5-6), um den Integrationsprozess und die Einbindung spezialisierter LLM in lokale oder cloudbasierte Infrastrukturen funktional zu begleiten. Gleichzeitig muss der Kompetenzaufbau in den Bereichen Datenschutz und Datensouveränität vorangetrieben werden, um sicherzustellen, dass KI-Modelle unter Einhaltung rechtlicher Vorgaben und ethischer Standards betrieben werden und Unternehmen die volle Kontrolle über ihre Daten behalten (vgl. Bitkom, 2024, S. 16ff.).

5.4 Handlungsempfehlungen an die Wissenschaft

In Zuge der wissenschaftlichen Anschlussoptionen liegt ein vielversprechender Ansatz, der auf dem vorliegenden Integrationsmodell zum Resilienzmanagement aufbauen kann, in der hybriden Modellbildung. In diesem Zusammenhang ist die Kombination der vorliegenden generativen KI-Modelle mit klassischen KI-bzw. ML-basierten Methoden gemeint, insbesondere durch das sogenannte *Reinforcement Learning* (vgl. Lang, 2023, S. 46). Durch dieses bestärkende Lernen kann die Lücke zwischen strategischer Planung und operativer Ablaufsteuerung geschlossen und im Kontext einer dynamischen Verknüpfung (z.B. Simulationsmodell, vgl. Abbildung 32) realisiert werden. Ein konkreter Anknüpfungspunkt ist die verbesserte Produktions- und Ressourcenplanung, bei der Agenten durch Trial-and-Error-Methoden resilienzierte Entscheidungen in Echtzeit erlernen und umsetzen können. Dies ermöglicht es, auf unvorhergesehene Störungen flexibler zu reagieren und zugleich systematisch resiliente Abläufe zu fördern, indem Entscheidungsprozesse durch Belohnungsfunktionen an betriebsrelevanten Zielen ausgerichtet werden (vgl. Lang, 2023, S. 46), wie z.B. die Reduktion von Ausfallzeiten oder die Sicherstellung von Redundanzen in der Produktionskette. Technisch lässt sich durch agentenbasierte Ablaufmodellierungen das Verhalten von Produktions- oder Logistiksystemen unter Störungen simulieren und iterativ optimieren. Die Anpassungs- und Lernfähigkeit dieser Modelle trägt dazu bei, sowohl ex-ante Maßnahmen (Prävention) als auch ex-post Strategien (Reaktion) in einem erweiterten Resilienzmanagementsystem zu vereinen. Die Kombination von Echtzeitsteuerung und strategischer Planung hebt damit die Potentiale für eine langfristig resilient agierende Unternehmensführung.

Ein weiterführender Forschungsbedarf im Bereich der Einführung neuer Technologien, insbesondere im Kontext der integrierten Betrachtung von Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit, besteht darin, den Trade-off zwischen diesen drei Zieldimensionen mathematisch präzise zu bestimmen und zu quantifizieren. Während im Kontext dieser Arbeit vor allem der Fokus auf die Resilienzgröße als wichtigeres Kriterium im Optimum im Vergleich zu Effizienz (vgl. Kap. 2.1.3) gelegt worden ist, fehlt bislang ein umfassendes Modell, welches die komplexen Wechselwirkungen und Kompromisse zwischen allen drei Zieldimensionen abbildet. Die vorliegende Arbeit schafft einen Rahmen für Resilienzmetriken, um aufzuzeigen, wie Resilienz auf unterschiedlichen Geschäftsebenen bzw. -modellsegmenten messbar gemacht werden kann, Resilienz benötigt allerdings ähnlich wie Nachhaltigkeit und Effizienz ein Preisschild (vgl. Kagermann et al., 2021, S. 26). Zur Schließung dieser Forschungslücke kann die Entwicklung eines mathematischen und auch KI-basierten (z.B. auch auf Basis des o.g. Reinforcement Learnings) Optimierungsmodells vorangetrieben werden, welches über Pareto-Optimierungen ein Satz optimaler Lösungen formuliert, die verschiedene Kompromisse in einem kostenbasierten Lösungsraum der drei Zieldimensionen darstellt. Hier ist die Anwendung von Gewichtungsfaktoren denkbar, die es ermöglicht, die Prioritäten der jeweiligen Ziele dynamisch anzupassen und damit die Einführung von Technologien unter unterschiedlichen Rahmenbedingungen simulativ zu bewerten. Ein solches Modell kann hervorragend auf der *Szenarioanalyse* und *Strategieentwicklung* dieser Arbeit aufsetzen, die über die Analyse innerer und äußerer

Veränderungen die Möglichkeit bietet, ein breites Spektrum an Entwicklungsperspektiven aufzuzeigen und damit eine ausgewogene Balance zwischen Resilienz, Effizienz und Nachhaltigkeit in einem mathematischen Optimum zu erreichen.

Quellenverzeichnis

Literatur- und Quellennachweise

Adewumi, A., Ewim, S., Sam-Bulya, N., Ajani, O. (2024): *Strategic innovation in business models: Leveraging emerging technologies to gain a competitive advantage*. International Journal of Management & Entrepreneurship Research. Vol. 6, Issue 10, S. 3372-3398. DOI: [10.51594/ijmer.v6i10.1639](https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i10.1639)

Alexopoulos, K., Anagiannis, I., Nikolakis, N., Chryssolouris, G. (2022): *A quantitative approach to resilience in manufacturing systems*. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2018519>

Andrae, S. (2023): *Risiko vs. Resilienz. Gemeinsam denken*. Risk Management Network. <https://www.ris-knet.de/themen/risknews/gemeinsam-denken/>, Aufruf: 23. Januar 2024.

Annarelli, A., Nonino, F. (2016): *Strategic and operational management of organizational resilience: Current state of research and future directions*. Review, Omega 62(2016)1–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2015.08.004>

Antons, O., Arlinghaus, J. (2022): *Distributing decision-making authority in manufacturing – review and roadmap for the factory of the future*, International Journal of Production Research, 4342-4360. DOI: [10.1080/00207543.2022.2057255](https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2057255)

Arentzen, U., Winter, E. (1997): *Gabler Wirtschaftslexikon - Band 1*. Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-94492-4>

Arlinghaus, J. (2021): *Resilienz ist wichtiger als Effizienz*. *atp magazin* 11-12/2021: Industrielle Resilienz als Schutzschild.

Arnold, D.; Furmans, K.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H. (2008): *Handbuch Logistik*. 3. Aufl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (VDI-Buch), Berlin. DOI [10.1007/978-3-540-72929-7](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72929-7)

Ashkavand, M., Jentsch, S., Eggers, N., Birth, T. (2023): *Readiness Levels – Kennzahlen zur systemtechnischen Bewertung – Eine Übersicht*. Technical Report, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg. DOI: [10.13140/RG.2.2.12032.30726/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12032.30726/1)

Becker, S. (2020): *Unternehmerische Transformation und Digitalisierung: Eine empirische Analyse der Digitalisierungsbereitschaft von Beschäftigten mit besonderer Berücksichtigung multipler Kategorien von Einflussfaktoren*. Dissertation, Universität Duisburg-Essen.

Behrends, K. (2013): *Lean Management – Prozessorientiertes QM mit dem Fokus auf Wirtschaftlichkeit*. Deutsche Gesellschaft für Qualität. *Expertenwissen für DGQ-Mitglieder*, S. 2-9.

Behrendt, F., Schmidtke, N., Wollert, T., Weigert, D. (2023): *Digital Transformation and Future Impacts in Logistics and Value Chains*. In: Boukachour, J., Benaini, A. (2023): *Transport and Logistics Planning and Optimization*. IGI Global. ISBN 978-1668484760.

Behrendt, F. (2016): *Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Untersuchung multidimensionaler Einflüsse auf Güterverkehrssysteme*. Dissertation, Docupoint GmbH, Magdeburg.

Bergener, R. (2006): *Gestaltung des leistungswirtschaftlichen Risikocontrollings. Eine theoretische und empirische Untersuchung*. TCW Dissertation, 1. Aufl. München. S. 178. ISBN: 978-3-937236-49-0

Berndt, M., Mietzner, D. (2019): *Die Entwicklung eines Technologie Radars für den IT-Mittelstand*. Wissenschaftliche Beiträge TH Wildenau 23:87-94. doi: [10.15771/0949-8214_2019_12](https://doi.org/10.15771/0949-8214_2019_12)

Bican, P., Brem, A. (2020): *Digital Business Model, Digital Transformation, Digital Entrepreneurship: Is There A Sustainable “Digital”? Sustainability*, MDPI, Vol. 12(13).

- Biedermann, L. (2018): *Supply Chain Resilienz: Konzeptioneller Bezugsrahmen und Identifikation zukünftiger Erfolgsfaktoren*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23516-1>
- Bitkom e.V. (2024): *Generative KI im Unternehmen – Rechtliche Fragen zum Einsatz generativer künstlicher Intelligenz im Unternehmen*. Hrsg.: Bitkom e.V., Berlin.
- BMI (Bundesministerium des Innern und für Heimat) (2022): *Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen*. Seriennummer: [BMI22017](#)
- Bommansi, R., et al. (2022): *On the Opportunities and Risks of Foundation Models*. Center for Research on Foundation Models, Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. <https://arxiv.org/pdf/2108.07258.pdf>
- Borgmann, F., Henke, M. (2023): *Modulare Produktion*. In: Riedel, O., Hölzle, K., Schlund, S.: *Handbuch Unternehmensorganisation*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45370-0_127-1
- Brown, T., et al. (2020): *Language Models are Few-Shot Learners*. Part of Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS 2020). <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- BSI (British Standards Institution) (2021): *BSI Organizational Resilience Index Report 2021*. Download: <https://www.bsigroup.com/de-DE/Unsere-Dienstleistungen/Organisatorische-Resilienz/Benchmark-zur-organisatorischen-Resilienz/> Aufruf: 23. Januar 2024.
- Budelacci, O. (2022): *Mensch, Maschine, Identität: Ethik der Künstlichen Intelligenz*. Schwabe Verlagsgruppe AG Schwabe Verlag; 1. Edition. ISBN: 978-3796544521
- Busch-Heizmann, A., Krabel, S., Wangler, L. (2023): *Die Resilienz von Unternehmen und Wirtschaft in Zeiten externer Schocks*. In: Wittphal, V. (Hrsg.): *Resilienz*. Springer Vieweg, Berlin. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_12
- Cardwell, G. (2008): *The application of the four essentials Bow Tie Diagram to enhance business success*. Total Quality Management & Business Excellence, 19 (1-2). S. 37–45. <https://doi.org/10.1080/14783360701602163>
- Cimini, C., Pinto, R., Pezzotta, G. Gaiardelli, P. (2017): *The Transition towards Industry 4.0: Business Opportunities and Expected Impacts for Suppliers and Manufacturers*. Advances in Production Management Systems. Part I, IFIP AICT, Vol 513, S. 119-126. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_14
- Colberg, T. (2022): *Strategic Resilience: A systematic review of leading literature*. Journal of Business Management, Vol. 20. DOI: [10.32025/JBM22004](https://doi.org/10.32025/JBM22004)
- Dantzer, R., Cohen, S., Russo, S.J., Dinan, T.G. (2018): *Resilienz und Immunität*. Brain Behav Immun 2018;74:28-42. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2018.08.010>
- Di Bella, J. (2014): *Unternehmerische Resilienz – Protektive Faktoren für unternehmerischen Erfolg in risikoreichen Kontexten*. Dissertation, Universität Mannheim.
- Diederichs, M. (Hrsg.). (2017): *Risikomanagement und Risikocontrolling*. 4. Aufl. München: Verlag C.H.Beck, S. 273f. doi.org/10.15358/9783800652495
- Distelzweig, A. (2014): *Performance Measurement in der Beschaffung: Ein Konzeptvergleich*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05610-0>
- Dohrmann, K., et al. (2022): *The Logistics Trend Radar 6.0*. Delivering insight today, creating value tomorrow. [DHL Trend Research](#).
- Dornbusch, F., Lehmann, H., Pohle, A., Radic, M. (2016): *Die Bedeutung der Fraunhofer-Gesellschaft für den deutschen Mittelstand – Eine Bestandsaufnahme und Empfehlungen zur Intensivierung der Zusammenarbeit*. Fraunhofer IMW, Leipzig. [Fraunhofer-Publica](#).
- Downs, J., Velamuri, V. (2018): *Business model innovation in a knowledge revolution: an evolutionary theory perspective*. Managerial and Decision Economics 39:550–562. <https://doi.org/10.1002/mde.2926>

- Duchek, S. (2020): *Organizational resilience: a capability-based conceptualization*. Business Research (2020) 13:215–246. <https://doi.org/10.1007/s40685-019-0085-7>
- Duong, L. N. K., Chong, J. (2020): *Supply Chain Collaboration in the Presence of Disruptions: A Literature Review*. International Journal of Production Research 58:3488–3507. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712491>
- Dyckhoff, H., Spengler, T.S. (2010): *Produktivitäts- und Effizienzanalyse*. In: *Produktionswirtschaft*. Springer-Lehrbuch, Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13684-9_8
- Ebert, C., Cabral, C. (2018): *Digital Transformation*. IEEE Software 35(4):16-21. Doi:10.1109/MS.2018.2801537
- Economist Group (2022): *Resilience reimaged - Are organisations ready to face the next unknown? Economist Impact Report*, Iron Mountain.
- EFQM (2021): *Das EFQM Modell - Informationen zu Anwendungsbeispielen, RADAR und Bewertungsprofilen*. 2. überarbeitete Ausgabe. ISBN: 978-90-5236-871-9
- Elkington, J. (1997): *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone Publishing.
- Endres, H., Weber, K., Helm, R. (2015): *Resilienz-Management in Zeiten von Industrie 4.0*. IM+io Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management, Heft 3 | September 2015.
- Engemann, K., Henderson, D. (2012): *Business Continuity and Risk Management: Essentials of Organizational Resilience*. Rothstein Associates Inc., Brookfield, Connecticut, USA. ISBN 9781931332545.
- EU (European Union) (2022): *Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 537/2014 und der Richtlinien 2004/109/EG, 2006/43/EG und 2013/34/EU hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen*. [Online](#), Aufruf: 16. Februar 2024.
- Exner, K., Ruthner, R. (2019): *Corporate Risk Management. Unternehmensweites Risikomanagement als Führungsaufgabe*. 3. Aufl. Wien: Linde international. S. 71-72, 118-121. ISBN 978-3-7143-0332-2
- Ferdinand, N., Prem, R. (2020): *Sachstand - Der Beitrag von Normen zur Resilienz von Unternehmen in Krisensituationen*. Hrsg.: Internationale Zusammenarbeit, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. (FhG) (2024): *Unsere forschungspolitischen Empfehlungen, um generative KI in die Anwendung zu bringen*. [Positionspapier](#), Fraunhofer-Gesellschaft, München.
- Filz, M., Gerberding, J., Herrmann, C., Thiede, S. (2019): *Analyzing different material supply strategies in matrix-structured manufacturing systems*. Procedia CIRP, Volume 81. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.242>
- Flüter-Hoffmann, C. et al. (2018): *Resilienzkompass zur Stärkung der individuellen und organisationalen Resilienz in Unternehmen*. Hrsg.: Ifaa, Institut für Arbeitswissenschaft, Technische Universität Darmstadt (IAD), Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V. (IW), Hochschule Fresenius Düsseldorf.
- FM Global (2023): *FM Global Resilience Index – Methodology*. Pentland Analytics (Rev. 04/2023).
- Fox, C., Davis, P., Baucus, M. (2020): *Corporate social responsibility during unprecedented crises: the role of authentic leadership and business model flexibility*. Management Decision, Vol. 58 No. 10, S. 2213-2233. <https://doi.org/10.1108/MD-08-2020-1073>
- Fritz, J. (2024): *Generative KI in der Industrie - Chancen der generativen künstlichen Intelligenz (KI) verstehen und deren Einsatz zielgerichtet implementieren*. ZWF Industrie 4.0 Künstliche Intelligenz, Jahrg. 119 (2024) 5. DOI: [10.1515/zwf-2024-1056](https://doi.org/10.1515/zwf-2024-1056)
- Funk Stiftung (2023a): *Supply Chain Quick Check*. Online-Tool zur Bewertung von Risiken in der Supply Chain. Hrsg.: Arlinghaus, J., Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, RWTH Aachen. <https://supplychain.risk-quick-check.de/app/#/quick/start>. Aufruf: 30. Dezember 2023

- Funk Stiftung (2023b): *Digital Quick Check*. Online-Tool zur Bewertung von Risiken bei der Technologieeinführung. Hrsg.: Arlinghaus, J., Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, RWTH Aachen. <https://risk-quickcheck.de/digital/tool/>. Aufruf: 30. Dezember 2023
- Gabriel, S., Falkowski, T., Graunke, J., Dumitrescu, R., Murrenhoff, A., Kretzschmer, V., ten Hompel, M. (2024): *Künstliche Intelligenz und industrielle Arbeit – Perspektiven und Gestaltungsoptionen*. Forschungsbeirat der Plattform Industrie 4.0/[acatech](https://www.acatech.de) (Hrsg.).
- Gartner (2023): *What's New in the 2023 Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies*. Online: <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-the-2023-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies>. Aufruf: 18. Juli 2024.
- Gassmann, O., Frankenberger, K., Choudury, M. (2021): *Geschäftsmodelle entwickeln – Der Business Model Navigator*. Hanser Verlag, München. E-Book-ISBN: 978-3-446-46762-0
- Gahlen, M., Kranaster, M. (2012): *Krisenmanagement. Planung und Organisation von Krisenstäben*. Deutscher Gemeindeverlag, 2. erweiterte Auflage, ISBN 978-3-555-01590-3.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Evans, S. (2017): *The Cambridge Business Model Innovation Process*. Procedia Manufacturing, Volume 8, 2017, S. 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.033>
- Gennari, F. (2024): *Strategic Risk-Based Approach for the Circular Economy*. European Journal of Business and Management Research, 9(3), 24–32. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2024.9.3.2294>
- Georgescu, I., Bocean, C., Varzara, A., Rotea, C., Mangra, M., Manga, G. (2024): *Enhancing Organizational Resilience: The Transformative Influence of Strategic Human Resource Management Practices and Organizational Culture*. Sustainability 2024, 16, 4315. <https://doi.org/10.3390/su16104315>
- Gerpott, T. (2005): *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2. Auflage. ISBN-10: 3791092456.
- Gerybadze, A. (2004): *Technologie- und Innovationsmanagement*. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Verlag Vahlen, München. ISBN 978-3-8006-3047-9.
- Gleißner, W. (2011): *Grundlagen des Risikomanagements im Unternehmen*. 2. Auflage. Vahlen Verlag, München, S. 145. doi.org/10.15358/9783800644087
- Glistau, E., Machado, N. (2019): *Logistics 4.0 – Solutions and Trends*. Advanced Logistics Systems – Theory and Practice, 13(1), 47-53, <https://doi.org/10.32971/als.2019.011>
- Göpfert, I. (2016): *Logistik der Zukunft - Logistics for the Future*. Springer Galber, 7. Auflage. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-37444-0>
- Gorecki, P., Pautsch, P. (2013): *Praxisbuch Lean Management - Der Weg zur operativen Excellence*. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. ISBN: 9783446433113
- Greschke, P. (2016): *Matrix-Produktion als Konzept einer takt-unabhängigen Fließfertigung*. Dissertation, TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik. ISBN 978-3-8027-8344-9
- Griese, K.-M., Schmidt, A., Baringhorst, S. (2018): *Organisationale Resilienz im Unternehmen im Kontext von hohem Digitalisierungs- und Nachhaltigkeitsgrad*. Gausemeier, J. (Hrsg.): *Vorausschau und Technologieplanung*. Verlagsschriftenreihe des Heinz-Nixdorf-Instituts, Produktplanung und Systems Engineering, S. 345-362
- Günther, E. (2018): *Definition: Was ist „Resilienz“?* Gabler Wirtschaftslexikon. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/resilienz-52429/version-275567>. Aufruf am 09. Februar 2022.
- Gürpınar, T., Große, N., Schwarzer, M., Burov, E., Stammes, R., Ioannidis, P., Krämer, L., Ahlbäumer, R., Henke, M. (2022): *Blockchain Technology in Supply Chain Management – A Discussion of Current and Future Research Topics*. In: Paiva, S., et al. (2022). *Science and Technologies for Smart Cities*. SmartCity 360 2021. Vol 442. Springer, Cham, S. 482-503. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06371-8_32

- Gu, X., Jin, X., Ni, J., Koren, Y. (2015): *Manufacturing System Design for Resilience*. CIRP 25th Design Conference Innovative Product Creation, Procedia CIRP 36 (2015) 135 – 140. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.075>
- Guo, X., Mingyue, Y., Lui, Y., Zhao, W., Shi, J., Zhang, K. (2023): *Design for product resilience: concept, characteristics and generalisation*. Journal of Engineering Design Volume 34, 2023 - Issue 5-6. <https://doi.org/10.1080/09544828.2023.2225844>
- Hahn, R. (2011): *Internationale Standardfindung und Global Governance: Zur Legitimität des Entstehungsprozesses der Leitlinie ISO 26000*. In: *Business Administration Review* (Die Betriebswirtschaft) 2011, Jg. 71, Nr. 2, S. 121–137.
- Hallmann, H. (2024): *Resilienz in der Inbound-Logistik – Anforderungen an das Controlling*. Masterarbeit, FH Münster, Institut für Technische Betriebswirtschaft.
- Hao, K. (2019): This is how AI bias really happens—and why it’s so hard to fix. MIT Technology Review. Policy, 04. Februar 2019. <https://www.technologyreview.com/2019/02/04/137602/this-is-how-ai-bias-really-happensand-why-its-so-hard-to-fix/>. Aufruf: 30. Dezember 2023.
- Hasenbeck, F., Nickel, K. (2020): *Erfolgsfaktoren für ERP-Projekte*. ERP Management 16, GITO Verlag. https://doi.org/10.30844/ERP_20-4_39-41
- Hauptka, N. (2024): *Analyse der Abdeckung wissenschaftlicher Publikationen auf Semantic Scholar im Kontext von Open Access*. Bibliothek Forschung und Praxis 2024; 48(2): 362–373. <https://doi.org/10.1515/bfp-2023-0057>
- Hellmuth, R. (2022): *Update Approaches and Methods for Digital Building Models – Literature Review*. Journal of Information Technology in Construction. DOI: 10.36680/j.itcon.2022.010
- Hunziker, A., Steiner, C. (2022): *Mit agilem Mindset zur Resilienz*. In: Schellinger, J., Tokarski, K., Kissling-Näf, I. (Hrsg.): *Resilienz durch Organisationsentwicklung*. Forschung und Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden. ISBN 978-3-658-36021-4
- Huth, M., Romeike, F. (Hrsg.). (2016): *Risikomanagement in der Logistik*. Konzepte - Instrumente - Anwendungsbeispiele. Wiesbaden: Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05896-8>
- ICOR (The International Consortium for Organizational Resilience) (2016): *Organizational Resilience Framework*. [Webseite](#), Aufruf: 29. Dezember 2023
- Illés, B., Glistau, E., Coello Machado, N. (2007): *Logistik und Qualitätsmanagement*. 1. Auflage. Miskolc, Hungary: University of Miskolc, S. 3ff.
- Ivanov, D. (2024): *Supply chain resilience: Conceptual and formal models drawing from immune system analogy*. Omega 127 (2024) 103081. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2024.103081>
- Kagermann, H.; Süßenguth, F.; Körner, J.; Liepold, A.; Behrens, J. (2021). *Resilienz als wirtschafts- und innovationspolitisches Gestaltungsziel*. [Acatech Impuls](#)
- Kaitwade, N. (2023): *Power Tool Market Outlook from (2023 to 2033). An Analysis of the Power Tool Market by Drilling Tool, Fastening Tool, Heat Guns, and other Product Types from 2023 to 2033*. Report. [Future Market Insights](#).
- Kaufmann, T. (2021): *Strategiewerkzeuge aus der Praxis Analyse und Beurteilung der strategischen Ausgangslage*. Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63105-8>
- Kaz, K. (2016): *Resilienz ergänzt Effizienz in der Unternehmensführung*. In: Hänsel, M., Kaz, K. (Hrsg.): *CSR und gesunde Führung. Management-Reihe Corporate Social Responsibility*. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48692-4_3
- Khan, O., Huth, M., Zsidisin, G., Henke, M. (2023): *Supply Chain Resilience. Reconceptualizing Risk Management in a Post-Pandemic World*. Springer Series in Supply Chain Management. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-16489-7>

- Khan, S., Khan, S.D. (2023): *Business Model Canvas within the Uncertainty Context: A Critical Review*. Journal of Informatics Education and Research, Vol 3 Issue 2. <https://doi.org/10.52783/jier.v3i2.221>
- Kinkel, S., Richter, D. (2023): *Strategische Optionen für resiliente Wertschöpfungsketten. Ein Vergleich lokal integrierter und global diversifizierter Alternativen*. Industrie 4.0 Management 39 4. https://doi.org/10.30844/IM_23-4_31-35
- Klaus, P., Krieger, W., Krupp, M. (Hrsg.) (2012): *Gabler-Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse*, 5. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-8349-7172-2>
- Klug, F. (2018): *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55873-7>
- Koch, M. (2014): *Objektanalysen für die Modellierung und Simulation von logistischen Flusssystemen*. Dissertation. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2014.
- Kohl, H., Buß, D., Gebauer, H., Glawar, R., Heller, T., Klan, S., Knothe, T., Schmidtke, N., Stenzel, F., Werner, M., Wilms, M. (2021): *Whitepaper: RESYST – Resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie – innovativ, erfolgreich, krisenfest.*, Fraunhofer-Gesellschaft e.V., München. [Fraunhofer-Publica](https://www.fraunhofer-publica.de/publication/whitepaper-resyst-resiliente-wertschoepfung-in-der-produzierenden-industrie-innovativ-erfolgreich-krisenfest)
- Kropik, M. (2021): *Produktionsleitsysteme für die Automobilindustrie: Digitalisierung des Shop-Floors in der Automobilproduktion*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-62227-8>
- Kropp, A. (2019): *Die Dimensionen der Nachhaltigkeit*. In: Kropp, A. (Hrsg.): *Grundlagen der Nachhaltigen Entwicklung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 11-12. [ISBN 978-3-658-23071-5](https://doi.org/10.1007/978-3-658-23071-5).
- Kumar, A., Mishra, A., & Kumar, S. (2024): *Architecting a Modern Data Warehouse for Large Enterprises*. Apress. <https://doi.org/10.1007/979-8-8688-0029-0>
- Lamarr-Institute for Machine Learning and Artificial Intelligence (2024): *Menschzentrierte KI-Systeme*. <https://lamarr-institute.org/de/forschung/menschzentrierte-ki-systeme/>. Aufruf: 19. Dezember 2024
- Lang, S. (2023): *Methoden des bestärkenden Lernens für die Produktionsablaufplanung*. Springer Vieweg Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-41751-2>
- Leible, S., Gücük, G.-L., Simic, D., Brackel-Schmidt, C., Lewandowski, T. (2024): *Zwischen Forschung und Praxis: Fähigkeiten und Limitationen generativer KI sowie ihre wachsende Bedeutung in der Zukunft*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 61:344–370. <https://doi.org/10.1365/s40702-024-01050-x>
- Li, Y., Zobel, C. (2020): *Exploring supply chain network resilience in the presence of the ripple effect*. Int. J. Production Economics 228 (2020) 107693. DOI: 10.1016/j.ijpe.2020.107693
- Linß, G. (2018): *Qualitätsmanagement für Ingenieure*. 4. Aufl., Hanser, München 2018, [ISBN 978-3-446-44042-5](https://doi.org/10.1007/978-3-446-44042-5).
- Liettaer, B. (2010): *Is Our Monetary Structure a Systemic Cause for Financial Instability? Evidence and Remedies from Nature*. *Journal of Futures Studies*, 14(3), 89-108.
- Lünsch, D., Detzner, P., Ebner, A., Kerner, S. (2022): *SWAP-IT: A Scalable and Lightweight Industry 4.0 Architecture for Cyber-Physical Production Systems*. IEEE 18th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE). DOI: 10.1109/CASE49997.2022.9926665
- Lund, B., Wang, T., Mannuru, N., Nie, B., Shimray, S., Wang, Z. (2023): *ChatGPT and a new academic reality: Artificial Intelligence-written research papers and the ethics of the large language models in scholarly publishing*. Journal of the Association for Information Science and Technology. <https://doi.org/10.1002/asi.24750>
- Mack, O., Khare, A. (2016): *Managing in a VUCA World*. Springer, Heidelberg, New York, [ISBN 3-319-16888-6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16888-6)
- Maghazei, O., Lewis, M., Netland, T. (2022): *Emerging technologies and the use case: A multi-year study of drone adoption*. Journal of Operations Management. Volume 68, Issue 6-7. <https://doi.org/10.1002/joom.1196>
- Markgraf, R. (2024): *Definition Diversifikation*. Online: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/diversifikation-34156>, Aufruf: 03. Januar 2024.

- Meafa, A., Benabdellah, A., Zekhnini, K. (2024): *Enhancing Supply Chain Resilience Through Dynamic Capabilities of Blockchain Technology: A Structural Model Analysis*. *Procedia Computer Science*, Volume 232, S. 980-989. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.097>
- Meissner, J.O. (2020): *Organisationale Resilienz messen. MQ Managementinstrumente ausgestalten*. Zeitschriftenartikel, Aufruf: 18. Dezember 2023.
- Memisevic, R. (2006): *An introduction to structured discriminative learning*. *Computer Science, Mathematics*. <https://www.iro.umontreal.ca/~memisevr/pubs/sdl.pdf>
- Merkel-Kiss, M., von Garrel, J. (2022): *Systematische Literaturanalyse zum KI-Einsatz und KI-basierten Geschäftsmodellen in produzierenden kleinen und mittleren Unternehmen*. *Z. Arb. Wiss.* 77:453–468. <https://doi.org/10.1007/s41449-022-00323-9>.
- Meudt, T., Pohl, M., Metternich, J. (2017): *Die Automatisierungspyramide - Ein Literaturüberblick*. Hrsg.: *TU Prints*. (tu-darmstadt.de)
- Min, A. (2023): *Artificial Intelligence and Bias: Challenges, Implications, and Remedies*. *Journal of Social Research* Vol. 2 No. 11. DOI: [10.13140/RG.2.2.36029.03049](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36029.03049)
- Mittelstand-Digital (2023): *Künstliche Intelligenz und Bias*. Beitrag vom 26. September 2023, Marie Graw. Mittelstand-Digital Zentrum Zukunftsstruktur. <https://www.digitalzentrum-zukunftskultur.de/artikel/kuenstliche-intelligenz-und-bias-11821/>. Aufruf: 30. Dezember 2023.
- Mockenhaupt, A. (2021): *Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Produktion. Grundlagen und Anwendung*. Springer Vieweg Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32773-6>
- Mohr, J., Schmidtke, N., Behrendt, F. (2023): *Design of Matrix Production Systems: New Demands on Factory Planning Methods*. *Procedia Computer Science* 232 (2024) 1972–1981. DOI: [10.1016/j.procs.2024.02.019](https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.019)
- Moldenhauer, R. (2004): *Krisenbewältigung in der New Economy. Sanierungsansätze und Handlungsempfehlungen für Gründungs- und Wachstumsunternehmen*. Deutscher Universitätsverlag. ISBN 978-3-8244-8105-7.
- Mongeon, P., Paul-Hus, A. (2016): *The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis*, *Scientometrics*, vol. 106, no. 1, 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Moosbach, D. (2024): *Wortbedeutung Robustheit*. Online: <https://www.wortbedeutung.info/Robustheit/>. Aufruf: 03. Januar 2024.
- Mordor Intelligence (2024): *Power Tool Battery Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029)*. Report. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/power-tool-batteries-market>. Aufruf: 02. August 2024.
- Moreira, O.J., Rodrigues, M. (2023): *Sourcing third party logistics service providers based on environmental, social and corporate governance: a case study*. *Discover Sustainability* (2023) 4:36. <https://doi.org/10.1007/s43621-023-00149-3>
- Mukherjee, A., Glatt, M., Mustafa, W., Kloft, M., Aurich, J. (2022): *Designing Resilient Manufacturing Systems using Cross Domain Application of Machine Learning Resilience*. *Procedia CIRP*, Volume 115, S. 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.10.054>
- Naghshineh, B., Carvalho, H. (2022): *The implications of additive manufacturing technology adoption for supply chain resilience: A systematic search and review*. *International Journal of Production Economics*, Volume 247, 108387. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108387>
- Niessen, P. (2021): *Identifikation von Resilienzindikatoren in produzierenden klein- und mittelständischen Unternehmen*. Dissertation, Technische Universität Darmstadt. doi: [10.26083/tuprints-00017520](https://doi.org/10.26083/tuprints-00017520).
- OECD (2024): *OECD Economic Outlook*. Volume 2024 Issue 1, No. 115, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/69a0c310-en>

- Öfele, M., Braun, H.-M., Warkotsch, N., Braunreuther, S. (2023): *Nachhaltigkeit versus Produktion?* WT Werkstatttechnik BD. 113 (2023) NR. 4. doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-53
- Oks, S., Jalowski, M., Lechner, M., Mirschberger, S., Merklein, M., Vogel-Heuser, B., Möslin, K. (2022): *Cyber-Physical Systems in the Context of Industry 4.0: A Review, Categorization and Outlook*. Information Systems Frontiers. <https://doi.org/10.1007/s10796-022-10252-x>
- Open AI (2024): *Building GPTs*. Online: <https://help.openai.com/en/collections/8475422-building-gpts>, Aufruf: 30. Dezember 2023.
- OpenGPT-X (2024): *Multilingual. Open. European*. <https://opengpt-x.de/en/> Aufruf: 03. Oktober 2024.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y. (2010): *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers* (Strategyzer). Wiley; 1. Edition. ISBN-10: 9780470876411.
- Palzkill-Vorbeck, A. (2018). *Geschäftsmodell-Resilienz – Bezugsrahmen für das strategische Verständnis von Unternehmen in gesellschaftlichen Umbruchprozessen*. Dissertation. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-19644-8>
- Parvez, R. (2024): *Evidence to Generate (E2G): A Single-agent Two-step Prompting for Context Grounded and Retrieval Augmented Reasoning*. Arxiv Computer Science. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.05787>
- Patzwald, M. et al. (2021): *Resilienz im strategischen Management produzierender Unternehmen*. Konzeptpapier. Fraunhofer-Publica.
- Pavlov, A., Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B. (2018): *Hybrid Fuzzy-Probabilistic Approach to Supply Chain Resilience Assessment*. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 65, No. 2. DOI: [10.1109/TEM.2017.2773574](https://doi.org/10.1109/TEM.2017.2773574)
- Pedell, B., Seidenschwarz, W., Sondermann, H. (2020): *Vorausschauend Resilienz aufbauen, statt das Unternehmen durch kurzfristiges Cost Cutting in einen Organizational Burnout zu treiben*. Controlling. DOI: [10.15358/0935-0381-2020-2-36](https://doi.org/10.15358/0935-0381-2020-2-36)
- Pedell, B.; Seidenschwarz, W. (2011): *Resilienzmanagement*. Controlling Jahrgang 23 (2011), Heft 3, Vahlen, München. doi.org/10.15358/0935-0381-2011-3
- Pfitzer, D., Freibichler, W., Waldvogel, C. (2019): *Wertschöpfungskrise im Maschinen- und Anlagenbau. Das Rezept für mehr Produktivität hat drei Zutaten*. Industriegüter, [Porsche Consulting](https://www.porscheconsulting.com/).
- Phillips, W., Roehrich, J. K., Kapletia, D., Alexander, E. (2022): *Global Value Chain Reconfiguration and COVID-19: Investigating the Case for More Resilient Redistributed Models of Production*. California Management Review, 64(2), 71-96. <https://doi.org/10.1177/00081256211068545>
- Pilz, T., Mund, M., Böswetter, M. (2024): *Resilienz in der Energiewirtschaft*. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, [BDEW-Diskussionspapier](https://www.bde-w.de/).
- Pischinger, S., Seiffert, U. (2016): *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-09528-4>
- Popp, J., Wehking, K.-H. (2016): *Neuartige Produktionslogistik für eine wandelbare und flexible Automobilproduktion*: Logistics Journal: Proceedings. DOI: [10.2195/lj_Proc_popp_de_201605_01](https://doi.org/10.2195/lj_Proc_popp_de_201605_01)
- Poretschkin, M., et al. (2021): *Leitfaden zur Gestaltung vertrauenswürdiger Künstlicher Intelligenz. KI-Prüfkatalog*. Hrsg.: Fraunhofer IAIS, St. Augustin. [Fraunhofer-Publica](https://www.fraunhofer-iais.de/).
- Powell, D., Lodgaard, E., Mogos, M. (2021): *Quick-Scan – Towards a Strategy for Responsive and Resilient Value Chains*. 54th CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 104 (2021) 1355–1360. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.228>
- Plattform Industrie 4.0 (2024): *Impulspaper – Nachhaltigkeit organisieren*. Hrsg.: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Berlin, April 2024.

- Plattform Industrie 4.0 (2022a): *Whitepaper – Resilienz im Kontext von Industrie 4.0*. Hrsg.: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Berlin, April 2022.
- Plattform Industrie 4.0 (2022b): *Whitepaper „Manufacturing-X“*. Eckpunkte für die Umsetzung von „Manufacturing-X“ im produzierenden Gewerbe zur Sicherung des Wettbewerbsstandortes Deutschland. Hrsg.: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Berlin, November 2022.
- Plattform Industrie 4.0 (2022c): *Umsetzung von cyber-physischen Matrixproduktionssystemen (Expertise)*. Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.). DOI:10.48669/fb40_2022-03
- Puchkova, A., McFarlane, D., Srinivasan, R., Thorne, A. (2020): *Resilient planning strategies to support disruption-tolerant production operations*. International Journal of Production Economics, Volume 226, 107614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107614>
- Radic, M., Haberland, P., Vienken, C., Herrmann, P., Riese, C. (2022): *Faktoren zur Gestaltung von resilienten Geschäftsmodellen – ein Literaturüberblick*. In: Welz, J., Radic, M., Riemer, A., Posselt, T. (Hrsg.) (2022): *Resilienz für die Zukunft von Wertschöpfungsnetzwerken*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-8396-1812-7, S. 16-31.
- Rajesh, R. (2019): *A Fuzzy Approach to Analyzing the Level of Resilience in Manufacturing Supply Chains*. Sustainable Production and Consumption 18: 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.02.005>
- Rauch, E., et al. (2021): *AI as an Enabler for Long-Term Resilience in Manufacturing*. Working Paper, World Manufacturing Foundation, Milano. <https://hdl.handle.net/10863/35831>
- Reinartz, W. (2018): *Kundenansprache in Zeiten digitaler Transformation*. In: Bruhn, M., Kirchgeorg, M. (Hrsg.): *Marketing Weiterdenken: Zukunftspfade für eine marktorientierte Unternehmensführung*. Springer Gabler, Basel/Leipzig, S. 124-137. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18538-1>
- Reinbacher, P. (2015): *Qualitätsmanagement? Kitsch!* In: *The European. Das Debatten-Magazin*. Aufruf: 22. Dezember 2023.
- Renn, O. et al. (2017): *Das Energiesystem resilient gestalten: Maßnahmen für eine gesicherte Versorgung*. Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung, Acatech/Leopoldina/Akademienunion (Hrsg.). ISBN: 978-3-8047-3668-9.
- Reuter, C. (2015): *Betriebliches Kontinuitätsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen – Smart Services für die Industrie 4.0*. In: Weisbecker, A., Burmester, W., Schmidt, A. (Hrsg.): *Mensch und Computer*. Workshopband, Stuttgart: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, <https://doi.org/10.1515/9783110443905-006>
- Ries, S., Neuschl, S., Kubenz, V., Haugk, S., Arzt, A., Kögler, P. (2022): *Die Digitalisierung als Enabler von Resilienz in der Krise – Status Quo und Quo Vadis*. In: Welz, J., Radic, M., Riemer, A., Posselt, T. (Hrsg.) (2022): *Resilienz für die Zukunft von Wertschöpfungsnetzwerken*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart. S. 96-107. ISBN 978-3-8396-1812-7.
- Röhe, A. (2022): *Das resiliente Unternehmen – Die Krisen der Zukunft erfolgreich meistern*. Springer Gabler Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64815-5>
- Romeike, F., Hager, P. (2020): *Erfolgsfaktor Risiko-Management 4.0*. Methoden, Beispiele, Checklisten – Praxishandbuch für Industrie und Handel. Springer Gabler, Wiesbaden. S. 115, 133, 181, 190, 195, 329, 331, 390, 494, 542. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-29446-5>
- Romeike, F. (2018): *Risikomanagement*. Springer Gabler Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13952-0>
- Romeike, F. (2014): *Risikomanagement im Kontext von Corporate Governance*. *Der Aufsichtsrat*, 5 (2014) S. 70ff.
- Ruel, S., El Baz, J., Ivanov, D., Das, A. (2021): *Supply chain viability: conceptualization, measurement, and nomological validation*. *Annal Oper Res* 2021. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03974-9>
- Ruess, P., Staffa, A., Kreutz, A., Busch, C., Gayaso, C., Pollmann, K. (2024): *Künstliche Intelligenz in betrieblichen Prozessen: Ein Vorgehensmodell zur partizipativen Gestaltung von KI-Anwendungen*. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 61:485–502. <https://doi.org/10.1365/s40702-024-01049-4>

- Sambowo, A.; Hidayatno, A. (2021): *Resilience Index Development for the Manufacturing Industry based on Robustness, Resourcefulness, Redundancy, and Rapidity*. International Journal of Technology 12 (6) 1177-1186. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i6.5229>
- Schaarschmidt, M. (2006): *Innovation durch Technologieintegration. Analyse und Ableitung von Strategien für das Technologie- und Innovationsmanagement*. Diplomarbeit. [Universität Koblenz-Landau](https://www.uni-koblenz-landau.de).
- Schäffer, U. (2020): *Levers of Organizational Resilience*. Controlling & Management Review 64:8-19. [doi:10.1016/j.ijdr.2013.08.003](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.08.003).
- Scheuffele, I., Keller, K., Kelle-Gilles, N., Kindt, A., Dreier, R. (2022): *mini-handbuch Digitale Resilienz. Herausforderungen in einer (hoch-) dynamischen Arbeitswelt*. Beltz Verlag, Weinheim Basel. [ISBN 978-3-407-36789-1](https://www.beltz.com)
- Schlimbach, R., Asghari, R. (2020): *Das Digital Canvas: Ein Instrument zur Konzeption digitaler Geschäftsmodelle*. HMD (2020) 57:866–87. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00624-9>
- Schlund, S., Baaij, F. (2018): *Describing the Technological Scope of Industry 4.0 – A Review of Survey Publications*. Scientific Journal of Logistics 14 (3), 341-353. <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2018.289>
- Schmelzle, F., Kunkel, S., Matthess, M., Beier, G. (2022): *Digitalisierte Industrie und Nachhaltigkeit – Zwischen Synergie und Dissonanz*. Industrie 4.0 Management 38 (2022) 1. https://doi.org/10.30844/I40M_22-1_7-11
- Schmidtke, N., Behrendt, F. (2023): *Designing Resilient Value Chains - A Literature Study on Methodological and Technology-Based Approaches*. International Journal of Business Management and Technology, Vol. 7 Issue 2. [ISSN: 2581-3889](https://www.ijbmt.com)
- Schmidtke, N., Rettmann, A., Mohr, J., Behrendt, F. (2023): *Investigation of Material Supply Strategies to Increase Resilience in Matrix Production Systems*. Conference: 56th Hawaii International Conference on System Sciences. [DOI:10.24251/HICSS.2023.182](https://doi.org/10.24251/HICSS.2023.182)
- Schmidtke, N., Behrendt, F., Gerpott, F., Wagner, M. (2022): *Integration of New Business Models in Smart Logistics Zones*. International Journal of Supply and Operations Management. Vol. 9, Issue 1, S. 15-33. [DOI:10.22034/ijsum.2021.109063.2160](https://doi.org/10.22034/ijsum.2021.109063.2160)
- Schmidtke, N., Glistau, E., Behrendt, F. (2019): *Magdeburg Logistics Model – The Smart Logistics Zone as a Concept for Enabling Logistics 4.0 Technologies*. International Conference on Mechanical Engineering COMEC, Cayos de Villa Clara, Cuba. [DOI:10.32971/als.2019.007](https://doi.org/10.32971/als.2019.007)
- Schmidtke, N., Behrendt, F., Thater, L., Meixner, S. (2018): *Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0*. 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL). [DOI: 10.1109/GOL.2018.8378072](https://doi.org/10.1109/GOL.2018.8378072)
- Schmitz, T., Wehrheim, M. (2006): *Risikomanagement. Grundlagen, Theorie, Praxis*. Stuttgart: Kohlhammer. S. 60-61, 127. [ISBN: 978-3-17-019330-7](https://www.kohlhammer.com)
- Schocke, K.-O. (2020): *Digitale Erfolgsfaktoren für resiliente Lieferketten*. Studienbericht einer empirischen Untersuchung im Juni/Juli 2020. [BVL Webinar](https://www.bvl-wb.com). Frankfurt University of Applied Science.
- Schrauf, S., Kett, A., Schneider, J., Sämann, F., Stockrahm, V. (2024): *Reinventing Supply Chains 2030 – Towards an adaptable, sustainable and cognitive Ecosystem*. [PwC Studie](https://www.pwc.com).
- Schulz, T., Reichsthaler, L., Tóth, D., Sielaff, L., Friedmann, A. (2023): *Wirkbeziehungen: Resilienz, Ressourcen und Leistung*. Systemdynamische Simulation von Optimierungsmaßnahmen in einem Produktionssystem. WT Werkstatttechnik BD. 113 (2023) NR. 3. doi.org/10.37544/1436-4980-2023-03-68
- Schwager, B. (2015): *Revision der Norm ISO 14001 – Neue Anforderungen zu Umweltmanagementsystemen*. Umweltwirtschaftsforum, 2015, 4, [doi:10.1007/s00550-015-0365-4](https://doi.org/10.1007/s00550-015-0365-4)
- Seufert, S., Meier, C. (2023): *Hybride Intelligenz: Zusammenarbeit mit KI-Assistenzsystemen in wissensintensiven Bereichen*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik (2023) 60:1194–1209. <https://doi.org/10.1365/s40702-023-01012-9>

- Sielaff, L., Lucke, D., Adolf, T., Friedmann, A. (2023): *Resilienzmessgrößen für Produktionssysteme*. WT Werkstattstechnik BD. 113, NR. 6. S. 266-270. <https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-06-58>
- Silberschatz, A.; Korth, H.; Sudarshan, S. (2019): *Database System Concepts*. Seventh Edition. McGraw-Hill. [ISBN 9780078022159](https://doi.org/10.1002/9780078022159)
- Silicon Economy (2024): *KI denkt Logistik weiter*. <https://www.silicon-economy.com/> Aufruf: 19. Dezember 2024
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. (2000). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*. New York: McGraw-Hill/Irwin
- Sinek, S. (2023). *The Golden Circle*. Webseite: The Optimism Company from Simon Sinek. <https://simonsinek.com/golden-circle/>. Aufruf: 23. Dezember 2023.
- Steinle, C., Eggers, B., Ahlers, F. (2008): *Change Management – Wandlungsprozesse erfolgreich planen und umsetzen*. Rainer Hampp Verlag, Augsburg. [ISBN 9783866181977](https://doi.org/10.1007/9783866181977)
- Stephenson, A. (2010): *Benchmarking the Resilience of Organisations*. Thesis, Civil and Natural Resources Engineering Department, University of Canterbury.
- Stich, V., Stroh, M., Abbas, M., Frings, K., Kremer, S. (2022): *Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland - Technologie- und Trendradar 2022*. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hrsg.), November 2022.
- Stich, V., Oflazgil, K., Schröter, M., Jordan, F., Fuhs, G. (2016): *Big Data as an Enabler to Prevent Failures in the Production Area*. IEEE International Conference on Knowledge Engineering and Applications. DOI: [10.1109/ICKEA.2016.7803025](https://doi.org/10.1109/ICKEA.2016.7803025)
- Strohm, O., Ulich, E. (1997): *Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik, Organisation*. Zürich: vdf, [ISBN 3728121711](https://doi.org/10.1007/9783728121711)
- Tang, C., Tomlin, B. (2008): *The power of flexibility for mitigating supply chain risks*. International Journal of Production Economics, 116(1), 12–27. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.008>
- ten Hompel, M., Henke, M. (2020): *Logistik 4.0 in der Silicon Economy*. In: ten Hompel, M., Bauernhansl, T., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): *Handbuch Industrie 4.0*. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58530-6_120
- Thoma, K., Scharfe, B., Hiller, D., Leismann, T. (2016): *Resilience Engineering as Part of Security Research: Definitions, Concepts and Science Approaches*. Eur J Secur Res (2016) 1:3–19. DOI [10.1007/s41125-016-0002-4](https://doi.org/10.1007/s41125-016-0002-4)
- Thun-Hohenstein, L., Lampert, K., Altendorfer-Kling, U. (2020): *Resilienz – Geschichte, Modelle und Anwendung*. Z Psychodrama Soziom (2020) 19:7–20. <https://doi.org/10.1007/s11620-020-00524-6>
- Tietjen, T., Müller, D. (2003): *FMEA-Praxis*. Ausgabe 2. Hanser Verlag, [ISBN 3-446-22322-3](https://doi.org/10.1007/9783446223223).
- Tokarski, K., Kissling-Näf, I., Schellinger, J. (2022): *Resilienz und Organisationsentwicklung*. In: Schellinger, J., Tokarski, K., Kissling-Näf, I. (Hrsg.): *Resilienz durch Organisationsentwicklung*. Forschung und Praxis. Springer Gabler, Wiesbaden. [ISBN 978-3-658-36021-4](https://doi.org/10.1007/9783658360214)
- Trojahn, S., Dittrich, I., Frindik, R. (2022): *Grundlagen der Logistik*. Huss Verlag. [ISBN: 978-3949994074](https://doi.org/10.1007/9783949994074)
- Untenberg, M., Bouschery, S., Ortjohann, L., van Ouwerkerk, N., Weiser, F. (2020): *Resilienz-Benchmarking Report 2020*. SPAICER Projekt, gefördert durch BMWK. RWTH Aachen.
- Vahrenkamp, R., Kotzab, H. Siepermann, C. (2012): *Logistik: Management und Strategien*. De Gruyter Oldenbourg, München, 7. Auflage. <https://doi.org/10.1524/9783486718560>
- Vargo, S., Lusch, R. (2008): *Service-dominant logic: continuing the evolution*. Journal of the Academy of Marketing Science 36(1):1–10. <https://doi.org/10.1007/s11747-007-0069-6>
- Wagner, M. (2021): *Geschäftsmodell-Resilienz – Entwicklung eines Methoden-Tools zur Risikobeherrschung*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Masterarbeit.

WEF (World Economic Forum) (2023): *The Future of Jobs Report 2023. Insight Report*

Welge, M., Al-Laham, A. (2008): *Strategisches Management*. Galber, Wiesbaden, 5. Auflage. ISBN 978-3-8349-0313-6.

Welter, F., May-Strobl, E., Holz, M., Pahnke, A., Schlepphorst, S., Wolter, H.-J. (2015): *Mittelstand zwischen Fakten und Gefühl*. Institut für Mittelstandsforschung, Bonn, IfM-Materialien Nr. 234. ISSN 2193-1852.

Whitman, R., Kachali, Z., Roger., D., Vargo, J., Seville, E. (2013). *Short-form version of the Benchmark Resilience Tool (BRT-53)*. Measuring Business Excellence, 17(3), 3-14. ISSN 1368-3047. doi:10.1108/MBE-05-2012-0030

Wieland, A., Wallenburg, C.M. (2013): *The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol. 43, No. 4, S. 300–320. DOI 10.1108/IJPDLM-08-2012-0243

Wiendahl, H.-P. (2008): *Prozessorientierte Sichtweise in Produktion und Logistik - Logistikorientierte Kennzahlensysteme und -kennlinien*. In: Arnold, D.; Furmans, K.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H. (Hrsg.): *Handbuch Logistik*. 3. Aufl, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (VDI-Buch), Berlin. DOI 10.1007/978-3-540-72929-7

Wittenbrink, N., Demirci, S., Wischmann, S. (2023): *Resiliente und robuste KI-Systeme im praktischen Einsatz*. In: Wittphal, V. (Hrsg.): *Resilienz*. Springer Vieweg, Berlin. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66057-7_12

Zimmermann, B., Knauf, P. (2023): *Resilienzanalyse in der Logistik: Best-Practice-Ansätze ausgewählter Akteure*. Industrie 4.0 Management 39 (4). https://doi.org/10.30844/IM_23-4_50-54

Zukunftsrat des Bundeskanzlers (2024): *Souveräne Antworten - Anwendung und Entwicklung generativer Künstlicher Intelligenz in Deutschland*. Acatech (Hrsg.). Dossier für die vierte Sitzung des Zukunftsrats in der 20. Wahlperiode am 26. Januar 2024

Kennzeichnung KI-generierte Inhalte

Tabelle 37: Kennzeichnung KI-generierte Inhalte

Querverweis	Verwendete Hilfsmittel	Einsatzform	Einsatztiefe	Bemerkungen
Abbildung 2 Abbildung 18 Abbildung 22 Abbildung 27	DALL-E 2	4 ICON-Motive generiert	Vollständig übernommen	Differenzierung der 4 Rollenbilder in Prompt beschrieben
Tabelle 14	ChatGPT-4o	Gegenüberstellung generative KI-Tools (Momentaufnahme)	Ausgabe Einsatzzweck, Vor- und Nachteile	Konsistenzcheck
Abbildung 27	ChatGPT-4o	KI-basierte Einschätzung der Positionsbestimmung (oranger Punkt)	Zusammenführung der Bewertung der Einflussfaktoren in unterschiedlichen Rollenbildern	vgl. Prompt 1
Tabelle 17 Abbildung 27	ChatGPT-4o	Herleitung von Entwicklungsszenarien (optimistisch, neutral, herausfordernd)	Vollständig übernommen	vgl. Prompt 2
Tabelle 27 Tabelle 29 Tabelle 31 Tabelle 33	ChatGPT-4o	Herleitung Veränderungsperspektiven im Geschäftsmodell durch Technologielösungen	Auszugsweise übernommen und im Wortlaut angepasst	vgl. Prompt 3
Tabelle 21	ChatGPT-4o	Einschätzung zur technologischen Reife und Eignung für die Branche	Begründete Kategorisierung nach Basis-, Schlüssel-, Schrittmachertechnologie und nicht relevant	vgl. Prompt 4
Tabelle 28 Tabelle 30 Tabelle 34	ChatGPT-4o	Empfehlungen zum Monitoring resilienzfördernder Kennzahlen und Grenzwerte auf Basis definierten Resilienzphasen	Auszugsweise übernommen und mit Praxispartner reflektiert und angepasst	vgl. Prompt 5
Tabelle 36	ChatGPT-4o	Testing der verschiedenen Prompting-Techniken	-	Erkenntnisgewinn für Informationsgüte (vgl. Kap. 5.2)

