

Ein Ansatz zur Steigerung der Resilienz in produzierenden Unternehmen

Systematisierung von Schocks, Risiken und Maßnahmen

M. Schneider, M. Inhofer, Y. Maier, T. Gramberg, E. Gross, T. Bauernhansl

ZUSAMMENFASSUNG Zunehmende wirtschaftliche und gesellschaftliche Unsicherheiten steigern die Komplexität unternehmerischer Entscheidungen. Eine resiliente Entscheidungsfindung unter Berücksichtigung bestehender Schocks und Risiken gewinnt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen zunehmend an Bedeutung. Die Arbeit entwickelt einen methodischen Ansatz zur strukturierten Analyse und Darstellung von Zusammenhängen zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen und legt damit die Grundlage für ein Reifegradmodell und ein Frühwarnsystem.

STICHWÖRTER

Resilienz, Strategie, Produktionsmanagement

Resilience in manufacturing companies – An approach to determining the relationships between shocks, risks, and measures

ABSTRACT Increasing economic and social uncertainties are making business decisions more complex. Resilient decision-making that takes existing shocks and risks into account is becoming more important, especially for small and medium-sized enterprises. This study develops a methodological approach for the structured analysis and presentation of relationships between shocks, risks, and measures, thereby laying the groundwork for a maturity model and an early warning system.

1 Motivation und Zielsetzung

In der gegenwärtigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung sind Unternehmen mit vielfältigen Unsicherheiten konfrontiert. Geopolitische Spannungen, demografische Veränderungen sowie das Auftreten von Naturereignissen wirken sich unmittelbar auf unternehmerische Entscheidungsprozesse aus [1, 2]. Vor diesem Hintergrund gewinnt eine resiliente Ausgestaltung der Entscheidungsfindung zunehmend an Bedeutung.

Dies gilt insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) der metallverarbeitenden Industrie. Diese Unternehmen verfügen zwar über interne Datenbestände, nutzen diese jedoch häufig isoliert und ohne systematische Integration [3]. Eine überbetriebliche Aggregation und Vernetzung dieser Daten könnte die kollektive Risikofrüherkennung sowie die adaptive Handlungsfähigkeit innerhalb der Branche erheblich verbessern. Gleichzeitig sind KMU durch begrenzte finanzielle und personelle Ressourcen strukturell eingeschränkt, sodass umfassende datenbasierte Systemintegrationen für einzelne Unternehmen oftmals wirtschaftlich nicht realisierbar sind [4].

Vor diesem Hintergrund zielt das Forschungsprojekt „Resiplat“ auf die Entwicklung eines übergreifenden Plattformökosystems ab [5]. Durch die branchenweite Vernetzung und den strukturierten Austausch relevanter Daten sollen KMU befähigt werden, potenzielle Risiken frühzeitig zu identifizieren und geeignete Gegenmaßnahmen abzuleiten. Auf diese Weise wird angestrebt, die Entscheidungsfähigkeit von KMU in einer von Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität (VUKA) geprägten Umwelt systematisch zu stärken.

In einer vorangegangenen Studie identifizierten Gross *et al.* [6] anhand von Literaturanalyse und Experteninterviews bereits zentrale Schocks, Risiken und Maßnahmen für KMU der metallbe- und -verarbeitenden Industrie. Für die praktische Ausgestaltung des Plattformökosystems – vor allem eines Reifegradmodells und Frühwarnsystems – reicht jedoch eine bloße Auflistung nicht aus. Es bedarf einer Eingrenzung auf praxisrelevante Elemente sowie einer strukturierten Darstellung ihrer Zusammenhänge. Diese Lücke adressiert die vorliegende Arbeit.

Die vorliegende Arbeit greift die von Gross *et al.* [6] identifizierten Schocks, Risiken und Maßnahmen auf und erweitert diese um die Ergebnisse einer Onlineumfrage zur Validierung ihrer Praxisrelevanz und für eine fundierte Eingrenzung sowie Priorisierung. Ziel der Arbeit ist eine konzeptionelle Systematisierung der Zusammenhänge zwischen Schocks und den daraus resultierenden Folgen, Risiken und Maßnahmen. Die entwickelte Vernetzungslogik bildet zudem die Grundlage für das Frühwarnsystem und das Reifegradmodell, indem sie, basierend auf identifizierten Schocks und Risiken, geeignete Maßnahmen ableitet.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Vorgehen zur Datenerhebung

Schocks bezeichnen unerwartete und abrupt auftretende Ereignisse oder Störungen, die betriebliche Abläufe sowie Netzwerke erheblich beeinträchtigen und zügige Anpassungs- oder Bewältigungsmaßnahmen erforderlich machen, um wirtschaftliche Schäden zu begrenzen [7, 8]. Risiken sind als potenzielle Gefahrenquellen zu verstehen, die aus der Unsicherheit zukünftiger

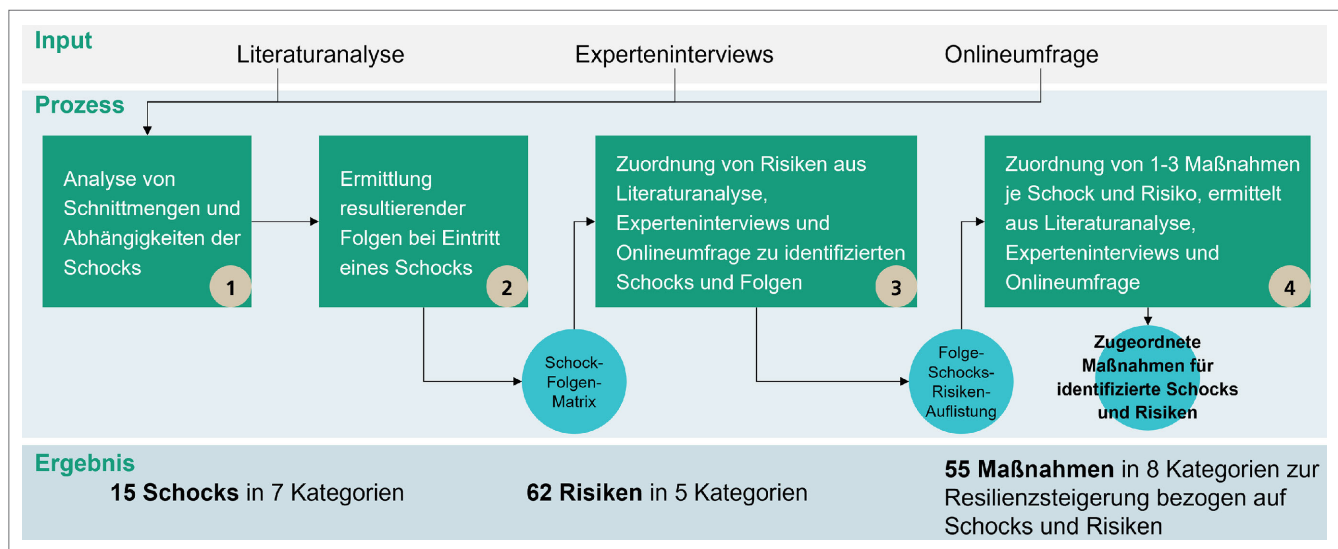


Bild 1 Vorgehensweise zur Ermittlung der Zusammenhänge von Schocks, Risiken, Maßnahmen. Grafik: Fraunhofer IPA

Entwicklungen resultieren und Prozesse sowie Zielerreichungen nachteilig beeinflussen können [9, 10].

Aufbauend auf diesem Verständnis von Schocks und Risiken wurde die Onlineumfrage im Zeitraum August bis Oktober 2025 durchgeführt. Insgesamt beteiligten sich 114 Personen an der Umfrage. Mit 54 Teilnehmenden aus KMU (< 250 Beschäftigte) lag der Schwerpunkt der Erhebung auf kleineren Unternehmen, obwohl auch Unternehmen mittlerer Größe (250 – 999 Beschäftigte, $n = 28$) sowie Großunternehmen (≥ 1000 Beschäftigte, $n = 32$) einbezogen wurden, um ein möglichst breites Praxisbild zu gewinnen. Mit etwa 85 % stammen die Rückmeldungen überwiegend aus den Branchen Maschinen- und Anlagenbau ($n = 50$), Metallindustrie und Metallverarbeitung ($n = 30$) sowie Automobil und Zulieferer ($n = 16$). Da die Stichprobe auf Industriepartnern der am Resiplat-Konsortium beteiligten Unternehmen basiert, sind die Ergebnisse als explorativ einzuordnen und primär auf den Kontext der metallbe- und -verarbeitenden Industrie ausgerichtet. Die Fragestellungen bezogen sich auf folgende Themenschwerpunkte:

- Betroffenheit von Schocks und Risiken in Produktion und Lieferkette in den vergangenen 10 Jahren
- Status quo zum Umgang mit Schocks
- Bewertung von Maßnahmen zur Steigerung der Resilienz
- Nennung von digitalen Lösungen zur Steigerung der Resilienz

Die aus der Onlineumfrage ermittelten Ergebnisse stellen mit der Literaturanalyse und den Experteninterviews die Grundlage für die Ermittlung der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen dar.

2.2 Vorgehen zur Ermittlung der Zusammenhänge

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Zusammenhänge praxisrelevanter Schocks, Risiken und Maßnahmen sowie deren Eingrenzung für die metallbe- und -verarbeitende Industrie ist in **Bild 1** dargestellt und umfasst vier aufeinander aufbauende Schritte, die nachfolgend erläutert werden.

Schritt 1: Analyse von Schnittmengen und Abhängigkeiten der Schocks

Auf Basis der Literaturanalyse, der Experteninterviews und der Onlineumfrage werden zunächst Schnittmengen der genannten Schocks ermittelt. Eine Relevanz für die praktische Anwendung wird dabei unterstellt, sofern eines der folgenden zwei Kriterien erfüllt ist:

1. Schock wird in der Literaturanalyse genannt UND in Experteninterview ODER Onlineumfrage.
2. Schock wird in Experteninterview ODER Onlineumfrage genannt UND wird von den Befragten als wichtig eingeschätzt.

Die Ausführungen der einzelnen Schocks beziehen sich dabei auf die Erläuterungen aus der Literaturanalyse. Auf Basis der Onlineumfrage werden die Ergebnisse systematisch in Kategorien geclustert, um zu ermitteln, welche Schocks direkte Folgen auf das Unternehmen haben können und welche Schocks Auslöser für weitere Schocks darstellen können.

Schritt 2: Ermittlung resultierender Folgen bei Eintritt eines Schocks

Die identifizierten Schocks werden in direkten Zusammenhang mit resultierenden Folgen für ein Unternehmen gesetzt. Die abgeleiteten Folgen ergeben sich aus der Nennung in Experteninterviews oder Onlineumfrage. Das Ergebnis dieser Betrachtung ist eine Schock-Folgen-Matrix, in welcher die Zusammenhänge zwischen Schocks und Folgen dargestellt sind.

Schritt 3: Zuordnung von Risiken

Durch gesetzliche Vorgaben – unter anderem durch das Gesetz zur Kontrolle und Transparenz im Unternehmensbereich (KonTraG) und das Unternehmensstabilisierungs- und -restrukturierungsgesetz (StaRUG) – sind durch Ausstrahlungswirkungen Unternehmen aller Größen zur Identifizierung relevanter Unternehmensrisiken verpflichtet [11]. Um in Anlehnung an den Standard DIN ISO 31000:2018 [12] eine angemessene Risiko-identifikation zu ermöglichen, werden den zuvor ermittelten Folgen und Schocks genannte Risiken und Risikokategorien aus der Literaturanalyse, den Experteninterviews und der Onlineumfrage systematisch zugeordnet, um relevante Risikobereiche und zugehörige Einzelrisiken für die metallbe- und -verarbeitende Indus-

Ergebnis					
Schockkategorien	#Schocks	Risikokategorien	#Risiken	Maßnahmenkategorien	#Maßnahmen
Supply Chain	2	Informations- & Steuerungsrisiken	7	Digitale Resilienz & datengetriebene Steuerung	6
Politik	3	Operative Risiken	13	Dynamische Anpassungsfähigkeit & operative Flexibilität	7
Produktion/ Operations	2	Markt-, Nachfrage-, und Finanzrisiken	18	Kapazitive & physische Resilienzmaßnahmen	7
Kriminalität	2	Organisations- & Unternehmensstrukturrisiken	11	Krisenreaktion & operative Wiederherstellung	9
Mensch	2	Lieferketten- & Beschaffungsrisiken	13	Netzwerkbasierte Resilienz & Kooperationsstrategien	9
Wirtschaft/Markt	3			Organisatorische & kulturelle Resilienzverankerung	8
Natur/Umwelt	1			Präventive Planung & Risikofrüherkennung	7
				Transformative Resilienz & strategische Innovation	2

Bild 2 Ergebnisübersicht Schocks, Risiken, Maßnahmen. Grafik: Fraunhofer IPA

trie zu ermitteln. Das Ergebnis ist eine Auflistung von Folgen und Schocks, welche durch identifizierte Risiken ausgelöst beziehungsweise verstärkt werden können.

Schritt 4: Zuordnung von Maßnahmen zu Schocks und Risiken

Zur Identifikation potenzieller Möglichkeiten zum Umgang mit den ermittelten Schocks und Risiken, werden diesen einzelne Maßnahmen zugeordnet, welche einerseits die Wirkung oder die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Risikos beeinflussen oder andererseits die Wirkung bei Eintritt eines Schocks abmildern können. Als entscheidendes Machbarkeitskriterium wurde berücksichtigt, dass KMU über begrenzte Ressourcen und teilweise unzureichenden Digitalisierungsgrad verfügen. Daher wurden nur solche Maßnahmen übernommen, die als realistisch umsetzbar eingeschätzt wurden.

Die Codierung und Zuordnung der Schocks, Risiken und Maßnahmen erfolgte durch zwei Forschende in einem iterativen Prozess, in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [13]. Entsprechend einem deduktiv-induktiven Vorgehen dienten die von Gross *et al.* [6] entwickelten Kategorien als Ausgangsschema, das im Zuge der Analyse schrittweise erweitert und angepasst wurde. Die Eingrenzung der Schocks erfolgte regelbasiert durch Triangulation der drei Datenquellen: Literaturanalyse, Experteninterviews und Onlineumfrage. Berücksichtigt wurden Schocks, die (a) in der Literaturanalyse und in mindestens einer weiteren Quelle genannt wurden, oder (b) in Interview oder Onlineumfrage genannt und als wichtig eingeschätzt wurden. Mehrfachzuordnungen – etwa eines Risikos zu mehreren Folgen – wurden explizit zugelassen. Bei Widersprüchen zwischen den Datenquellen wurde die Einordnung aus der Literaturanalyse als methodisch fundierteste Quelle priorisiert.

Die Validierung und finale Auswahl erfolgte in einem zweistufigen Verfahren zur Sicherstellung der Codierübereinstimmung: In einem ersten Schritt führten beide Forschende unabhängig voneinander eine Vorauswahl und Zuordnung gemäß den vier Schritten durch, wobei die Definitionen der einzelnen Schocks, Risiken, Folgen und Maßnahmen als Grundlage dienten. In einem zweiten Schritt wurden die Ergebnisse in einem strukturierten

Diskussions- und Abstimmungsprozess verglichen, offene Zuordnungsfragen diskutiert und ein gemeinsamer Konsens erarbeitet.

Das Ergebnis dieser Vorgehensweise ist eine aggregierte Darstellung relevanter Schocks, Risiken, zugehöriger Maßnahmen sowie deren Interdependenzen für KMU der metallbe- und -verarbeitenden Industrie.

3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Vorgehensweise vorgestellt. In Abschnitt 3.1 wird zunächst das Ergebnis der systematischen Eingrenzung hinsichtlich Schocks, Risiken und Maßnahmen im Kontext von Resiplat dargestellt und erläutert. Abschnitt 3.2 beschreibt die Systematik der ermittelten Zusammenhänge. Dabei wird nacheinander auf die in Bild 1 dargestellten Zwischenergebnisse Schock-Folgen-Matrix, Folge-Schocks-Risiken-Auflistung sowie zugeordnete Maßnahmen für identifizierte Schocks und Risiken eingegangen.

3.1 Auflistung identifizierter Schocks, Risiken und Maßnahmen

Durch den Abgleich der Ergebnisse von Gross *et al.* [6] mit der ergänzenden Onlineumfrage (n = 114) wird die ursprüngliche Bruttoliste von 46 Schocks, 97 Risiken und 93 Maßnahmen auf 15 Schocks, 62 Risiken und 55 Maßnahmen eingegrenzt und priorisiert. Gemäß der beschriebenen Vorgehensweise lassen sich diese in 7 Schock-, 5 Risiko- und 8 Maßnahmenkategorien einteilen, die in **Bild 2** aggregiert dargestellt sind.

Die Aufteilung und die Explikationen der Risiko- und Maßnahmenkategorien sind identisch zu den Ergebnissen von Gross *et al.* [6]. Durch die Ermittlung von Schnittmengen aus Literaturanalyse, Experteninterviews und Onlineumfrage wird die Anzahl der Schocks auf 15 (ursprünglich 41) reduziert. Hierbei sind die ursprünglichen Kategorien „Nachfrage“ zu Kategorie „Wirtschaft/Markt“ und „Pandemie“ zur Kategorie „Mensch“ zusammengefasst. Weiterhin wurde die Kategorie „Zulieferung“ aufgrund des in der Praxis verankerten Terminus „Supply Chain“ umbenannt. Alle Ausführungen zu den einzelnen Kategorien sind Gross *et al.*

				Schock - Ebene 2		
		Kategorie	Bezeichnung	Erläuterung	Wirtschaft/Markt	Politik
					Plötzliche Nachfrageänderungen	Handelsbeschränkungen
					Unerwartete und signifikante Veränderungen in der Nachfrage nach Produkten, die die Produktionskapazitäten und -strategien eines Unternehmens beeinflussen können.	Vorschriften oder Maßnahmen, die den internationalen Handel einschränken, oft zum Schutz inländischer Industrien oder aus politischen Gründen.
Schock - Ebene 1	Politik		Geopolitische Krisen	Spannungen oder Konflikte zwischen Staaten, die wirtschaftliche Stabilität und Geschäftsoperationen gefährden können.	auf tretend	auf tretend
	#	#	#	#		
Folgen	Wirtschaft/Markt		Preisvolatilität	Schnelle und unvorhersehbare Preisänderungen für Roh-/Hilfs-/Betriebsstoffe, die die Kostenplanung und Gewinnmargen eines Unternehmens beeinflussen können.	resultierend	resultierend
			Versorgungsengpässe	Situationen, in denen die Verfügbarkeit von Rohstoffen oder Komponenten nicht ausreicht, um die Produktionsanforderungen zu erfüllen. Suche nach Alternativlieferanten häufig mit erhöhten Kosten verbunden.	resultierend	resultierend
	Supply Chain		Logistische Störungen	Probleme im Transport- und Lieferprozess, die zu Verzögerungen oder Ineffizienzen führen.		resultierend
		#	#	#		

Bild 3 Auszug der Schock-Folgen-Matrix. Grafik: Fraunhofer IPA

zu entnehmen [6]. Eine vollständige tabellarische Darstellung aller identifizierten Folgen mit den zugeordneten Schocks, Risiken und Maßnahmen findet sich in **Anhang A**. Die Tabelle bildet die Vernetzungslogik der vier Schritte in ihrer Gesamtheit ab und umfasst alle 23 Folgen, 15 Schocks, 62 Risiken sowie 55 Maßnahmen.

3.2 Systematik der Zusammenhänge

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die jeweiligen Kategorien aufgelistet und aggregiert dargestellt wurden, wird im Folgenden die zugrundeliegende Systematik der Zusammenhänge von Schocks, Risiken und Maßnahmen erläutert. Dazu werden die Prozessergebnisse Schock-Folgen-Matrix, Folgen-Schocks-Risiken-Auflistung sowie die zugeordneten Maßnahmen zu Schocks und Risiken im Detail erläutert.

3.2.1 Schock-Folgen-Matrix

Wie die Auswertung der Onlineumfrage und der Experteninterviews zeigt, weisen einzelne Schocks Interdependenzen auf. Dies bedeutet, dass sie sich gegenseitig bedingen können. Die identifizierten Schocks können somit mittelbare Folgen für ein Unternehmen haben, indem sie weitere Schocks auslösen können oder ein Unternehmen unmittelbar beeinflussen. Schocks mit

mittelbaren Folgen werden in dieser Arbeit als Schock – Ebene 1 bezeichnet. Schocks mit unmittelbaren Folgen als Schock – Ebene 2. Die beschriebene Systematik ist in **Bild 3** beispielhaft dargestellt und wird im Folgenden erläutert.

Ausgangspunkt des Beispiels ist der Schock einer geopolitischen Krise. Dieser Schock kann unter anderem die Schocks „Plötzliche Nachfrageänderungen“ und „Handelsbeschränkungen“ bedingen. Der Schock „Geopolitische Krisen“ ist somit ein Schock – Ebene 1. Die eventuell dadurch bedingten Schocks Plötzliche Nachfrageänderungen und Handelsbeschränkungen können unmittelbaren Folgen für ein Unternehmen zugeordnet werden und sind damit Schocks der Ebene 2, welche durch Schocks – Ebene 1 ausgelöst werden können, jedoch auch eigenständig auftreten können.

Als Folge können Handelsbeschränkungen unter anderem zu Versorgungsengpässen führen, wodurch Unternehmen nicht mehr ausreichend mit Rohstoffen und Komponenten versorgt werden und alternative Beschaffungsmöglichkeiten prüfen müssen.

Der Schock Geopolitische Krisen kann somit Auslöser des Schocks Handelsbeschränkungen sein, was in der Folge zu Versorgungsengpässen bei Unternehmen führen kann. Zu beachten ist hierbei, dass Folgen durch einzelne oder mehrere Schocks ausgelöst werden können.

Gemäß dieser Systematik wurden die ermittelten Schocks in Verbindung zueinander gebracht, wodurch insgesamt 23 ver-

Kategorie	Bezeichnung
Produktion/ Operations	Produktionskapazitätseinbußen
	Strom- und Wasserausfälle
	Physischer Werksausfall
	Ausfall digitaler Services
	Produktionsengpässe
	Interne Prozessstörungen
Unternehmensführung/ -steuerung	Datendiebstahl/Datenverlust
	internes/ externes Misstrauen
	Regulatorischer
	Ausfall von Schlüsselpersonen
	Psychologische Panik

Kategorie	Bezeichnung
Wirtschaft/Markt	Gesteigerter Liquiditätsbedarf
	Preisvolatilität
	Inflation
	Finanzielle Einbußen
	Produktionskostenanstieg
	Versorgungsengpässe
Supply Chain	Logistische Störungen
	Qualitätsprobleme bei
	Fehlerhafte Lieferungen
	Lieferkettenunterbrechung
Nachfrage	Veränderung Kundenverhalten
	Nachfragerückgang/-schwankungen

Bild 4 Folgenauflistung. Grafik: Fraunhofer IPA

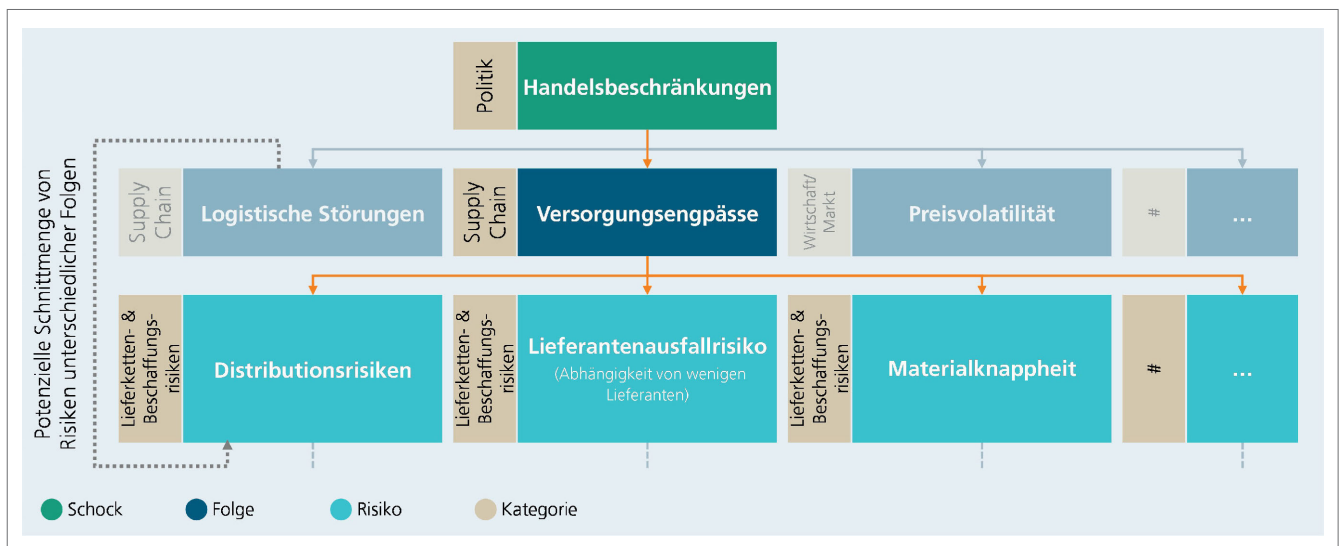


Bild 5 Folge-Schocks-Risiken-Auflistung. Grafik: Fraunhofer IPA

schiedene Folgen anhand der Onlineumfrage und der Experteninterviews ermittelt wurden, die in **Bild 4** dargestellt sind.

3.2.2 Folge-Schocks-Risiken-Auflistung

Nachdem die Schocks zueinander in Verbindung gebracht wurden und mögliche Folgen zugeordnet wurden, werden nun den abgeleiteten Folgen der Schock-Folgen-Matrix Risiken zugeordnet. In **Bild 5** ist der Prozess beispielhaft an der Folge „Versorgungsengpässe“ visualisiert.

Die Folge Versorgungsengpässe kann nicht nur, wie erläutert, durch den Schock Handelsbeschränkungen ausgelöst werden, sondern ebenfalls durch die Risiken Materialknappheit und Lieferantenausfall sowie durch Distributionsrisiken bedingt werden.

So kann unter anderem ein Lieferantenausfall (etwa aufgrund eines kurzfristigen Werksausfalls oder aufgrund Insolvenz) dazu führen, dass das betrachtete Unternehmen nicht mehr ausreichend mit Rohstoffen und Komponenten versorgt wird.

Die Folgen sind somit durch den möglichen Eintritt von Schocks und/oder Risiken charakterisiert. Dabei ist die Zuordnung von Risiken zu Folgen nicht exklusiv, so können Distributionsrisiken ebenfalls die Folge Logistische Störungen auslösen.

Folglich treten potenzielle Schnittmengen zwischen Risiken und unterschiedlichen Folgen auf.

Wie die vorangegangenen Ausführungen zeigen, handelt es sich bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und daraus resultierenden Folgen um ein komplexes System, welches Interdependenzen zwischen und in den einzelnen Bereichen aufweist. Folgen für ein Unternehmen können einerseits durch Schocks und andererseits durch Risiken entstehen, wobei Abhängigkeiten zwischen einzelnen Schocks und einzelnen Risiken, aber auch zwischen Schocks und Risiken bestehen. Aus diesem Grund ist eine Unterscheidung bezüglich der Zuordnung von potenziellen Maßnahmen erforderlich.

3.2.3 Zugeordnete Maßnahmen für identifizierte Schocks und Risiken

Im Folgenden wird dargestellt, welche Maßnahmen die Auswirkungen von Schocks betreffen und welche Maßnahmen auf die Beeinflussung der bestehenden Risiken abzielen, um eine Gesamteinschätzung über potenziell einzuleitende Maßnahmen zu erhalten. Dafür erfolgt die Zuordnung der Maßnahmen aus Risikosicht (1) und aus Schocksicht (2).

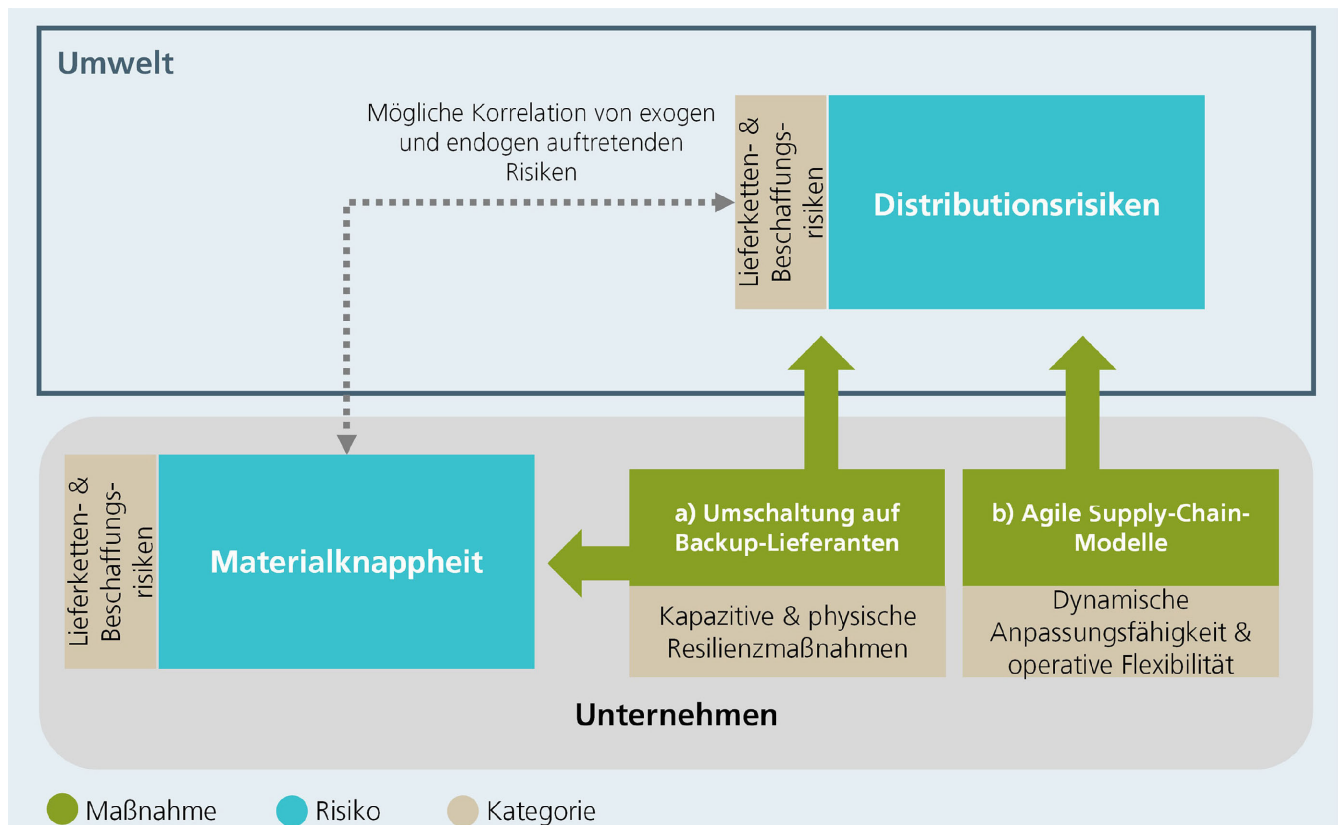


Bild 6 Risiko-Maßnahmen-Darstellung. Grafik: Fraunhofer IPA

(1) Risikosicht

Materialknappheit wird als ein distributionsrelevantes Risiko verstanden, das aus einer möglichen Unterbrechung oder Einschränkung der Materialverfügbarkeit resultiert. Dieses Risiko kann sowohl exogen als auch endogen verursacht sein. Exogen meint, dass ein Risiko durch äußere Ursachen entstehen und nach innen oder außen wirken kann (zum Beispiel Marktengpässe, geopolitische Spannungen). Endogene Risiken entstehen durch innere Ursachen und wirken ebenfalls in beide Richtungen eines Systems (zum Beispiel unzureichende Bedarfsplanung, geringe Lagerreichweiten).

Bild 6 verdeutlicht die mögliche Korrelation zwischen exogen und endogen auftretenden Risiken. Exogene Distributionsrisiken können endogene Materialknappheit auslösen oder verstärken, etwa durch entstehende Produktionsstillstände oder Lieferverzögerungen.

Zugeordnete Maßnahmen umfassen:

a. Umschaltung auf Backup-Lieferanten

Diese Maßnahme ist eine kapazitive und physische Resilienzstrategie. Durch den Aufbau alternativer Bezugsquellen wird die Abhängigkeit von einzelnen Lieferanten reduziert. Theoretisch ist diese Maßnahme der Risikoreduktion zuzuordnen, da sie primär die Schadenshöhe im Eintrittsfall begrenzt. Gleichzeitig erhöht sie die strukturelle Robustheit des Beschaffungsnetzwerks.

b. Agile Supply-Chain-Modelle

Agile Modelle zielen auf eine dynamische Anpassungsfähigkeit und operative Flexibilität ab. Dazu zählen modulare Produktionsstrukturen, flexible Transportkonzepte oder digital gestützte Transparenzsysteme. Im Sinne der Resilienzforschung erhöhen

solche Maßnahmen die Fähigkeit des Systems, auf Störungen adaptiv zu reagieren. Auch hier steht die Verringerung der Vulnerabilität im Vordergrund.

(2) Schocksicht

Im Gegensatz zur Materialknappheit stellen etwa Handelsbeschränkungen einen exogenen Schock dar. Politisch induzierte Maßnahmen wie Zölle, Exportverbote oder Sanktionen treten häufig diskontinuierlich auf und entfalten unmittelbare Wirkung auf internationale Lieferketten. Charakteristisch sind eine geringe Vorlaufzeit sowie hohe Unsicherheit hinsichtlich Dauer und Intensität. Wie in **Bild 7** erkennbar, kann der Schock „Handelsbeschränkungen“ eine unsichere Umwelt verursachen, auf die das Unternehmen durch Maßnahmen reagieren sollte.

Zugeordnete Maßnahmen umfassen:

a. Lokale Beschaffung statt Offshoring

Diese Maßnahme zielt auf eine strukturelle Reduktion der Exposition gegenüber geopolitischen Eingriffen ab. Durch Regionalisierung oder Nearshoring werden politische und regulatorische Abhängigkeiten verringert. Im wissenschaftlichen Kontext ist dies als Strategie der Expositionsreduktion zu klassifizieren. Gleichzeitig stärkt sie die präventive Risikofrüherkennung durch größere Transparenz in regionalen Netzwerken.

b. Diversifikation

Diversifikation bezeichnet die Streuung von Beschaffungs-, Produktions- oder Distributionsaktivitäten über mehrere Länder, Lieferanten oder Logistikkanäle. Sie folgt dem Prinzip der Risikostreuung und erhöht die netzwerkbasierte Resilienz. Im Unterschied zur reinen Redundanzstrategie kombiniert

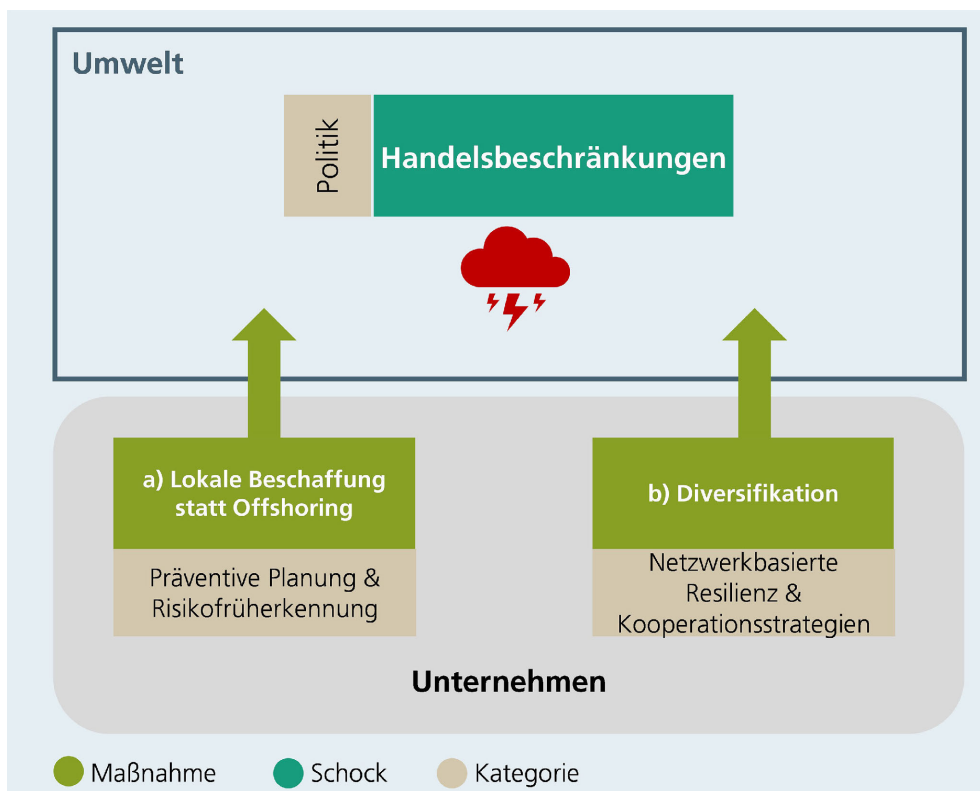


Bild 7 Schock-Maßnahmen-Übersicht. Grafik: Fraunhofer IPA

Diversifikation Flexibilität mit strategischer Kooperationsorientierung.

Schockmaßnahmen sind häufig reaktiv-initiiert, entfalten jedoch mittel- bis langfristig strukturelle Wirkung. Während kurzfristige Reaktionen die unmittelbare Störungsbewältigung adressieren, führen strategische Anpassungen, wie Regionalisierung oder Diversifikation, zu einer nachhaltigen Neuausrichtung der Supply-Chain-Struktur.

4 Diskussion

In diesem Abschnitt werden die Vorgehensweise sowie die gewonnenen Erkenntnisse diskutiert. Hierzu erfolgt zunächst eine wissenschaftliche Einordnung der entwickelten Schock-Risiko-Systematik in den bestehenden Forschungsstand, gefolgt von einer kritischen Würdigung der Vorgehensweise. Abschließend werden die praktischen Implikationen für die weitere Gestaltung des Resiplat-Plattformökosystems erläutert.

4.1 Wissenschaftliche Einordnung der Schock-Risiko-Systematik

Die konzeptionelle Trennung von Schocks und Risiken ist in der Resilienzforschung anschlussfähig: Studien zu organisational bezogener Resilienz unterscheiden oft zwischen Störereignissen und strukturellen Vulnerabilitäten beziehungsweise Expositionen, welche die Wirkung dieser Störungen modellieren [14]. Gleichzeitig zeigt die Literatur, dass die Grenze zwischen Risiko und Schock empirisch oft unscharf ist, vor allem bei sich lang anbahnenden Krisen, wie demografischer Wandel, Energiepreisschocks.

Die in dieser Arbeit eingeführte Differenzierung in Schocks der Ebene 1, also mittelbare, schockauslösende Ereignisse, und Schocks der Ebene 2, unmittelbare, direkt wirkende Ereignisse,

adressiert diese Problematik, indem sie Kaskaden- und Dominoeffekte explizit macht. Damit wird ein Punkt aufgegriffen, der in der Resilienzforschung seit längerem diskutiert wird: die Multikausalität und Mehrstufigkeit von Störungsabläufen in globalen Wertschöpfungsketten [15].

Kritisch ist anzumerken, dass die Zuordnung von Schocks zu Ebene 1 oder 2 teilweise kontextunabhängig durchgeführt wurde und von der gewählten Betrachtungsebene abhängt: Ein Ereignis wie Handelsbeschränkungen kann auf Unternehmensebene als exogener Schock (Ebene 2), auf politökonomischer Makroebene jedoch als Folge übergeordneter geopolitischer Spannungen (Ebene 1) verstanden werden. Diese Relativität der Ebenen sollte in der weiteren Modellentwicklung berücksichtigt werden.

4.2 Kritische Würdigung der Vorgehensweise

Die entwickelte Schock-Folgen-Matrix sowie die Folge-Schocks-Risiken-Auflistung bieten eine transparente Strukturierung eines komplexen Wirkungsgefüges. Damit wird ein Bedarf adressiert, der in der Literatur zu organisationaler Resilienz wiederholt betont wird: die Notwendigkeit, Interdependenzen zwischen verschiedenen Störungsarten und Risikokategorien systematisch abzubilden, statt einzelne Risiken isoliert zu betrachten [16].

Gleichzeitig bringt der gewählte Ansatz mehrere Einschränkungen mit sich:

- Kategorisierung und Überschneidungen: Die Aggregation auf 7 Schock-, 5 Risiko- und 8 Maßnahmenkategorien erhöht die Übersichtlichkeit und erleichtert die praktische Anwendbarkeit. Gleichzeitig entstehen zwangsläufig Überschneidungen und Grenzfälle. Dies entspricht Beobachtungen in der Risikomanagement-Literatur, wonach taxonomische Ansätze zur Risikoklassifikation zwar nützlich, aber immer nur approximativ

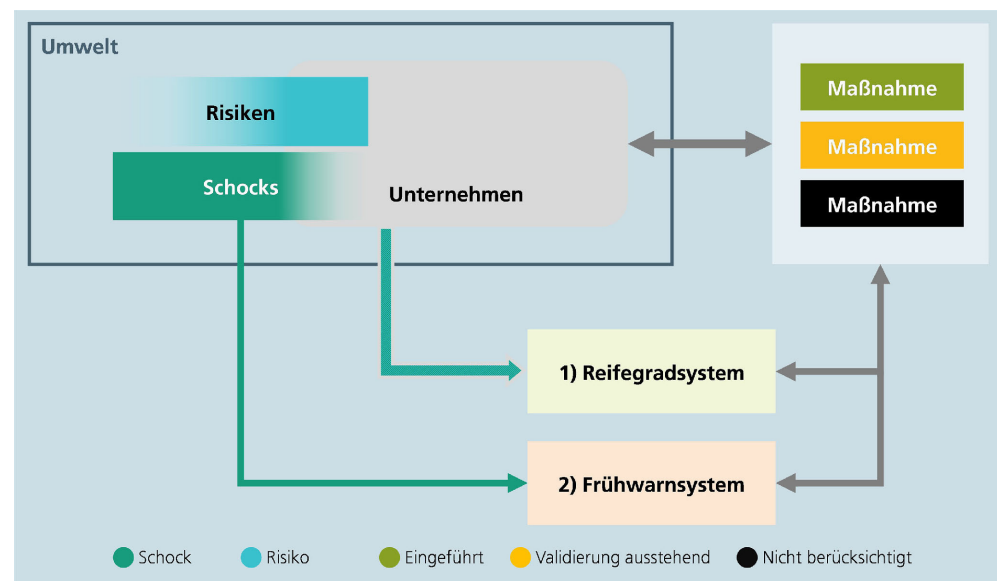


Bild 8 Reifegrad- und Frühwarnsystem. Grafik: Fraunhofer IPA

sind. Besonders bei Querschnittsrisiken (etwa Cyberrisiken, regulatorische Risiken) ist eine eindeutige Zuordnung schwierig [17].

- Ambivalente Maßnahmenzuordnung (Risiko- versus Schocksicht): Die in der Arbeit eingeführte Unterscheidung einer „Risikosicht“ und „Schocksicht“ auf Maßnahmen ist fachlich plausibel: Ein Teil der Maßnahmen zielt primär auf die Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit oder Auswirkung von Risiken (präventiv, strukturell), ein anderer Teil adressiert die Bewältigung akuter Schocks (reaktiv, adaptiv). Gleichzeitig zeigt die Literaturanalyse, dass viele Maßnahmen beide Funktionen erfüllen können, zum Beispiel Lieferantendiversifikation, Regionalisierung. Die Zuordnung einer Maßnahme zu nur einer Sichtweise trägt daher eher analytischen Charakter und sollte in der Anwendung als überlappend und kontextabhängig interpretiert werden.

Insgesamt ist die entwickelte Systematik als tragfähige Grundlage für das angestrebte Plattformökosystem zu bewerten, die jedoch für analytische Anwendungen methodisch weiter zu vertiefen ist.

4.3 Praktische Implikationen für das Resiplat-Plattformökosystem

Die Identifizierung und Bewertung von Schocks sowie Risiken soll im weiteren Verlauf der Forschung durch zwei komplementäre Instrumente erfolgen: (1) ein Reifegradsystem und (2) ein Frühwarnsystem. Beide Systeme übernehmen unterschiedliche, aber aufeinander bezogene Funktionen im unternehmerischen Risikomanagement und zielen auf eine systematische Reduktion von Schocks und Risiken. Beide Systeme prüfen Parameter und Kennzahlen (KPIs), um so Risiken und Schocks zu bestimmen. Basierend darauf werden Maßnahmen vorgeschlagen. Mit diesen Maßnahmen soll das jeweilige Unternehmen entsprechend ursachen-, wirkungsorientiert reduzierend oder transferierend reagieren.

Die in **Bild 8** dargestellte Systematik verdeutlicht somit eine zirkuläre Logik: Exogene Schocks wirken auf das Frühwarnsystem, welches Maßnahmen im Unternehmen vorschlägt. Parallel analysiert das Reifegradsystem unternehmensinterne Strukturen und Prozesse in Abhängigkeit von Schocks und Risiken und leitet

ebenfalls Maßnahmen ab. Dabei prüfen beide Systeme ständig die aktuellen Maßnahmen, ob diese bereits eingeführt, unter Validierung stehend oder nicht zu berücksichtigen sind.

Der Reifegrad eines Unternehmens ergibt sich dabei aus dem Zusammenspiel identifizierter Risiken, potenziell geeigneter Maßnahmen sowie dem Abgleich mit bereits implementierten Maßnahmen. Er beschreibt somit den Grad der strukturellen und prozessualen Vorbereitung auf definierte Risikokonstellationen und dient als Indikator für die organisationale Resilienzfähigkeit.

Das Frühwarnsystem hingegen basiert auf der systematischen Erfassung und Beobachtung identifizierter Schocks. Auf Basis definierter Indikatoren und Schwellenwerte werden potenzielle Auswirkungen antizipiert und geeignete Maßnahmen zur Abmilderung vorgeschlagen. Während das Reifegradsystem primär eine strukturell-intern ausgerichtete Perspektive einnimmt, adressiert das Frühwarnsystem insbesondere externe Dynamiken und zeitkritische Entwicklungen.

Für die Weiterentwicklung des Frühwarnsystems besteht weiterer Forschungsbedarf, besonders hinsichtlich geeigneter Datenquellen und methodischer Verfahren zur Früherkennung. Dies umfasst sowohl die Integration quantitativer Echtzeitdaten als auch qualitativer Einschätzungen, um die Prognosefähigkeit und Validität des Systems nachhaltig zu erhöhen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die in dieser Arbeit vorgestellte Methodik stellt einen praxisorientierten Ansatz zur Berücksichtigung der Zusammenhänge und der Wechselwirkungen zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen dar. Durch die Berücksichtigung von Literaturanalyse, Experteninterviews und Onlineumfrage wird sowohl die theoretische Perspektive als auch die Bestätigung für die praktische Anwendung berücksichtigt. Dabei konnten die Ergebnisse aus vorangegangenen Studien geschärft und hinsichtlich der Anwendung für die metallbe- und -verarbeitende Industrie priorisiert werden. Die resultierende Übersicht über Schocks, Risiken und Maßnahmen für KMU stellt eine zentrale Grundlage für die weitere Entwicklung des Resiplat-Plattformökosystems dar.

Insbesondere für die Ausgestaltung eines Frühwarnsystems und eines Reifegradmodells ergeben sich zwei zentrale Erkenntnisse:

- Der Abgleich von bestehenden Maßnahmen von Unternehmen zum Umgang mit Risiken mit potenziell relevanten Maßnahmen bietet Ansatzpunkte zur Entwicklung eines Reifegradmodells (Risikosicht)
- Die Auflistung potenzieller Schocks und potenzieller Maßnahmen zum Umgang bei Eintritt des Schocks stellen die Grundlage für ein Frühwarnsystem dar

Aufbauend auf der Systematik der Erkenntnisse und den Ansatzpunkten zur Gestaltung des Reifegradmodells und des Frühwarnsystems gilt es im nächsten Schritt eine Systematik zur Bewertung der jeweiligen Risiken einschließlich Quantifizierung zu entwickeln. Weiterhin bedarf es der Auswahl von potenziellen Datenquellen zur frühzeitigen Erkennung der ermittelten

Schocks, sodass diese in das angestrebte Frühwarnsystem integriert werden können.

6 Anhang

Die nachfolgende Tabelle Anhang A stellt alle 23 identifizierten Folgen mit den zugeordneten 15 Schocks, 62 Risiken und 55 Maßnahmen dar. Zellen der Folge- und Schockspalte sind bei mehreren zugehörigen Risiken zusammengeführt.

Hinweis zu Vereinfachungen: Die Darstellung enthält gegenüber der vollständigen Ergebnisdatei folgende Vereinfachungen: (1) Risikokategorie je Risiko nicht aufgeführt. (2) Maßnahmenkategorie je Maßnahme nicht aufgeführt. (3) Wirkungsart der Maßnahmen (ursachenorientiert versus wirkungsorientiert, Vermeidung, Transfer) nicht dargestellt. (4) Direkte Schock-Maßnahmen-Zuordnung nicht enthalten. (5) Mehrfachzuordnungen von Risiken zu verschiedenen Folgen sind mehrfach aufgeführt.

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
Produktionskapazitäts-einbußen	Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen	Koordinationsprobleme und Informationsverzögerungen	Agile Entscheidungsstrukturen
		Arbeitskraftausfälle / Fachkräftemangel	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven; Aufbau einer resilienten Unternehmenskultur; Remote Work / Teleworking
		Gesundheits- und Sicherheitsrisiken für Arbeitskräfte	Soziale Distanzierung und Lockdowns; Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
		Reduzierte Produktionskapazitäten	Aufbau flexibler Produktionskapazitäten; Reservekapazitäten
		Produktionsunterbrechung/-stopps	Kurzfristige Wiederherstellungspläne; Trainings & Simulationen von Störfällen; Redundanz (in Infrastruktur und IT)
		Streiks	Aufbau einer resilienten Unternehmenskultur; Kapazitätsteilung
Strom- und Wasserausfälle	Natur- und Umweltkatastrophen	Technische Ausfälle	Kurzfristige Wiederherstellungspläne; Trainings & Simulationen von Störfällen
		Unvorhersehbare Technologiefehler	Digitale Zwillinge
		Instabilität der politischen Institutionen	Zusammenarbeit mit Behörden und Regulierern; Stress-Tests & Szenarienplanung; Staatliche Subventionen & Anreizprogramme
Physischer Werksausfall	Natur- und Umweltkatastrophen	Konzentration von Kapazität	Kapazitätsteilung
		Fehlende Redundanzen	Reservekapazitäten; Redundanz (in Infrastruktur und IT); Erhöhung der Lagerbestände kritischer Teile
		Geringere organisatorische Resilienz / Unterinvestition	Krisenmanagement-Modelle
		Erhöhte Anfälligkeit gegenüber weiteren Schocks	Stress-Tests & Szenarienplanung; Krisenmanagement-Modelle

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
Ausfall digitaler Services	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Betrug/Täuschung; Natur- und Umweltkatastrophen; Cyberangriffe	Unvorhersehbare Technologiefehler	Digitale Zwillinge
		Technische Ausfälle	Kurzfristige Wiederherstellungspläne; Trainings & Simulationen von Störfällen
		Technologie & Sicherheit (vulnerable Abhängigkeiten von Monopolisten)	Diversifikation; Technologische Innovationen/Integration; Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette
		Abhängigkeit von Informationsflüssen	Redundanz (in Infrastruktur und IT); Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
		Unzureichende Nutzung von digitalen Technologien zur Krisenbewältigung	Technologische Innovationen/Integration
Produktionsengpässe	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Plötzliche Nachfrageänderungen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Natur- und Umweltkatastrophen; Cyberangriffe; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Geopolitische Krisen	Versorgungsengpässe / Materialknappheit	Antizipative Bestellungen; Erhöhung der Lagerbestände kritischer Teile; Umschaltung auf Backup-Lieferanten
		Lieferengpässe	Lernbasierte Lieferantenbewertung; Diversifikation
		Reduzierte Produktionskapazitäten	Aufbau flexibler Produktionskapazitäten; Reservekapazitäten
		Reduzierte Volumenflexibilität	Volumenflexibilität; Aufbau flexibler Produktionskapazitäten
		Bestandsprobleme	Antizipative Bestellungen
		Hohe Verwundbarkeit durch pufferfreie Produktion	Erhöhung der Lagerbestände kritischer Teile
Interne Prozessstörungen	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Betrug/Täuschung; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen	Komplexität von Prozessoperationen	Value Stream Mapping (VSM); Business Process Management (BPM) und Process Mining; Prozess- & Planungsstrategien
		Menschliche Fehler	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven
		Mangelnde Sichtbarkeit / Steuerungskompetenz	Trainings & Simulationen von Störfällen
		Informationsrisiken	Business Process Management (BPM) und Process Mining; Frühwarnsysteme
		Koordinationsprobleme und Informationsverzögerungen	Agile Entscheidungsstrukturen
Gesteigerter Liquiditätsbedarf	Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Blockade von Handelsrouten; Cyberangriffe; Geopolitische Krisen; IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Plötzliche Nachfrageänderungen; Lieferantenausfälle; Betrug/Täuschung; Handelsbeschränkungen; Politische Maßnahmen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen	Cashflow-Einbrüche	Versicherungsverträge gegen Disruptionen
		Erhöhte Kosten durch alternative Beschaffung / Logistik	Diversifikation; Spezielle Supply-Chain-Verträge für Risikoallokation (Flexibility Contracts)
		Erhöhte operative Kosten	Value Stream Mapping (VSM); Technologische Innovationen/Integration
		Finanzielle Verluste	Stress-Tests & Szenarienplanung; Versicherungsverträge gegen Disruptionen

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
Preisvolatilität	Plötzliche Nachfrageänderungen; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Politische Maßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Geopolitische Krisen; Blockade von Handelsrouten	Instabile Märkte	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Stress-Tests & Szenarienplanung; Agile Entscheidungsstrukturen
		Markt- und Nachfrageschwankungen sowie ungenaue Prognosen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Volumenflexibilität; Stress-Tests & Szenarienplanung
		Sozioökonomische Auswirkungen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; E-Commerce-Nutzung
		Politik & Regulierung	Zusammenarbeit mit Behörden und Regulierern
Inflation	Plötzliche Nachfrageänderungen; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Politische Maßnahmen; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Instabile Märkte	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Stress-Tests & Szenarienplanung; Agile Entscheidungsstrukturen
		Politik & Regulierung	Zusammenarbeit mit Behörden und Regulierern
		Sozioökonomische Auswirkungen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; E-Commerce-Nutzung
Finanzielle Einbußen	Betrug/Täuschung; Cyberangriffe	Finanzielle Verluste	Stress-Tests & Szenarienplanung; Versicherungsverträge gegen Disruptionen
		Cashflow-Einbrüche	Versicherungsverträge gegen Disruptionen
		Anstieg von Opportunitätskosten	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Prozess- & Planungsstrategien
		Industriespionage und Know-how-Leakage	Schulung in digitaler Resilienz
Produktionskostenanstieg	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen; Cyberangriffe; Finanzielle Krisen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Erhöhte operative Kosten	Value Stream Mapping (VSM); Technologische Innovationen/Integration
		Erhöhte Kosten durch alternative Beschaffung / Logistik	Diversifikation; Spezielle Supply-Chain-Verträge für Risikoallokation (Flexibility Contracts)
		Kostenerhöhungen entlang der Wertschöpfungskette	Stärkung von Partnerschaften und Kollaboration; Nachhaltigkeitsinitiativen + Umweltmanagement
		Qualitätsprobleme	Value Stream Mapping (VSM); IoT & Echtzeit-Tracking; Trainings & Simulationen von Störfällen
		Zunahme Abfälle	Abfallreduktion; Value Stream Mapping (VSM)
Versorgungsengpässe	Plötzliche Nachfrageänderungen; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Natur- und Umweltkatastrophen; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Grenzschießungen & Transportprobleme	Flexible Transportmodi; Umleitung von Transporten
		Sourcing- und Distributionsprobleme	Aufbau flexibler Produktionskapazitäten; Flexibilität & Re-Konfigurierbarkeit der Supply Chain
		Störung der Lieferkette (Supply Chain Disruptions)	Agile Supply-Chain-Modelle; Kapazitätsteilung; Notfallversorgung
		Versorgungsengpässe / Materialknappheit	Antizipative Bestellungen; Erhöhung der Lagerbestände kritischer Teile; Umschaltung auf Backup-Lieferanten
		Abhängigkeit von wenigen Lieferanten / Regionen bzw. Lieferantenausfall	Diversifikation; Umschaltung auf Backup-Lieferanten; Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
Logistische Störungen	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Natur- und Umweltkatastrophen; Cyberangriffe; Finanzielle Krisen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Lieferverzögerungen und Transportausfälle	Flexible Transportmodi; Umleitung von Transporten; Laterale Umlagerungen
		Überlastung Online Logistik	Flexible Transportmodi; Kapazitätsteilung; Laterale Umlagerungen
		Grenzsicherungen & Transportprobleme	Flexible Transportmodi; Umleitung von Transporten
		Sourcing- und Distributionsprobleme	Aufbau flexibler Produktionskapazitäten; Flexibilität & Re-Konfigurierbarkeit der Supply Chain
		Fragmentierung der Lieferkette	Stärkung von Partnerschaften und Kollaboration; Flexibilität & Re-Konfigurierbarkeit der Supply Chain
		Störung der Lieferkette (Supply Chain Disruptions)	Agile Supply-Chain-Modelle; Kapazitätsteilung; Notfallversorgung
Qualitätsprobleme bei Komponenten	Lieferantenausfälle; Betrug/ Täuschung; Finanzielle Krisen; Blockade von Handelsrouten; Cyberangriffe; Geopolitische Krisen	Qualitätsprobleme	Value Stream Mapping (VSM); IoT & Echtzeit-Tracking; Trainings & Simulationen von Störfällen
		Menschliche Fehler	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven
		Komplexität von Prozessoperationen	Value Stream Mapping (VSM); Business Process Management (BPM) und Process Mining; Prozess- & Planungsstrategien
		Intransparente Lieferketten	IoT & Echtzeit-Tracking; Lernbasierte Lieferantenbewertung
Fehlerhafte Lieferungen	Lieferantenausfälle; Betrug/ Täuschung; Finanzielle Krisen; Blockade von Handelsrouten; Cyberangriffe; Geopolitische Krisen	Qualitätsprobleme	Value Stream Mapping (VSM); IoT & Echtzeit-Tracking; Trainings & Simulationen von Störfällen
		Intransparente Lieferketten	IoT & Echtzeit-Tracking; Lernbasierte Lieferantenbewertung
		Informationsrisiken	Business Process Management (BPM) und Process Mining; Frühwarnsysteme
		Opportunistisches Verhalten Lieferanten	Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette; Spezielle Supply-Chain-Verträge für Risikoallokation (Flexibility Contracts)
Lieferkettenunterbrechung	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Maschinenstörungen und -ausfälle; Lieferantenausfälle; Handelsbeschränkungen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen; Cyberangriffe; Finanzielle Krisen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Störung der Lieferkette (Supply Chain Disruptions)	Agile Supply-Chain-Modelle; Kapazitätsteilung; Notfallversorgung
		Systemische Auswirkungen (Ripple / Kaskaden Effekt)	Stress-Tests & Szenarienplanung
		Supply Chain Netzwerk-Zerfall	Zusammenarbeit mit Dritten (regionale Lieferantennetzwerke); Krisenmanagement-Modelle
		Abhängigkeit von wenigen Lieferanten / Regionen bzw. Lieferantenausfall	Diversifikation; Umschaltung auf Backup-Lieferanten; Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette
		Korrelation von Ausfällen bei mehreren Lieferanten	Diversifikation; Zusammenarbeit mit Dritten (regionale Lieferantennetzwerke)
Datendiebstahl/ Datenverlust	IT-/Infrastruktur-Ausfälle; Betrug/Täuschung; Cyberangriffe	Industriespionage und Know-how-Leakage	Schulung in digitaler Resilienz
		Technologie & Sicherheit (vulnerable Abhängigkeiten von Monopolisten)	Diversifikation; Technologische Innovationen/Integration; Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette
		Informationsrisiken	Business Process Management (BPM) und Process Mining; Frühwarnsysteme

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
intern/externes Misstrauen	Betrug/Täuschung; Politische Maßnahmen; Blockade von Handelsrouten; Cyberangriffe; Geopolitische Krisen	Rufschädigung (Reputationsverlust)	Krisenmanagement-Modelle; Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
		Kundenunzufriedenheit	Digitale Servitization
		Opportunistisches Verhalten Lieferanten	Power- & Abhängigkeitsanalysen in der Lieferkette; Spezielle Supply-Chain-Verträge für Risikoallokation (Flexibility Contracts)
Regulatorischer Administrationsaufwand	Handelsbeschränkungen; Politische Maßnahmen; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Politik & Regulierung	Zusammenarbeit mit Behörden und Regulierern
		Nutzung eingeschränkter/regulierter Materialien	Dekarbonisierung & Kreislaufwirtschaft
		Instabilität der politischen Institutionen	Zusammenarbeit mit Behörden und Regulierern; Stress-Tests & Szenarienplanung; Staatliche Subventionen & Anreizprogramme
		Erreichung von Nachhaltigkeitszielen	Dekarbonisierung & Kreislaufwirtschaft; Nachhaltigkeitsinitiativen + Umweltmanagement; Abfallreduktion
Ausfall von Schlüsselpersonen	Krankheiten und Infektionsausbrüche	Arbeitskraftausfälle / Fachkräftemangel	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven; Aufbau einer resilienten Unternehmenskultur; Remote Work / Teleworking
		Kurzichtiges Personalmanagement (Fachkräftebedarf)	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven; Prozess- & Planungsstrategien
		Personalfluktuations mit Know-how-Abfluss	Arbeitskräfteentwicklung & Ausbildungsoffensiven; Lernprozesse & Wissensabsorption; Aufbau einer resilienten Unternehmenskultur
		Wissensmanagement von Mitarbeitern	Lernprozesse & Wissensabsorption
		Gesundheits- und Sicherheitsrisiken für Arbeitskräfte	Soziale Distanzierung und Lockdowns; Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
Psychologische Panik	Betrug/Täuschung; Politische Maßnahmen; Krankheiten und Infektionsausbrüche; Gesundheitliche Sicherheitsmaßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen; Blockade von Handelsrouten; Cyberangriffe; Geopolitische Krisen	Gesundheits- und Sicherheitsrisiken für Arbeitskräfte	Soziale Distanzierung und Lockdowns; Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
		Instabile Märkte	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Stress-Tests & Szenarienplanung; Agile Entscheidungsstrukturen
		Sozioökonomische Auswirkungen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; E-Commerce-Nutzung
		Rufschädigung (Reputationsverlust)	Krisenmanagement-Modelle; Aufbau robuster Governance- und Notfallpläne
Veränderung Kundenverhalten	Lieferantenausfälle; Politische Maßnahmen; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Branchen- oder Wettbewerbstrends	Stärkung von Partnerschaften und Kollaboration; Technologische Innovationen/Integration
		Auswirkungen von Disruptionen auf Markenwert & Nachfrage	E-Commerce-Nutzung; Digitale Servitization
		Sozioökonomische Auswirkungen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; E-Commerce-Nutzung
		Erreichung von Nachhaltigkeitszielen	Dekarbonisierung & Kreislaufwirtschaft; Nachhaltigkeitsinitiativen + Umweltmanagement; Abfallreduktion

Vollständige Übersicht der Zusammenhänge zwischen Schocks, Risiken und Maßnahmen.

Folge	Schock(s)	Risiko	Maßnahmen
Nachfragerückgang/-schwankungen	Plötzliche Nachfrageänderungen; Handelsbeschränkungen; Politische Maßnahmen; Natur- und Umweltkatastrophen; Finanzielle Krisen; Disruptive technologische Innovationen; Blockade von Handelsrouten; Geopolitische Krisen	Markt- und Nachfrageschwankungen sowie ungenaue Prognosen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Volumenflexibilität; Stress-Tests & Szenarienplanung
		Nachfragerisiken und kunden-spezifische Schwankungen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Volumenflexibilität; Agile Supply-Chain-Modelle
		Bullwhip-Effekt	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung
		Verlust von Marktanteilen	Erweiterte Forecasting-Modelle & adaptive Planung; Stärkung von Partnerschaften und Kollaboration
		Kundenunzufriedenheit	Digitale Servitization

FÖRDERHINWEIS

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Literatur

[1] Dau, L. A.; Moore, E. M.; Newbury, W.: Building International Business and Societal Resilience in an Uncertain Global Environment. AIB Insights 23 (2023) 3, doi.org/10.46697/001c.82224

[2] Hennes, K.; Bendig, D.; Löschel, A.: Facing the storm: Developing corporate adaptation and resilience action plans amid climate uncertainty. npj Climate Action 37 (2024) 3, doi.org/10.1038/s44168-024-00116-2

[3] Smina, N.; Gahi, Y.; Gharib, J.: Data Management in Smart Manufacturing Supply Chains: A Systematic Review of Practices and Applications (2020–2025). Information 17 (2026) 1, #19, doi.org/10.3390/in fo17010019

[4] Restrepo-Morales, J. A.; Ararat-Herrera, J. A.; López-Cadavid, D. A. et al.: Breaking the digitalization barrier for SMEs: a fuzzy logic approach to overcoming challenges in business transformation. Journal of Innovation and Entrepreneurship 84 (2024) 13, doi.org/10.1186/s13731-024-00429-w

[5] Gross, E.; Schneider, M.; Birenbaum, C.: RESIPLAT – Resilienzsteigerung in metallbe- und -verarbeitenden Unternehmen durch ein vernetztes Plattformökosystem. Internet: www.ipa.fraunhofer.de /de/referenzprojekte/resiplat.html. Zugriff am 28.04.2026

[6] Gross, E.; Schneider, M.; Schäfer, C. et al.: Eine Studie zu Resilienz in produzierenden Unternehmen. Schocks und Risiken in der Metallindustrie. wt Werkstattstechnik online 115 (2025), S. 869–878. Düsseldorf: VDI Fachmedien, doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12-15

[7] Benfer, M.; Verhaelen, B.; Peukert, S. et al.: Resilience Measures in Global Production Networks: A Literature Review and Conceptual Framework. Die Unternehmung 75 (2021) 4, pp. 491–520

[8] Shishodia, A.; Sharma, R.; Rajesh, R. et al.: Supply chain resilience: A review, conceptual framework and future research. The International Journal of Logistics Management 34 (2023) 4, pp. 879–908

[9] Christopher, M.; Peck, H.: Building the Resilient Supply Chain. The International Journal of Logistics Management 15 (2004) 2, pp. 1–14

[10] Tang, C. S.: Perspectives in supply chain risk management. International Journal of Production Economics 103 (2006) 2, pp. 451–488

[11] Vanini, U.; Rieg, R.: Risikomanagement. Grundlagen – Instrumente – Unternehmenspraxis. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2021

[12] DIN ISO 31000:2018 Risikomanagement – Leitlinien. Deutsche Fassung, Ausgabe Oktober 2018

[13] Mayring, P.; Fenzl, T.: Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer VS 2022, S. 691–706

[14] Kamalahmadi, M.; Parast, M. M.: A review of the literature on the principles of enterprise and supply chain resilience: Major findings and directions for future research. International Journal of Production Economics 171 (2016), pp. 116–133

[15] XiuwenFu; Tian, M.; Liu, X. et al.: Systematic review and future perspectives on cascading failures in supply chains: modeling and optimization. Reliability Engineering & System Safety 270 (2026), #112150

[16] Tukamuhabwa, B. R.; Stevenson, M.; Busby, J. et al.: Supply chain resilience: definition, review and theoretical foundations for further study. International Journal of Production Research 53 (2015) 18, pp. 5592–5623

[17] Rabitti, G.; Khorrami Chokami, A.; Coyle, P. et al.: A taxonomy of cyber risk taxonomies. Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis 45 (2025) 2, pp. 376–386

Mirko Schneider, M.Sc. 
mirko.schneider@ipa.fraunhofer.de

Max Inhofer
max.inhofer@ipa.fraunhofer.de

Yannic Maier
yannic.maier@ipa.fraunhofer.de

Till Gramberg, M.Sc. 
till.gramberg@ipa.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Erwin Gross 
erwin.gross@ipa.fraunhofer.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl 
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA R
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de

LIZENZ



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