

doi.org/10.37544/1436-4980-2026-04-119
Datum der Einreichung: 14.01.2026
Datum der Annahme: 06.02.2026
Datum der Veröffentlichung: 26. Mai 2026

Begriffsbestimmungen und Definition

Resilienz im Fokus produzierender Unternehmen

E. Gross, J. Reinhold, B. Burzynska, N. Breuer, A. Schmichels, K. Theuner, M. Schneider, B. Kuhlenkötter, M. Schmidt, G. Lanza, T. Bauernhansl

ZUSAMMENFASSUNG Die zunehmende Volatilität globaler Märkte, Lieferkettenstörungen und disruptive Ereignisse stellen produzierende Unternehmen vor erhebliche Herausforderungen. Resilienz – verstanden als die Fähigkeit von Organisationen und Netzwerken, Krisen zu bewältigen, sich anzupassen und gestärkt daraus hervorzugehen – gilt als Schlüsselkompetenz für die Industrie der Zukunft. Trotz ihrer hohen Relevanz fehlt bislang eine einheitliche Begrifflichkeit: Unterschiedliche Definitionen und Interpretationen erschweren den wissenschaftlichen Diskurs und die praktische Umsetzung.

STICHWÖRTE

Resilienz, Produktionsmanagement, Strategie

Resilience in focus of manufacturing companies – definitions and conceptual approaches

ABSTRACT The increasing volatility of global markets, supply chain disruptions and disruptive events pose considerable challenges for manufacturing companies. Resilience – understood as the ability of organisations and networks to overcome crises, adapt, and emerge stronger – is considered a key competence for the industry of the future. Despite its high relevance, there is still no uniform terminology: different definitions and interpretations complicate scientific discourse and practical implementation.

1 Motivation und Zielsetzung

1.1 Motivation

Produzierende Unternehmen agieren in einem volatilen, unsicheren, komplexen und ambigen Umfeld (kurz: VUKA) und sind mit einer Vielzahl von Schocks, wie Wirtschafts- und Gesundheitskrisen, Umweltkatastrophen, gesellschaftlichen Geschehnissen, politischen sowie regulatorischen Einflüssen konfrontiert [1, 2]. Ereignisse wie die Covid-19-Pandemie oder geopolitische Konflikte haben die Verwundbarkeit industrieller Wertschöpfungsnetzwerke deutlich aufgezeigt. Im Durchschnitt wird ein Unternehmen jährlich von einem Schock getroffen [3–5]. Folgen sind unvorhergesehene Störungen wie Lieferkettenunterbrechungen, technologische Ausfälle oder Markt- und Nachfrageveränderungen, deren Auswirkungen besonders für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) existenzbedrohend sein können [6].

Um die Auswirkungen solcher Störungen zu begrenzen, benötigen Unternehmen Strategien, die über kurzfristige Reaktionen hinausgehen und langfristig die Widerstandsfähigkeit stärken. Neben technologischen Maßnahmen erfordert dies insbesondere ein gemeinsames Verständnis zentraler Begriffe. Fehlende terminologische Klarheit erschwert den wissenschaftlichen Diskurs und hemmt die Entwicklung standardisierter Methoden. Daraus ergibt sich die Fragestellung, wie ein konsistentes und interdisziplinär anschlussfähiges Begriffsverständnis der industriellen Resilienz geschaffen werden kann, das wissenschaftliche Vergleichbarkeit ermöglicht und zugleich in der betrieblichen Praxis Anwendung findet.

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen der Förderrichtlinie „Dynamische Wertschöpfungsnetzwerke im turbulenten Umfeld – Aufbau von Resilienz in produzierenden Unternehmen“, im Folgenden mit dem offiziellen Akronym „Resipro“ abgekürzt, werden acht interdisziplinäre Projekte vereint, die Ansätze zur Stärkung der industriellen Resilienz entwickeln um Unternehmen durch deren Anwendung zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit zu befähigen [7]. Dieser Beitrag zielt darauf ab, die terminologische Vielfalt des Resilienzbegriffs sowie weiterer zentraler Begriffe im Kontext industrieller Resilienz systematisch zu analysieren und eine konsistente begriffliche Verständnisgrundlage für Forschung und Anwendung zu entwickeln. Hierzu werden Definitionen aus Physik, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften sowie aus Normen herangezogen, verglichen und in den Kontext industrieller Wertschöpfungsnetzwerke eingeordnet.

Damit leistet diese Publikation einen Beitrag zur Standardisierung relevanter Begriffe im Kontext der industriellen Resilienz. Auf dieser Basis können zukünftige Forschungs- und Implementierungsarbeiten im Rahmen von Resipro konsistent und anschlussfähig gestaltet werden.

2 Methodisches Vorgehen

Um im Themenfeld der industriellen Resilienz ein gemeinsames Verständnis zentraler Begriffe zu schaffen, ist ein systematisches und kollaboratives Vorgehen nötig. Dazu wurde auf einen iterativen Ansatz gesetzt, der die folgenden Punkte umfasst:

- Diskussion in Fachgruppen sowie Workshops: Austausch zwischen Expert und Expertinnen verschiedener Disziplinen und Praxispartnern aus dem Resipro-Forschungsprogramm-online sowie bei Workshops vor Ort.
- Diskussion von relevanten Begrifflichkeiten: Gemeinsame Erörterung und Klärung zentraler Begriffe im Themenfeld Resilienz.
- Abgleich der Begriffe aus den Forschungsvorhaben und Priorisierung: Sammlung der in den Teilprojekten verwendeten Begriffe mit anschließender Bewertung und Auswahl der wichtigsten Begriffe.
- Abgleich mit vorhandenen Definitionen: Vergleich mit bestehenden Definitionen (zum Beispiel aus Normen und Literatur), Übertragung und Anpassung auf den spezifischen Kontext der industriellen Resilienz.

2.1 Fachgruppen und Workshops

Die Identifikation relevanter Begriffe erfolgte in einem mehrstufigen, kollaborativen Prozess aus Fachgruppen und Workshops mit Teilnehmenden aus Wissenschaft und Praxis. Die Fachgruppen wurden bewusst interdisziplinär besetzt, um die unterschiedlichen Perspektiven der acht Resipro-Verbundvorhaben einzubeziehen. Die acht Verbundvorhaben in Resipro befassen sich mit hochaktuellen Fragestellungen und erarbeiten Lösungen unter anderem zu folgenden Schlüsselthemen in Bezug auf die industrielle Resilienz [7]:

- Parma: Entwicklung eines agilen Resilienz-Managementsystems
- Adrean: Adaption von wirtschaftlicher Resilienz und Lean Manufacturing in der Produktion
- ResiKomp: Stärkung der Resilienz von Wertschöpfungsnetzwerken durch digitale Kompetenzdepots und plattformbasierte Kooperationsmechanismen
- ResiNet: Agile Organisationsmodelle für die effiziente Abstimmung von Netzwerkpartnern und flexiblen Ressourceneinsatz
- Smart Decoupling: Strategien zum proaktiven Umgang mit Entkopplung in globalen Wertschöpfungsnetzwerken
- RegioFab: Entwicklung eines regionalen Fabrik-Sharing-Netzwerks als fundierte Alternative zu globalen Wertschöpfungsketten
- Feni-X: Entwicklung und Anwendung eines Frameworks zum systematischen Resilienzaufbau für Unternehmen
- Resiplat: Entwicklung eines vernetzten Plattformökosystems für die Materialverfügbarkeit in der metallbearbeitenden und metallverarbeitenden Industrie

Zwischen Juni und Dezember 2025 fanden fünf Fachgruppentreffen sowie ein Präsenzworkshop statt. Es wurden Begriffe aus den Projektdokumentationen erfasst, diskutiert und auf Bedeutung, Überschneidungen und Unklarheiten analysiert.

Der folgende Abschnitt beschreibt das methodische Vorgehen zur anschließenden Erarbeitung konsistenter, projektspezifischer Definitionen.

2.2 Methodisches Vorgehen zur Definition

Ausgangspunkt des Vorgehens waren die vier grundlegenden Arten der Veränderungsfähigkeit: Resilienz, Flexibilität, Wandlungsfähigkeit und Robustheit [8]. Diese Konzepte bilden die Grundlage für den Umgang mit Schocks und Störungen in Organisationen. Ergänzt wurden sie um „Risiko“, das die Eintritts-

wahrscheinlichkeit und Wirkung von Störungen abbildet, sowie „Agilität“ als Fähigkeit, Abweichungen schnell zu kompensieren.

Weitere strukturierende Elemente wie Resilienzphasen und das Resilienzdreieck wurden einbezogen, um ein einheitliches Begriffsverständnis zu schaffen. Insgesamt wurden zehn zentrale Begriffe identifiziert und mit Definitionen aus Literatur, Normen und Branchenstandards abgeglichen:

1. Resilienz
2. Resilienzphasen
3. Resilienzdreieck
4. Flexibilität
5. Wandlungsfähigkeit
6. Robustheit
7. Agilität
8. Risiko
9. Schock
10. Störung

Anhand dieses Abgleichs wurden die Begriffe auf ihre Anwendbarkeit im Kontext industrieller Resilienz bewertet. Wo nötig, wurden Definitionen angepasst oder neu formuliert. Der Prozess war bewusst iterativ: Die Vorschläge wurden in Fachgruppen erneut geprüft, geschärft und mit wissenschaftlichen Erkenntnissen harmonisiert.

Das Resultat dieses Vorgehens ist ein konsistentes und praxisorientiertes Begriffsverständnis, das als Fundament für zukünftige Forschungs- und Implementierungsarbeiten im Bereich der industriellen Resilienz dient und die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis maßgeblich erleichtert.

3 Definition der Begriffe im Kontext der industriellen Resilienz

3.1 Resilienz

Resilienz bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, auf den Eintritt unvorhergesehener, disruptiver Störereignisse (vergleiche Definition „Störung“, Abschnitt 3.10) nicht nur zu reagieren, sondern sich proaktiv und kurzfristig an die veränderten Rahmenbedingungen anpassen zu können sowie kritische Systemfunktionen aufrechtzuerhalten oder mit minimal zeitlicher Verzögerung, bezogen auf den kritischen Leistungsverlust (vergleiche Definition „Resilienzdreieck“, Abschnitt 3.3), wiederherzustellen [9, 10]. Es impliziert eine proaktive und evolutionäre Lern- und Anpassungsfähigkeit. Resiliente Systeme nutzen die aus widrigen Ereignissen gewonnenen Erfahrungen, um ihre organisationale Struktur, Prozesse und Strategien zu optimieren und somit ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber zukünftigen, potenziell andersartigen Herausforderungen systematisch zu erhöhen [11].

Im produktionstechnischen Kontext wird Resilienz als eine übergeordnete Fähigkeit verstanden, die dann zum Tragen kommt, wenn Störungen die inhärente Robustheit eines Systems überfordern und dessen vordefinierten Flexibilitätsskorridor (vergleiche Definition „Flexibilität“, Abschnitt 3.4) verlassen [8]. Während Robustheit auf die Unempfindlichkeit gegenüber bekannten Störgrößen abzielt (vergleiche Definition „Robustheit“, Abschnitt 3.6), adressiert Resilienz explizit den Umgang mit nicht vorhersehbaren Problemen – den sogenannten „unknown unknowns“ [12]. Sie stellt somit eine notwendige Ergänzung zu klassischen Ansätzen des Risikomanagements dar, die sich primär auf die Prävention bekannter Risiken fokussieren.

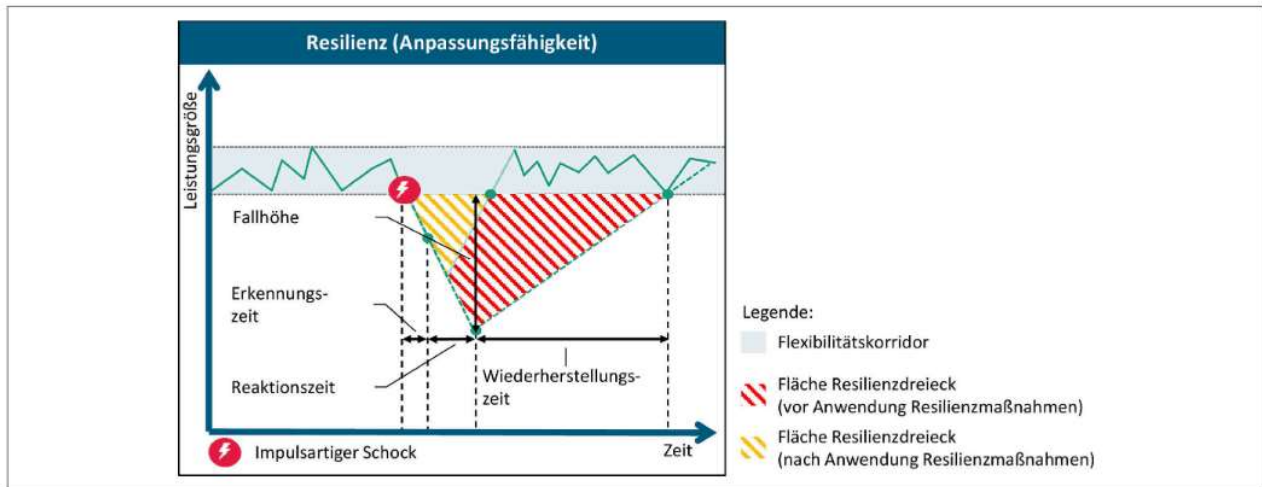


Bild 1 Kenngrößen im Resilienzdreieck. Grafik: in Anlehnung an [8]

Die Betrachtung von Resilienz erfolgt auf unterschiedlichen, interdependenten Systemebenen, wie der Fertigungssystem-, Prozess-, Standort- und Netzwerkebene. Eine Störung auf einer Ebene kann kaskadierende Effekte auf anderen Ebenen auslösen, was einen ganzheitlichen Analyseansatz erfordert [10, 13]:

- Mikroebene: umfasst die Resilienz einzelner Systemkomponenten, wie Mitarbeitende (persönliche Resilienz) oder Maschinen sowie ganzer Unternehmen
- Mesebene: bezieht die direkten Zulieferer- und Kundenbeziehungen in die Analyse mit ein und betrachtet die Widerstandsfähigkeit des unmittelbaren Wertschöpfungsnetzwerks
- Makroebene: analysiert die Resilienz des gesamten sozio-ökonomischen Systems, inklusive ganzer Branchen, Volkswirtschaften und gesellschaftlicher Strukturen

Definition der industriellen Resilienz

Industrielle Resilienz ist die Fähigkeit eines Systems, sich bei unvorhergesehenen Störungen aktiv und kurzfristig anzupassen, kritische Funktionen aufrechtzuerhalten oder wiederherzustellen und aus dem eingetretenen Störereignis zu lernen, um die zukünftige Widerstandsfähigkeit zu stärken.

3.2 Resilienzphasen

Für den Umgang mit Störungen (siehe Definition „Störung“, Abschnitt 3.10) beziehungsweise Schocks (siehe Definition „Schock“, Abschnitt 3.9) ist es erforderlich, Resilienz in drei chronologisch aufeinander folgenden Phasen zu betrachten. Diese Phasen beschreiben den Umgang mit Störungen beziehungsweise Schocks vor, während und nach deren Eintritt.

- Vorbereitungsphase (Prepare): Diese präventive Phase umfasst alle proaktiven Maßnahmen, die vor dem Eintritt einer Störung ergriffen werden, um die Vulnerabilität des Systems zu reduzieren und dessen Absorptionskapazität zu erhöhen. Sie gliedert sich in die Teilbereiche Vermeiden (Prevent), der auf die strategische Vermeidung von Störungen durch Antizipation und Risikofrüherkennung abzielt, und Absichern (Protect), der durch den Aufbau von Redundanzen, die Erstellung von Notfallplänen und die Implementierung von Schutzmechanismen auf die Minderung potenzieller Schäden fokussiert [14, 15].

- Reaktionsphase (Respond): Während des Störereignisses konzentriert sich diese Phase auf die unmittelbare Schadensbegrenzung, die Stabilisierung der Situation und die Aufrechterhaltung kritischer Kernfunktionen. Sie erfordert eine hohe organisationale Agilität, effektive Kommunikationsstrukturen und die Fähigkeit, unter erheblicher Unsicherheit und hohem Zeitdruck adäquate Entscheidungen zu treffen [9].
- Wiederherstellungs- und Anpassungsphase (Recover & Adapt): Nach der Bewältigung der unmittelbaren Krise zielt diese Phase zunächst auf die schnelle und effiziente Wiederherstellung des ursprünglichen Leistungsniveaus (Recover) ab. Darauf aufbauend findet im Sinne einer lernenden Organisation eine systematische Analyse der Ereignisse, der eingeleiteten Maßnahmen und deren Wirksamkeit statt. Die hieraus abgeleiteten Erkenntnisse fließen in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess (wie etwa Plan-Do-Check-Act (PDCA)-Zyklus) ein, um durch strukturelle und prozessuale Anpassungen die Resilienz langfristig und nachhaltig zu steigern (Adapt) [9, 14].

Definition Resilienzphasen

Resilienz im industriellen Kontext umfasst die drei Phasen Vorbereitung (Prepare) durch proaktive Schutzmaßnahmen vor einer Krise (Prevent und Protect), Reaktion (Respond) zur unmittelbaren Schadensbegrenzung während des Ereignisses sowie die anschließende Wiederherstellung (Recover) des Normalbetriebs und das lernende Anpassen (Adapt) nach einem Stör- oder Schockereignis.

3.3 Resilienzdreieck

Das Resilienzdreieck ist ein etabliertes konzeptionelles Modell zur quantitativen Analyse und Bewertung der Auswirkungen einer Störung (siehe Definition „Störung“, Abschnitt 3.10) auf die Leistungsfähigkeit eines Systems. Die Fläche des Dreiecks (siehe schraffierte Fläche in Bild 1), die durch den zeitlichen Verlauf des Leistungseinbruchs aufgespannt wird, visualisiert den kumulierten Leistungsverlust und dient als zentraler Indikator für die systemische Vulnerabilität.

Primäres Ziel des Resilienzmanagements ist die strategische Minimierung der Dreiecksfläche durch die Verkleinerung der

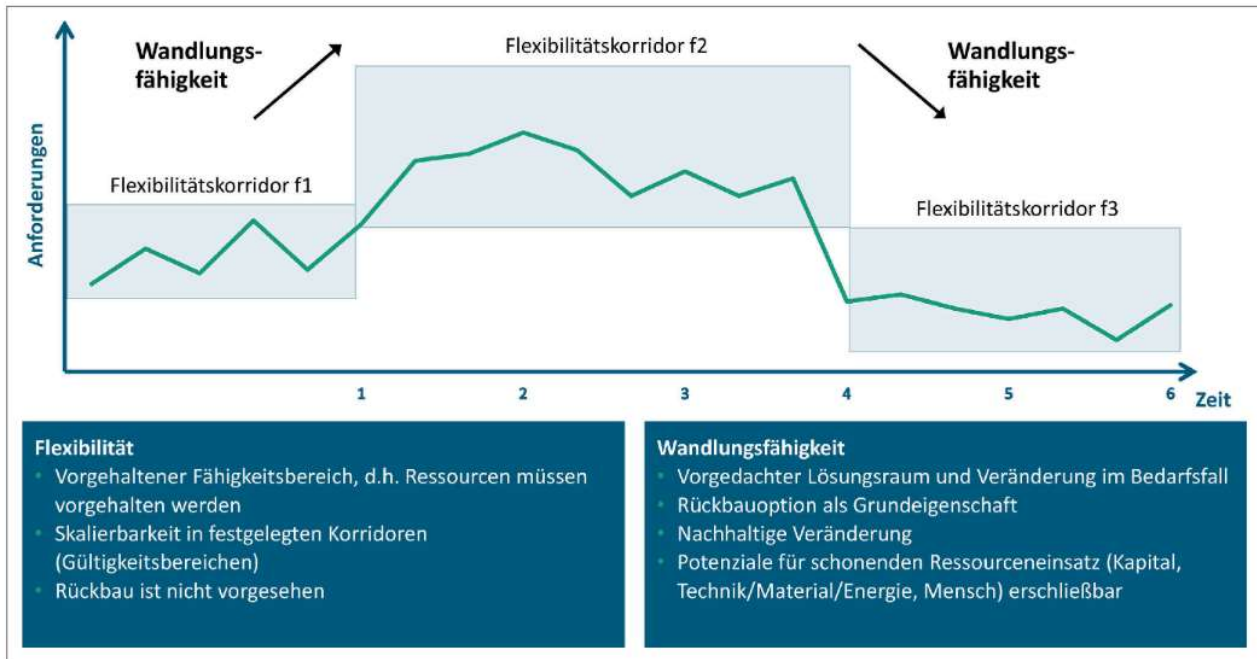


Bild 2 Einordnung des Flexibilitätskorridors. Grafik: [16–18]

Kenngrößen Erkennungszeit, Reaktionszeit und Wiederherstellungszeit [10]. Wie in Bild 1 dargestellt, wird die Geometrie des Resilienzdreiecks durch vier wesentliche, voneinander abhängige Kenngrößen bestimmt, die als zentrale Stellhebel zur Steigerung der Resilienz dienen:

- Erkennungszeit (Sensitivity): Latenz zwischen dem tatsächlichen Eintritt der Störung und ihrer verlässlichen Detektion durch das System; verkürzt wird sie durch den Einsatz von Frühwarnsystemen und eine hohe Transparenz der Prozesse.
- Reaktionszeit (Speed): Zeitraum zwischen der Detektion der Störung und der Implementierung wirksamer, zielgerichteter Gegenmaßnahmen; sie ist ein Maß für die Agilität und Entscheidungsfähigkeit der Organisation.
- Wiederherstellungszeit (Solution): Dauer, die zur vollständigen Regeneration des ursprünglichen oder eines neu definierten, angepassten Leistungsniveaus benötigt wird.
- Fallhöhe (Span): Maximales Ausmaß des Leistungseinbruchs am tiefsten Punkt der Krise; Sie dient als Maß für die unmittelbare Robustheit und Absorptionskapazität des Systems gegenüber dem spezifischen Schockereignis.

Durch strategische Entscheidungen, wie etwa das Investment in Sensorik zur schnelleren Erkennung von Störereignissen oder die Implementierung redundanter Strukturen zur Reduktion der Fallhöhe, lassen sich eine oder mehrere der vier Kenngrößen verkleinern. Dies hat zur Folge, dass sich die Fläche des Resilienzdreiecks verkleinert, wie anhand der rot und gelb schraffierten Fläche in Bild 1 exemplarisch dargestellt. Durch das Resilienzdreieck kann die Resilienz eines Produktionssystems systematisch analysiert, bewertet und gesteigert werden [11, 16, 17].

Definition Resilienzdreieck im Kontext industrielle Resilienz

Das Resilienzdreieck ist ein Modell zur Bewertung des Leistungsverlusts eines Produktionssystems während eines Störereignisses.

Der Flächeninhalt des Resilienzdreiecks, welcher durch die Dauer (Erkennungs-, Reaktions- und Wiederherstellungszeit) und die Tiefe des Einbruchs (Fallhöhe) bestimmt wird, dient als Indikator für die Verwundbarkeit des Produktionssystems, die es zu minimieren gilt.

3.4 Flexibilität

Die Flexibilität eines Systems ist durch die Fähigkeit gegeben, innerhalb definierter Grenzen auf Veränderungen reagieren zu können. Diese Grenzen bilden einen Korridor, in dem sich ein flexibles System schnell an Änderungen in seinen Einflussfaktoren anpassen kann [16]. Beispielsweise sind Stückzahlveränderungen zu nennen, die sich innerhalb zuvor definierter Flexibilitätskorridore kompensieren lassen können [16].

Diese Flexibilitätskorridore sind definierte Anpassungsbereiche, die es erlauben, innerhalb bestimmter Grenzen schnell und effizient auf Änderungen zu reagieren, ohne die Produktionsstruktur grundlegend zu verändern [8, 10]. Dabei muss zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit (vergleiche Definition „Wandlungsfähigkeit“, Abschnitt 3.5) unterschieden werden (Bild 2, [16–18]).

Strukturelle Veränderungen, wie sie im Sinne der Flexibilität keine Anwendung finden, beziehen sich nach Nyhuis et al. (2025) „auf grundlegende Veränderungen an den räumlichen, organisatorischen oder technologischen Feldern eines Fabrikssystems, die über gewöhnliche betriebliche Anpassungen hinausgehen“ [8]. Ist eine Anpassung oder Erweiterung bestehender Flexibilitätskorridore erforderlich, so sind dazu sogenannte Robustheitsmaßnahmen notwendig (siehe Definition „Robustheit“, Abschnitt 3.6) [8]. Zusammenfassend kann Flexibilität als eine Strategie genutzt werden, um Unsicherheiten während des wirtschaftlichen Betriebs technischer Systeme beherrschen zu können [10].

Definition Flexibilität im Kontext der industriellen Resilienz

Flexibilität beschreibt die Fähigkeit eines Systems, sich ohne strukturelle Veränderungen innerhalb eines definierten Flexibilitätskorridors an Veränderungen anzupassen (siehe Bild 2), um eine effiziente Leistungserbringung sicherzustellen [10, 19]. Ein Verlassen dieses definierten Korridors ist im Rahmen der Flexibilität nicht möglich. Somit sind flexible Systeme dadurch charakterisiert, dass sie innerhalb einer definierten Zeitspanne eine akzeptable Einsatzfähigkeit für verschiedene Aufgaben aufweisen [10].

3.5 Wandlungsfähigkeit

Der Begriff der Wandlungsfähigkeit ist mit dem Begriff der Flexibilität eng verbunden und lässt sich als weitere Dimension der Flexibilität verstehen [20]. Entscheidend ist die Erweiterung der Flexibilität durch die Möglichkeit der Reaktionsfähigkeit [21].

Die Eigenschaft der Wandlungsfähigkeit kommt zum Tragen, sobald der Flexibilitätskorridor durch eine entsprechende Störung (siehe Definition „Störung“, Abschnitt 3.10) verlassen wird und somit der Korridor, innerhalb dessen Wandel möglich ist, erreicht wird (siehe Bild 2). Dies erfolgt durch die frühzeitige Antizipation von Veränderungen sowie die darauf aufbauende zeitnahe Umsetzung struktureller, organisatorischer, technischer oder logistischer Anpassungen [8, 10].

Wichtig sind sogenannte Wandlungsbefähiger, die als Eigenschaften eines Systems beschrieben werden können und notwendig sind, um eine gewünschte Änderung zu vollziehen. Diese Änderung tritt durch das Aktivieren der Wandlungsbefähiger ein. Zu diesen gehören: Universalität, Mobilität, Skalierbarkeit, Modularität sowie Kompatibilität [22].

Wird ein System als wandlungsfähig beschrieben, so ist es in der Lage, eine Änderung des Anforderungsniveaus vorzunehmen [23]. Generell ist zu betonen, dass die Wandlungsfähigkeit nicht nur durch die Weiterentwicklung beschrieben werden kann, sondern auch der umgekehrte Fall einer Rückentwicklung denkbar ist [22].

Definition Wandlungsfähigkeit im Kontext industrielle Resilienz

Wandlungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit, auf Störungen zu reagieren, die über den bestehenden Flexibilitätskorridor hinausgehen. Dazu werden durch Wandlungsbefähiger strukturelle, organisatorische, technische und logistische Anpassungen innerhalb des Wandlungskorridors angestoßen.

3.6 Robustheit

Robustheit bezeichnet die Fähigkeit eines Systems, auch bei schwankenden oder gestörten Inputs eine gleichbleibende Leistungsfähigkeit zu erhalten [24]. Sie wird dabei als eher passive Eigenschaft verstanden, die darauf abzielt, äußere Einwirkungen abzufedern und die Funktionsbereitschaft trotz Störungen sicherzustellen [25].

Im industriellen Kontext umfasst Robustheit Maßnahmen, die den Flexibilitätskorridor im Fabrikbetrieb erweitern. Dies geschieht etwa durch höhere Sicherheitsbestände oder das Vorhalten zusätzlicher Produktionskapazitäten, wodurch Unter-

nehmen auf Lieferantenausfälle oder Nachfragespitzen reagieren können. Solche Maßnahmen erhöhen aber in der Regel die Kapitalbindung und reduzieren (kurzfristig) die Wirtschaftlichkeit [8].

Außerdem beschreibt Robustheit die Unempfindlichkeit eines Systems gegenüber Störungen (vergleiche Definition „Störung“, Abschnitt 3.10), die durch gezielt implementierte Mechanismen im Rahmen des Risikomanagements gewährleistet wird [19]. Diese Mechanismen werden präventiv vorgehalten und im Bedarfsfall aktiviert, um den Funktionserhalt zu sichern. Ein Beispiel ist der flexible Einsatz von Springerkräften, um krankheitsbedingte Personalausfälle kurzfristig zu kompensieren [10].

Definition Robustheit im Kontext der industriellen Resilienz

Robustheit ist die Fähigkeit eines Systems, Störungen durch vorbeugend implementierte Maßnahmen abzufedern und die Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten. Sie erweitert die Reaktionsfähigkeit im Krisenfall, ist jedoch häufig mit höheren Kosten verbunden.

3.7 Agilität

Agilität bezeichnet die unternehmensweite Fähigkeit zur Veränderung und umfasst sowohl Organisationsstrukturen, Informationssysteme, Prozesse als auch das Mindset der Mitarbeitenden. Mitarbeitende müssen umfangreiche Kompetenzen in unterschiedlichsten Fachbereichen wie beispielsweise wirtschaftliche und technische Grundverständnisse mitbringen, um die Agilität im Unternehmen aufrecht zu erhalten [26]. Agilität beschreibt somit die Kompetenz eines Unternehmens, sich proaktiv, vorausschauend und mit hoher Geschwindigkeit an dynamisch wechselnde Umweltbedingungen, wie etwa Nachfrageschwankungen oder geopolitische Veränderungen, anzupassen und neue Chancen zu nutzen [22, 27].

Im Kontext der industriellen Resilienz ist Agilität mehr als bloße Flexibilität: Während Flexibilität die Reaktionsfähigkeit innerhalb bestehender Rahmenbedingungen beschreibt, zielt Agilität auf eine strategische und proaktive Anpassung an neue Situationen [2, 4]. Damit wirkt Agilität sowohl auf Produktebene – etwa über ein anpassungsfähiges Produktportfolio – als auch auf Produktionsebene durch die Gestaltung belastbarer Netzwerke und Strukturen [22].

Definition Agilität im Kontext der industriellen Resilienz

Agilität beschreibt die strategische Fähigkeit eines Unternehmens, seine Strukturen, Prozesse und Systeme schnell und vorausschauend an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Im Unterschied zur Flexibilität, die Reaktionen innerhalb bestehender Strukturen ermöglicht, zielt Agilität auf eine proaktive und unternehmensweite Veränderungsfähigkeit ab [2, 4, 27].

3.8 Risiko

Die Möglichkeit geplante Ziele oder Zustände aufgrund von Störungen zu verfehlen, wird als Risiko beschrieben [8]. Ein Risiko resultiert demnach aus einer Unsicherheit über die Zukunft. In Produktionssystemen lassen sich Risiken als omnipräsent ansehen, da für Systeme mit gewisser Komplexität stets Unsicher-

#	Kategorie des Schocks	Beschreibung des Schocks
1	Gesellschaft	Schocks, die durch gesellschaftliche Dynamiken, Trends oder Verhaltensänderungen entstehen.
2	Kriminalität	Schocks infolge illegaler oder destruktiver Aktivitäten, die die Sicherheit und den Betrieb gefährden.
3	Mensch	Schocks, die auf menschliches Verhalten, Fehler oder interne Konflikte zurückzuführen sind und die Effizienz sowie Stabilität beeinträchtigen.
4	Pandemie	Schocks durch globale Gesundheitskrisen wie Pandemien, die zahlreiche Bereiche beeinflussen. Die Corona-Pandemie gilt als prägendes Beispiel.
5	Politik	Schocks aufgrund politischer Entscheidungen, Instabilitäten oder Konflikte, die die Rahmenbedingungen für Unternehmen verändern.
6	Produktion / Operations	Schocks, die direkt mit Produktionsprozessen oder operativen Abläufen verbunden sind.
7	Umwelt / Unglück	Schocks durch plötzliche, oft unvorhersehbare Umweltereignisse, ausgelöst durch natürliche oder menschliche Faktoren.
8	Wirtschaft / Markt	Schocks infolge wirtschaftlicher Schwankungen oder Veränderungen in Marktdynamiken.
9	Nachfrage	Schocks durch abrupte Änderungen in der Nachfrage oder im Kundenverhalten.
10	Zulieferung	Schocks, die aus Störungen in der Lieferkette resultieren.

Bild 3 Kategorien von Schocks und deren Beschreibung.
 Grafik: Fraunhofer IPA

heiten bestehen [28]. Infolge von Risiken können sich schließlich Störungen am System zeigen [28] (siehe Definition „Störung“, Abschnitt 3.10).

Daraus geht eine hauptsächlich negative Konnotation des Begriffs Risiko hervor. Demgegenüber bezieht sich der englische Begriff „risk“ sowohl auf negative wie auch auf positive Abweichungen [29]. Allgemein kann der Begriff des Risikos wertneutral angesehen werden und sowohl Verlust- wie auch Gewinnmöglichkeiten mit sich bringen. [8]

Um Risiken zu charakterisieren und tiefgehend analysieren zu können, lassen sich viele unterschiedliche Kriterien heranziehen. Beispielsweise sind die Eintrittswahrscheinlichkeit, die Intensität und die Dauer der Auswirkungen eines Risikoereignisses zu nennen. [8]

Definition Risiko im Kontext der industriellen Resilienz

Ein Risiko entsteht durch die Möglichkeit, dass unvorhersehbare Ereignisse in der Zukunft dazu führen, dass geplante Ziele oder Systemzustände nicht erreicht werden. Daher sind Risiken eng mit einer Unsicherheit verbunden. Als Charakterisierungsmerkmale von Risiken lassen sich die Eintrittswahrscheinlichkeit, die Intensität und die Dauer der Auswirkungen von potenziellen Störereignissen heranziehen. [8]

3.9 Schock

Schocks im industriellen Kontext sind unerwartete, plötzlich eintretende Ereignisse, die betriebliche Abläufe und Netzwerke erheblich beeinträchtigen. Beispiele sind abrupt eintretende Störungen (siehe Definition „Störung“, Abschnitt 3.10). Sie erfordern schnelle Anpassungs- oder Bewältigungsmaßnahmen, um wirtschaftliche Schäden zu minimieren [25, 30]. Solche Schocks können aus unterschiedlichen Bereichen und Ebenen entstehen und haben vielfältige Auswirkungen auf produzierende Unterneh-

men. Grundsätzlich kann zwischen internen und externen Schocks unterschieden werden [31]:

- Interne Schocks entstehen innerhalb des Unternehmens, etwa durch menschliche Fehler, Kommunikationsprobleme oder Qualitätsmängel bei Komponenten.
- Externe Schocks liegen außerhalb des Einflussbereichs des Unternehmens und wirken von außen ein, etwa in Form geopolitischer Krisen oder Umweltkatastrophen.

Gross et al. identifizierten insgesamt 46 Arten von Schocks, die sich in zehn Kategorien einordnen lassen [31], (Bild 3).

Definition Schock im Kontext der industriellen Resilienz

Schocks im industriellen Kontext sind unerwartet eintretende Ereignisse, die die Funktionsfähigkeit betrieblicher Abläufe und Netzwerke signifikant beeinträchtigen. Sie erfordern kurzfristige Anpassungs- oder Bewältigungsmaßnahmen, um ökonomische Schäden zu begrenzen. Der Ursprung solcher Schocks kann endogen (innerhalb des Unternehmens) oder exogen (außerhalb des Unternehmens) sein. [31]

3.10 Störung

Eine Störung gilt als erwartetes beziehungsweise vorhersehbares, aber auch als unerwartetes Ereignis, was eine Unterbrechung von üblichen Funktionen, Handlungen oder Prozessen zur Folge hat. Das darin beschriebene Ereignis ist als Eintritt einer Kombination von Umständen oder auch deren Veränderung zu beschreiben, das ein- oder mehrmals eintreten, aber auch ohne Erwartung eintreten oder auch, wenn erwartet, nicht eintreten kann [32]. Über Einflussfaktoren wirken Störungen auf globale Produktionsnetzwerke ein [25], etwa in Form technischer, logistischer, personeller sowie politischer und ökologischer Faktoren.

Störungen zeigen sich in der Regel in Form von internen oder externen Veränderungstreibern und gehen Risiken voraus, zum

Beispiel in Bezug auf Märkte, politische oder rechtliche Faktoren. [33–35]. Werden keine weiteren Maßnahmen ergriffen, können diese Risiken zur Folge haben, dass der Ist- vom Soll-Wert hinsichtlich der Zielerreichung abweicht. Werden solche Risiken Realität, wird von einer Störung gesprochen [34–37].

Definition Störung im Kontext der industriellen Resilienz

Eine Störung ist ein erwartetes beziehungsweise vorhersehbares oder unerwartetes Ereignis. Ohne das Anwenden von Maßnahmen geht von Veränderungstreibern ein Risiko aus, das bei der Realisierung zu einer Störung und letztlich zu einer Abweichung vom Soll-Zustand hinsichtlich der Zielerreichung führt.

4 Diskussion und kritische Reflexion

Die zunehmende Bedeutung von Resilienz in der Industrie macht eine klare und einheitliche Begrifflichkeit erforderlich. Derzeit leidet der wissenschaftliche Diskurs unter heterogenen Definitionen, was die Vergleichbarkeit von Forschungsergebnissen und deren praktische Umsetzung erschwert. Ein gemeinsamer Rahmen für Begriffe und Definitionen ermöglicht es, Synergien zwischen Projekten zu nutzen und den Austausch innerhalb der Forschungsgemeinschaft zu stärken.

Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass industrielle Resilienz je nach Kontext unterschiedliche Ausprägungen erfordert und ein gemeinsamer Rahmen nur eine begrenzte Gültigkeit hat. Daraus ergibt sich ein Spannungsfeld, da einerseits der Rahmen Vergleichbarkeit schaffen soll, andererseits jedoch kontextspezifische Unterschiede nur unzureichend abbilden kann. Hierdurch ist eine Spezifizierung auf Ebene einzelner Anwendungsfälle unverzichtbar, um beispielsweise unterschiedliche regulatorische Anforderungen oder technologische Reifegrade berücksichtigen zu können. Die entwickelten Definitionen können also Anwendungsszenarien zu stark vereinfachen oder relevante Einflussfaktoren ausblenden. Der gemeinsame Rahmen ist somit als Ausgangspunkt zu verstehen, auf dem individuelle Anpassungen vorgenommen werden können, um spezifische Anforderungen und Gegebenheiten zu berücksichtigen. So entsteht ein Gleichgewicht zwischen Standardisierung und Flexibilität: Einheitliche Definitionen schaffen ein gemeinsames Verständnis, während kontextbezogene Anpassungen die notwendige Differenzierung sicherstellen.

Resilienz im industriellen Kontext ist ein dynamisches Konzept, das sich in unterschiedlichen Branchen, Technologien und Organisationsformen unterschiedlich manifestiert. Daher ist es entscheidend, die aufgestellten Definitionen als Orientierung und nicht als starres Regelwerk zu verstehen. Die Herausforderung besteht darin, eine Balance zwischen Konsistenz und individueller Anpassung zu finden, um sowohl wissenschaftliche Vergleichbarkeit als auch praxisnahe Lösungen zu gewährleisten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die zunehmende Volatilität globaler Märkte und die Häufung disruptiver Ereignisse verdeutlichen die wachsende Bedeutung industrieller Resilienz. Bislang erschwerten heterogene Definitionen den wissenschaftlichen Diskurs und die Umsetzung entsprechender Maßnahmen in der Praxis.

Der Beitrag zeigt, dass ein konsistentes und interdisziplinär anschlussfähiges Begriffsverständnis durch eine systematische Identifikation relevanter Begriffe, ihren Abgleich mit bestehenden Normen und wissenschaftlichen Quellen sowie einen iterativen, kollaborativen Diskurs entwickelt werden kann. Auf dieser Grundlage wurden definitorische Einordnungen vorgenommen, die eine gemeinsame Terminologie unterstützen und die Vergleichbarkeit von Forschungsergebnissen verbessern.

Die entwickelten Definitionen bilden eine belastbare Basis für zukünftige Forschungs- und Implementierungsarbeiten im Bereich der industriellen Resilienz und erleichtern die Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis.

Gleichzeitig bleibt die Terminologie kein statisches Konzept. Technologische und marktseitige Entwicklungen werden weitere Anpassungen erfordern. Künftige Arbeiten sollten die Integration der erarbeiteten Begriffe in konkrete Bewertungs- und Managementansätze vorantreiben und ihre Anwendung in unterschiedlichen industriellen Kontexten evaluieren. Dies unterstreicht, dass ein einheitlicher Begriffsrahmen eine wichtige Grundlage für die industrielle Resilienz ist, seine Wirksamkeit jedoch erst durch kontextspezifische Anpassungen entsteht. Nur so kann Resilienz in unterschiedlichen industriellen Umgebungen zuverlässig operationalisiert werden.

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.

Literatur

- [1] Gaubinger, K.: VUCA-Welt als zentrale Herausforderung für den Mittelstand. In: Gaubinger, K. (Hrsg.): *Hybrides Innovationsmanagement für den Mittelstand in einer VUCA-Welt*, S. 1–27. Heidelberg: Springer-Verlag 2021
- [2] Herbane, B.: Rethinking organizational resilience and strategic renewal in SMEs. *Entrepreneurship & Regional Development* 31 (2019) 5–6, pp. 476–495
- [3] Schuh, G.; Patzwald, M.; Krebs, L. et al.: *Resilienz im strategischen Management produzierender Unternehmen*. Konzeptpapier. Aachen: Fraunhofer IPT 2021
- [4] Meschnig, G.: Volatilität nutzen – flexible Strategien, agile Organisationen. *Controlling & Management* 56 (2012), 3, S. 172–173
- [5] Hunziker, S.; Vanini, U.; Altendorfer, K. et al.: *Corporate Crises in Germany, Austria, and Switzerland. Empirical Evidence on Risk Drivers*. ERM Report 2025. Internet: www.hslu.ch/-/media/campus/common/files/dokumente/h/1-medienmitteilungen-und-news/2025/w/erm-report-2025.pdf?sc_lang=de-ch. Zugriff am 06.02.2026
- [6] Kohl, H.; Buß, D.; Gebauer, H. et al.: *White Paper »RESYST«. Resiliente Wertschöpfung in der produzierenden Industrie – innovativ, erfolgreich, krisenfest*. München: Fraunhofer 2021
- [7] BMFTR: *Resipro. Acht Forschungsprojekte für eine widerstandsfähige Industrie der Zukunft gestartet*. Internet: www.zukunft-der-wertschoepfung.de/projektnews/resipro-acht-forschungsprojekte-fuer-eine-widerstandsfae-hige-industrie-der-zukunft-gestartet/. Zugriff am 06.02.2026
- [8] Nyhuis, P.; Bleckmann, M.; Demir, M. et al.: *Risikoabhängige Auswahl der Veränderungsfähigkeitsarten*. *wt Werkstatttechnik online* 115 (2025), 01/02, S. 2–10. Düsseldorf: VDI Fachmedien, <https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-01-02>

- [9] Unkrig, E. R.: Resilienz im Unternehmen – den Faktor Mensch fördern. Handlungsempfehlungen und praktische Umsetzung. Wiesbaden: Springer Gabler 2021
- [10] Schmitt, R.; Bauernhansl, T.; Bergs, T. et al.: WGP-Standpunkt Resilienz. WGP-Positionspapier zur Resilienz in Produktionssystemen. WGP Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik (2025). Internet: [wgp.de/wp-content/uploads/2025/01/Positionspapier-Resilienz_final.pdf](https://www.wgp.de/wp-content/uploads/2025/01/Positionspapier-Resilienz_final.pdf). Zugriff am 06.02.2026
- [11] ISO 22316:2017: Security and resilience – Organizational resilience – Principles and attributes. Edition 1, 2017–03
- [12] Hémond, Y.; Robert, B.: Preparedness: the state of the art and future prospects. Disaster Prevention and Management: An International Journal 21 (2012), 4, pp. 404–417
- [13] Wink, R.: Regionale Resilienz: Strukturen und Prozesse im Mikro-Meso-Makro-Gefüge. In: Endreß, M.; Rampp, B. (Hrsg.): Resilienz als Prozess, S. 265–288. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2022
- [14] Woods, D. D.; Hollnagel, E.; Leveson, N.: Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Boca Raton, Florida: CRC Press 2006
- [15] Thoma, K.: „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen. acatech Studie. München: Utz 2014
- [16] Nyhuis, P.; Reinhart, G.; Abele, E. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Garbsen: PZH Produktionstechnisches Zentrum 2008
- [17] Spath, D.: Grundlagen der Organisationsgestaltung. In: Spath, D.; Westkämper, E.; Bullinger, H.-J. et al. (Hrsg.): Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation, S. 3–30. Heidelberg: Springer Vieweg 2017
- [18] Nyhuis, P.; Heins, M.; Pachow-Fraunhofer, J. et al.: Wandlungsfähige Produktionssysteme – Fit sein für die Produktion von morgen. Fit sein für die Produktion von morgen. Ergebnisse der Voruntersuchung „Wandlungsfähige Produktionssysteme“ ZWF 103 (2008), 5, S. 333–337
- [19] Hingst, L.; Wecken, L.; Brunotte, E. et al.: Einordnung der Robustheit und Resilienz in die Veränderungsfähigkeit. Hannover: publish-Ing. 2022
- [20] Reinhart, G.: Prozesse und Systeme – Der Weg zu Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. In: Reinhart, G.; Milberg, J. (Hrsg.): Mit Schwung zum Aufschwung, S. 173–202. Landsberg/Lech: Moderne Industrie 1997
- [21] Reinhart, G.: Im Denken und Handeln wandeln. In: Reinhart, G.; Hoffmann, H. (Hrsg.): Münchener Kolloquium – nur der Wandel bleibt: Wege jenseits der Flexibilität, S. 17–40. München: Utz 2000
- [22] Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: Handbuch Fabrikplanung. München: Carl Hanser Verlag 2014
- [23] Lanza, G.; Nyhuis, P.; Fisel, J. et al.: Wandlungsfähige, menschenzentrierte Strukturen in Fabriken und Netzwerken der Industrie 4.0. acatech Studie. München: Utz 2018
- [24] Stricker, N.; Pfeiffer, A.; Moser, E. et al.: Supporting multi-level and robust production planning and execution. CIRP Annals 64 (2015), 1, pp. 415–418
- [25] 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
- [26] Groß, E.; Siegert, J.; Bauernhansl, T.: Different competence areas of workers in combination with technical assistance as an enabler for mass personalization products. Procedia Manufacturing 7th Conference on Learning Factories, CLF 2018 (2018), 23, pp. 195–200
- [27] Christopher, M.; Towill, D.: An integrated model for the design of agile supply chains. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 31 (2001), 4, pp. 235–246
- [28] Ivanov, D.: Einführung in die Widerstandsfähigkeit der Lieferkette. Management, Modellierung, Technologie. Wiesbaden: Springer Gabler 2023
- [29] Romeike, F.; Erben, R. F.: Was ist Risiko? Risknews 1 (2004), 1, S. 44–45
- [30] 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
- [31] 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, <https://doi.org/10.37544/1436-4980-2025-11-12>
- [32] DIN EN ISO 22300:2021: Sicherheit und Resilienz – Begriffe (ISO 22300:2021). Deutsche Fassung, Ausgabe Juni 2021
- [33] Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: Handbuch Fabrikplanung. Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. München: Carl Hanser Verlag 2024
- [34] Purdy, G.: ISO 31000:2009-Setting a new standard for risk management. Risk analysis: an official publication of the Society for Risk Analysis 30 (2010), 6, pp. 881–886
- [35] Ivanov, D.: Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management. Cham: Springer International Publishing 2018
- [36] Patig, S.; Thorhauer, S.: Ein Planungsansatz zum Umgang mit Störungen bei der Produktion: Die flexible Produktionsfeinplanung mithilfe von Planungsschritten. Wirtschaftsinformatik 44 (2002), 4, S. 355–366
- [37] Stricker, N.; Lanza, G.: The Concept of Robustness in Production Systems and its Correlation to Disturbances. Procedia CIRP 19 (2014), pp. 87–92

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


Mirko Schneider, M.Sc. 

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl 


Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
 und Automatisierung IPA
 Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
www.ipa.fraunhofer.de

Jonas Reinhold, M.Sc. 

Björn Burzynska, M.Sc. 

Prof. Dr.-Ing. Matthias Schmidt 


Leibniz Universität Hannover, IFA –
 Institut für Fabrikanlagen und Logistik
 An der Universität 2, 30823 Garbsen

Nicolas Breuer, M.Sc. 

Alexander Schnichels, M.Sc. 

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kuhlenkötter 

Ruhr-Universität Bochum
 Lehrstuhl für Produktionssysteme (LPS)
 Industriest. 38c, 44894 Bochum

Katharina Theuner, M.Sc. 

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza 

Karlsruher Institut für Technologie
 Institut für Produktionstechnik wbk
 Kaiserstr. 12, 76131 Karlsruhe