



Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Masterarbeit



Kritikalitätstool zur Bewertung der
Resilienz und Vulnerabilität von
Lieferketten

Isabel Unterberger, BSc

Februar 2022

Aufgabenstellung

Frau **Isabel Unterberger** wird das Thema

Kritikalitätstool zur Bewertung der Resilienz und Vulnerabilität von Lieferketten

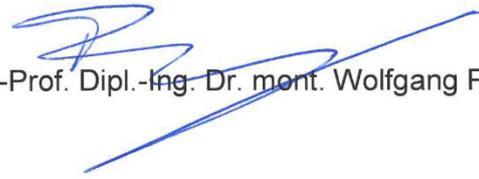
zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Die Masterarbeit umfasst die Herausarbeitung theoretischer Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung. Hierzu sind die Untersuchung der Auswirkungen auf Lieferketten verschiedener Branchen aufgrund der Pandemie und Tools des Risikomanagements zur Minimierung der Ausfallrisiken für beschaffungsseitige Lieferketten zu beschreiben. Dabei sollen die wesentlichen Begriffe definiert und abgegrenzt werden.

Des Weiteren ist ein geeignetes Kritikalitätstool im Sinne der Risikoanalyse zur Bewertung der Resilienz von beschaffungsseitigen Lieferketten herauszuarbeiten und anzuwenden. Eine Simulation soll die Darstellung der Belastbarkeit von Supply Chains mittels einer geeigneten Software unterstützen. Die ausgewerteten Ergebnisse der Simulation sind zu interpretieren und sollen der Erstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Vorbeugung von Ausfällen beschaffungsseitiger Lieferketten beziehungsweise der Gestaltung einer resilienten Lieferkette dienen.

Leoben, Juli 2021

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Wolfgang Posch

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'W. Posch', written over the printed name.



EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 02.02.2022

Unterschrift Verfasser/in
Isabel Unterberger

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich auf unterschiedlichste Art und Weise beim Entstehungsprozess dieser Masterarbeit unterstützt und zu deren Gelingen maßgeblich beigetragen haben.

Zuallererst gilt mein Dank meinem Betreuer Herrn Dipl. -Ing. Franz Siegmeth, MBA, der mich von Seiten des *Lehrstuhls für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften* mit seinen hilfreichen Anregungen und zweckdienlichen Informationen im Zuge der Umsetzung des Theorieteils unterstützt hat. Vielen Dank für die konstruktive Zusammenarbeit.

Ebenfalls gebührt ein besonderer Dank meinem Betreuer seitens der *scc EDV-Beratung AG*, Herrn Tobias Kreiter, MSc, der stets Zeit für meine Anliegen gefunden hat. Sein hilfreiches und konstruktives Feedback sowie seine bereichernden Denkanstöße verhalfen der Masterarbeit zu der zu werden, die sie nun ist. Ohne ihn wäre es nicht möglich gewesen, den Praxisteil der vorliegenden Arbeit im Unternehmen der *scc EDV-Beratung AG* durchzuführen.

Außerdem möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Wolfgang Posch meinen Dank aussprechen, der es ermöglicht hat, die Arbeit am *Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften* zu verfassen.

Zuletzt möchte ich noch von Herzen meiner Familie danken, die in schwierigen Momenten stets motivierende und richtige Worte gefunden hat. Sie haben mich in allen Phasen der Anfertigung unterstützt und einen wichtigen Beitrag dazu geleistet, dass die Masterarbeit in dieser Form vorliegt.

Kurzfassung

Die *Corona*-Pandemie ist weltweit präsent und eine Krise, die das Leben vieler Menschen von Grund auf verändert hat. Das Jahr 2020 ist überschattet von *Covid-19* und es ist anzunehmen, dass diese Ausnahmesituation so schnell nicht in Vergessenheit geraten wird. Zu groß sind die Auswirkungen und Einflüsse der Pandemie auf die Bevölkerung, sei es aus gesundheitlichen, privaten oder arbeitstechnischen Gründen. Doch *Covid-19* ist bei Weitem nicht nur eine Gesundheitskrise, sondern hat auch die internationalen Wirtschaftsabläufe stark beeinträchtigt. Dass die Automobilbranche über einen Mangel an Elektronikteilen klagt und die Bauindustrie explodierende Rohstoffpreise meldet, ist nur ein Bruchteil von unzähligen krisenbedingten Beispielen¹.

Der Fokus dieser Arbeit liegt besonders auf der Untersuchung der Auswirkungen auf Lieferketten verschiedener Branchen aufgrund der Pandemie. Im Laufe der Arbeit sollen verschiedene Tools des Risikomanagements zur Minimierung der Ausfallrisiken von beschaffungsseitigen Supply Chains betrachtet und ein geeignetes Kritikalitätstool entwickelt werden, um Lieferketten ähnlicher Branchen vergleichen zu können. Das Kritikalitätstool versucht durch eine Bewertung der Ausprägung unterschiedlicher Supply Chain-Merkmale die Resilienz von Lieferketten zu bestimmen. Dazu wird im Praxisteil der Arbeit eine Simulation der Belastbarkeit von Lieferketten mittels einer adäquaten Software durchgeführt.

Ziel dieser Masterarbeit ist die Ableitung von Strategien und Maßnahmen zur Vorbeugung von Ausfällen beschaffungsseitiger Lieferketten. Diese entwickelten Strategien und Maßnahmen sind im Sinne des Risikomanagements auszuarbeiten.

Da die Pandemie nach wie vor andauert, ist der weitere Verlauf und tatsächliche Einfluss von *Covid-19* noch nicht voraussehbar. Die Verfolgung des Ansatzes einer resilienten Lieferkette ermöglicht es aber, einer erneuten Krise mit diversen Maßnahmen besser entgegenzuwirken und Schwachstellen sowie die Verwundbarkeit von Lieferketten erheblich zu reduzieren.

¹ Vgl. Reindl, S.; Wottge, A. (2021), S. 19; vgl. Wellenreuther, C. (2020), S. 643.

Abstract

The pandemic achieved a worldwide presence and changed almost everybody's life completely. The year 2020 is interfered with the *Covid-19* virus and it is likely that the crisis will not be forgotten anytime soon. The consequences and effects are enormous on people regarding health, work-related or private issues. *Covid-19* is not only a health crisis, but it also affected international economic processes. The fact that the automotive industry is complaining about a lack of electronic parts and the construction industry is registering exploding commodity prices are only two of innumerable examples due to *corona*².

The primary focus of this master thesis is on the examination of effects on supply chains from different industry sectors because of the pandemic. Several tools of the field of risk management should be regarded in the course of the work to minimize the failure probability of supply chains on the procurement side. For this purpose, a criticality tool is developed to enable a comparison of different supply chains of similar industries. Furthermore, the criticality tool attempts to determine supply chain resilience by means of an assessment of the expression of various supply chain characteristics. Besides, a simulation of the resilience of supply chains is performed in the practical part using adequate software.

The aim of this work is the derivation of strategies and measures to prevent the failure probability of supply chains on the procurement side. All developed strategies and measures should be generated in terms of risk management.

Since we are in the middle of the pandemic, the consequences of the crisis are not fully assessable at all. Pursuing a resilient supply chain approach, however, makes it possible to better counteract a renewed crisis with several measures and reduces considerable weaknesses as well as vulnerability of supply chains.

² Vgl. Reindl, S.; Wottge, A. (2021), S. 19; vgl. Wellenreuther, C. (2020), S. 643.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung und Forschungsfrage	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	2
1.4	Aufbau der Arbeit	3
2	Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten	4
2.1	Kurzer historischer Abriss globaler Krisen und deren Auswirkung auf Lieferketten	4
2.2	Abgrenzung und Definition der Begriffe Resilienz, Vulnerabilität und Nachhaltigkeit in Bezug auf Lieferketten.....	7
2.3	Beispiele für <i>Covid-19</i> -Auswirkungen auf Lieferketten unterschiedlicher Branchen.....	10
2.3.1	Lebensmittelindustrie	11
2.3.2	Agrarversorgung	12
2.3.3	Automobilbranche	14
2.3.4	Containerschifffahrt.....	16
3	Risikomanagement	20
3.1	Supply Chain Risk Management.....	22
3.2	Identifikation einzelner Risiken entlang der Lieferkette.....	23
3.2.1	Begriffsbestimmung	23
3.2.2	Externe Risiken	25
3.2.3	Interne Risiken	27
3.3	Bewertung des Lieferkettenrisikos	28
3.3.1	Qualitative Bewertung	28
3.3.2	Quantitative Bewertung	29
3.4	Relevante Methoden/Tools des Supply Chain Risk Managements	31
4	Kritikalitätstool zur Bewertung der Resilienz und Vulnerabilität von Lieferketten	36
4.1	Detaillierte Beschreibung des ausgewählten Simulationstools	36
4.1.1	Agent-Based Simulation (ABS)	37
4.1.2	Monte-Carlo-Simulation (MCS)	38
4.1.3	Discrete Event Simulation (DES).....	38
4.2	Tool-/Strategieentwicklung zur Steigerung der Resilienz von Supply Chains	39

4.2.1	Reifegradmodell	39
4.2.2	Stufen der Reifegrade	40
4.2.3	Dimensionen des Kritikalitätstools	43
5	Praxisteil – Simulation der Belastbarkeit von Lieferketten.....	53
5.1	Kurze Unternehmensvorstellung	53
5.2	Methodik	55
5.3	Daten	57
5.3.1	Ausgangslage	58
5.3.2	Szenario 1 – geplanter Shutdown	60
5.3.3	Szenario 2 – Naturkatastrophe	65
5.3.4	Szenario 3 – neue CO ₂ -Steuer	69
5.4	Diskussion	73
5.4.1	Vergleich Theorie mit Ergebnissen der Simulation	73
5.4.2	Handlungsempfehlung	76
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umsatzveränderung im Vergleich zum Vorjahr	11
Abbildung 2: FBX-Freight-Rate-Index im Vergleich	16
Abbildung 3: Morphologischer Kasten über die Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten	19
Abbildung 4: RM-Prozess	21
Abbildung 5: SCRM als Schnittstelle zwischen SCM und RM	22
Abbildung 6: Unterschiedliche Begriffe und deren Beziehung zueinander	23
Abbildung 7: Verlauf des geopolitischen Risikoindex der letzten Jahre	26
Abbildung 8: Beispielhafte Risikomatrix mit Handlungsempfehlungen	33
Abbildung 9: Beispielhaftes Ishikawa- Diagramm	34
Abbildung 10: Kritikalitätstool zur Bewertung der Resilienz einer Lieferkette	41
Abbildung 11: Gegenseitige Beeinflussung der Dimensionen des Kritikalitätstools	43
Abbildung 12: Vernetzung der Dimensionen des Kritikalitätstools	44
Abbildung 13: Dimensionen des Kritikalitätstools inklusive Maßnahmen und Strategien zur Umsetzung	51
Abbildung 14: Kundenspezifische Lösungen und Dienstleistungslösungen der scc EDV-Beratung AG	54
Abbildung 15: Überblick über SAP IBP Module	56
Abbildung 16: Supply Chain Netzwerk	57
Abbildung 17: Relevante Komponenten des Mountainbikes	58
Abbildung 18: Kundenbedarf vs. pünktlich/verspätet gelieferte Kundenaufträge im Einschichtbetrieb	61
Abbildung 19: Produktionssicht im Einschichtbetrieb	61
Abbildung 20: Kapazitätssicht im Einschichtbetrieb	62
Abbildung 21: Alerts im Supply Chain Netzwerk	62
Abbildung 22: Erläuterung der Warnung	63
Abbildung 23: Kapazitätssicht mit Zweischichtauslastung vor dem Shutdown	63
Abbildung 24: Produktionssicht im Zweischichtbetrieb vor dem Shutdown	64
Abbildung 25: Kundenbedarf vs. pünktlich/verspätet gelieferte Kundenaufträge im Zweischichtbetrieb vor dem Shutdown	64
Abbildung 26: Vierwöchiger Ausfall der externen Empfänger des Lieferanten aus Rom	65
Abbildung 27: Transporte zwischen Lieferanten und Werk	66
Abbildung 28: Veranschaulichung der maximalen Transportbereitstellung der Lieferanten	66
Abbildung 29: Unerfüllter Kundenauftrag des ungarischen Radsportverbandes	67

Abbildung 30: Aufgestockte externe Liefermengen des rumänischen Lieferanten ..	67
Abbildung 31: Erhöhte Transportmengen des rumänischen Lieferanten.....	68
Abbildung 32: Erfüllter Kundenauftrag des ungarischen Radsportverbandes	68
Abbildung 33: Veränderung der maximalen Transportbereitstellungsmenge nach Optimierungslauf.....	69
Abbildung 34: Komponentenbeschaffung ohne Betrachtung der CO ₂ -Kosten	70
Abbildung 35: Transportsicht ohne Betrachtung der CO ₂ -Kosten	70
Abbildung 36: Maximalen externe Empfänge und Transportmengenbereitstellung des rumänischen Lieferanten.....	71
Abbildung 37: Transporte unter Berücksichtigung des CO ₂ -Verrechnungssatzes...	72
Abbildung 38: Externe Empfänge unter Berücksichtigung des CO ₂ -Verrechnungssatzes	72
Abbildung 39: Vergleich der CO ₂ -Verrechnungssätze von Lieferanten	73
Abbildung 40: Bewertete Lieferkette der <i>Bike4You GmbH</i>	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ranking der Naturkatastrophen nach Gesamtkosten.....	5
Tabelle 2: Arten von Lieferkettenrisiken.....	25
Tabelle 3: Klassifikation der Wahrscheinlichkeiten	29
Tabelle 4: Verschiedene Kategorien und deren Auswirkungen auf Lieferketten	30
Tabelle 5: Auflistung geeigneter Methoden im Supply Chain Risk Management	31
Tabelle 6: Relevante Stammdaten zusammengefasst.....	59
Tabelle 7: Überblick über relevante Kennzahlen	60
Tabelle 8: Ergänzende Kennzahlen zum zweiten Szenario	65

Abkürzungsverzeichnis

ABS – Agent-Based Simulation (Agentenbasierte Simulation)
BME – Bundesverband für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik
BVL – Bundesvereinigung Logistik e. V.
BVLH - Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V.
CMM – Capability Maturity Model
CMMI – Capability Maturity Model Integration
DES – Discrete Event Simulation (Ereignisorientierte Simulation)
FBX – Freighos Baltic Index
GRI – Geopolitical Risk Index (Geopolitischer Risikoindex)
IBP – Integrated Business Planning
MCS – Monte-Carlo-Simulation
QMMG – Quality Management Maturity Grid
RM – Risikomanagement
SAP – Systemanalyse Programmentwicklung
SCC – Solution Centered Consulting
SCM – Supply Chain Management
SCRM – Supply Chain Risk Management
SPICE – Software Process Improvement and Capability Determination
TEU – Twenty Equivalent Unit (20 Fuß)
TIR – Transport Internationaux Routiers
WEF – World Economic Forum
WHO – Welthandelsorganisation

1 Einleitung

Der Begriff *Corona* hat in Anbetracht der jüngsten Entwicklungen weltweit für Aufsehen gesorgt und es ist anzunehmen, dass diese Thematik für längere Zeit in Erinnerung der Menschen bleibt. Die Pandemie hat die Bevölkerung hart getroffen, aber nicht nur der Mensch leidet unter den Auswirkungen, sondern auch bei internationalen Wirtschaftsabläufen hat der Virus seine Spuren hinterlassen.

Viele Unternehmen mussten ihren Betrieb einstellen, Mitarbeiter beurlauben, in Kurzarbeit schicken oder sogar entlassen. Das bestätigt auch eine Online-Befragung im Auftrag der *Hans Böckler Stiftung*. Ergebnissen zufolge waren in Deutschland zwischen dem 3. und 14. April 2020 14 % der 7.677 befragten Erwerbstätigen in Kurzarbeit.³

Es war eine ständige Gratwanderung für Mitarbeiter sowie Führungskräfte und einige Unternehmen mussten aufgrund der Auswirkungen von *Covid-19* Insolvenz beantragen. Ein Beispiel dafür ist die *Kremsmüller Industrieanlagenbau KG*, die in Kalenderwoche 27 des Jahres 2021 einen Insolvenzantrag stellen musste⁴. Einer der Gründe dafür ist in der Veränderung des Konsumverhaltens des Menschen zu finden, da die extremen Bedarfsschwankungen für Produktionen verschiedenster Branchen nur schwer zu umgehen waren und zu diversen Unsicherheiten in Supply Chains führten. Lockdowns auf der ganzen Welt erschwerten pünktliche Lieferungen und auch der internationale Handel wurde durch die *Corona*-Maßnahmen massiv beeinträchtigt. Störungen entlang einzelner Stufen der Supply Chain schaukelten sich auf und verursachten in Folge Ausfälle von Lieferketten.⁵ Um genau dies zu vermeiden und die Supply Chain sicherer zu gestalten, stellt sich die Frage, wie Unternehmen auf solche Krisensituationen besser reagieren beziehungsweise im Vorfeld agieren können.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Im Jahr 2020 hat sich die *Covid-19*-Pandemie auf der ganzen Welt ausgebreitet. Angefangen mit „Patient 0“ in China, über den gesamten asiatischen Kontinent bis hin nach Europa, Amerika, Afrika sowie Australien haben sich der Virus und seine Mutationen innerhalb kürzester Zeit durchgesetzt und stellen nach wie vor in jeglicher Hinsicht eine international drohende Gefahr dar.⁶

Laut der Zitationsdatenbank *Scopus* steigt auch die Anzahl der veröffentlichten Papers zum Stichwort *Covid-19*. Während im Jahr 2020 26.893 wissenschaftliche Artikel basierend auf dieser Thematik veröffentlicht wurden, sind es im Jahr 2021 bereits über 66.000.⁷

³ Vgl. Hans Böckler Stiftung (2020).

⁴ Vgl. Trending Topics (2021).

⁵ Vgl. Chowdhury, P. et al. (2021), S. 10–12.

⁶ Vgl. Baldwin, R. E. et al. (2020), S. 23.

⁷ Vgl. Scopus (2021).

Wie bereits in der *Einleitung* erwähnt bringt die Pandemie auch erhebliche Folgen auf die weltweiten Wirtschaftsabläufe mit sich, so wird auch das Supply Chain Management, welches sich mit der Auswahl, Gestaltung, Organisation und den Betrieb von Lieferketten beschäftigt, vor eine große Herausforderung gestellt.⁸ Durch die Einschränkungen der Pandemie zeigen Lieferketten von Unternehmen verschiedenster Branchen vermehrt Schwachstellen sowie eine gewisse Verwundbarkeit. Infolgedessen wird die Resilienz von Lieferketten immer mehr zum Thema und von großer Bedeutung, wenn es um präventives Risikomanagement geht.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfrage

In dieser Arbeit sollen die Auswirkungen von *Covid-19* auf Supply Chains verschiedenster Branchen untersucht werden. Dazu werden Tools des Risikomanagements zur Minimierung der Ausfallrisiken für Lieferketten erläutert und ein geeignetes Kritikalitätstool im Zuge einer Risikoanalyse entwickelt und angewendet. Mittels einer geeigneten Software soll eine Simulation der Belastbarkeit von Supply Chains durchgeführt werden und als Unterstützung im Praxisteil der Arbeit dienen.

Ziel ist die Ableitung von Strategien und Maßnahmen zur Vorbeugung von Ausfällen beschaffungsseitiger Lieferketten. Das entwickelte Kritikalitätstool soll die Bewertung der Resilienz und Vulnerabilität von Lieferketten und den Vergleich verschiedener Supply Chains ähnlicher Branchen untereinander ermöglichen. Zudem sollen durch die Anwendung geeigneter Strategien und Maßnahmen Ausfallwahrscheinlichkeiten für Lieferketten reduziert und zukünftige Krisensituationen besser gemeistert werden.

Zusammengefasst ergibt sich aus den eben genannten Inhalten die Forschungsfrage der Masterarbeit, welche wie folgt lautet:

„Welche Vorkehrungen müssen Unternehmen im Vorhinein treffen beziehungsweise welche Handlungsempfehlungen befolgen, um im Falle einer globalen Krisensituation oder von unerwarteten Störungen eine resiliente und ausfallssichere Gestaltung ihrer Lieferketten im Sinne des Risikomanagements gewährleisten zu können?“

1.3 Methodische Vorgehensweise

Nach der Themenfindung und Formulierung der Forschungsfrage wurde relevante Literatur erhoben und eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt. Die Literaturrecherche diente dazu, den aktuellen Forschungsstand der Thematik sowie angewandte Konzepte und Theorien aufzuzeigen.⁹ Die Literatur stammt aus Büchern, Zeitschriftenartikeln und Paper der Universitätsbibliothek in Leoben sowie von diversen Online-Datenbanken. Die Online-Literatur wurde hier größtenteils von *Scopus* und *Google Scholar* entnommen. Dabei sind die Zitierfähigkeit, Zitierwürdigkeit und Relevanz als Kriterien bei der Nutzung von digitalen Quellen beachtet worden¹⁰. Nach der

⁸ Vgl. Gudehus, T. (2012), S. 936.

⁹ Vgl. Bell, E. et al. (2019), S. 8.

¹⁰ Vgl. Prexl, L. (2016), S. 269.

ausführlichen Ausarbeitung des Theorieteils erfolgte im Praxisteil der Masterarbeit eine Darstellung der Belastbarkeit von beschaffungsseitigen Lieferketten mittels einer Simulation in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen der *scc EDV-Beratung AG*. In diesem praktischen Teil der Arbeit wurde ein deduktiver Forschungsansatz angewandt und im Zuge dessen wurden bestehende Theorien zur Verletzlichkeit beziehungsweise Strategien zur deren Minimierung in einer Simulation getestet¹¹. Hierauf folgte eine Diskussion über den Vergleich der Ergebnisse der Theorie mit jenen der Simulation, woraus eine abschließende Handlungsempfehlung abgeleitet wurde.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit besteht aus zwei Teilen, einem Theorie- und einem Praxisteil. Der Theorieteil beinhaltet eine Aufbereitung der bestehenden wissenschaftlichen Literatur zu den Schwerpunkthemen dieser Arbeit. Im Anschluss an das einführende *Kapitel 1* wird in *Kapitel 2* die aktuelle Situation am Beschaffungsmarkt infolge der Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten verschiedener Branchen beschrieben. Dies soll dem Leser einen umfassenden Einblick in den thematischen Kontext dieser Masterarbeit ermöglichen. Zudem wird ein Blick in die Vergangenheit geworfen, um Folgen bereits durchlebter globaler Krisen zu erläutern. Um ein klares Verständnis auf Seiten des Lesers sicherzustellen, folgt eine Abgrenzung der Begriffe Resilienz und Vulnerabilität in Bezug auf Lieferketten. *Kapitel 3* der Arbeit legt den Fokus auf das Risikomanagement, insbesondere auf das Supply Chain Risk Management. Nach der Identifikation und Bewertung der Risiken werden relevante Methoden des Risikomanagements erhoben und vorgestellt. In *Kapitel 4* der Arbeit wird ein Kritikalitätstool in Form eines Reifegradmodells zur Bewertung der Resilienz entwickelt. Dazu werden zunächst geeignete Strategien formuliert und danach Maßnahmen abgeleitet sowie präsentiert. Dieses Kritikalitätstool dient nachfolgend als Grundlage der Simulation ausgewählter Szenarien im Praxisteil (*Kapitel 5*) der Arbeit. Die Ergebnisse der Simulationen werden im Anschluss mit jenen der Theorie verglichen und eine Handlungsempfehlung abgegeben. Abschließend erfolgt in *Kapitel 6* der Arbeit eine kritische Nachbetrachtung in Form eines umfassenden Resümees und ein Ausblick in die Zukunft.

¹¹ Vgl. Bell, E. et al. (2019), S. 20.

2 Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten

Der Grund und Auslöser der Pandemie ist das *Coronavirus*, auch unter *Covid-19* oder *SARS-CoV-2* bekannt. Es ist eine virale Erkrankung, die über eine Tröpfcheninfektion übertragen wird und die Zellen der Lunge angreift. Personen, die von der Krankheit betroffen sind, weisen grippeähnliche Symptome auf und vor allem Menschen mit Vorerkrankungen sowie ältere Personen sind besonders gefährdet einen schweren Verlauf der Krankheit zu erleiden. Eines der Hauptprobleme der Krankheit ist die überaus stark exponentielle Ausbreitung des Virus, denn innerhalb von nur kürzester Zeit war *Corona* auf der ganzen Welt präsent.¹²

Der Ausbruch von *Covid-19* hat nicht nur dramatische gesundheitliche Konsequenzen, sondern auch verheerende Folgen für die Wirtschaft und insbesondere auch für Supply Chains. Vor allem die Verschlechterung der Effizienz und Performance von Lieferketten sticht im Zuge der Pandemie negativ hervor. Störungen über die gesamte Lieferkette hinweg beeinflussen deren Resilienz und Nachhaltigkeit stark. Klarerweise sind Lieferketten im Laufe der Jahre schon von mehreren Krisensituationen betroffen gewesen, doch die *Covid-19*-Pandemie bringt neue Herausforderungen mit sich, die es zu bewältigen gilt.¹³

Um die Thematik rund um *Corona* und ihre Wirkung auf Lieferketten besser verstehen und einordnen zu können, folgt nun in den nächsten Unterkapiteln ein kurzer Abriss vergangener globaler Krisen bis hin zum akuten *Covid-19*-Dilemma sowie eine Begriffserklärung der Resilienz und Vulnerabilität in Bezug auf Lieferketten.

2.1 Kurzer historischer Abriss globaler Krisen und deren Auswirkung auf Lieferketten

Wie der Einleitung des *Kapitels 2* zu entnehmen ist, ist *Corona* nicht die erste Pandemie, welche eine globale Krise auslöst. Auch in der Vergangenheit hatte man bereits mit unzähligen viralen **Epidemien und Pandemien** zu kämpfen¹⁴. Angefangen mit den Pocken und dem Gelbfieber über die Influenza und Kinderlähmung bis hin zu HIV/AIDS und Ebola hatten die letzten Jahrzehnte einiges an Krankheiten zu bieten sowie erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftsabläufe¹⁵. So wurde beispielsweise im Jahr 1853 bei der Gelbfieber-Epidemie rund um New Orleans die Wirtschaft nahezu zum Erliegen gebracht, da die Menschen aus der Stadt flohen und eine voreilige Quarantäne gegen den Handel ausgerufen wurde. Südliche Städte in den USA waren zu dieser Zeit was den Handel anging besonders verwundbar, da sie Empfangsstellen für Importe aus Städten waren, in denen das Gelbfieber wütete. Im Zuge dessen wurde zum ersten Mal

¹² Vgl. Kavey, R.-E. W.; Kavey, A. B. (2021), S. 336–339.

¹³ Vgl. Chowdhury, P. et al. (2021), S. 2.

¹⁴ Vgl. Schwab, K.; Malleret, T. (2020), S. 4.

¹⁵ Vgl. Kavey, R.-E. W.; Kavey, A. B. (2021), S. 2 f.

ein staatliches Quarantänesystem errichtet, welches wiederum von den Städten missbraucht wurde, um den Handel in bestimmten Regionen absichtlich lahmzulegen.¹⁶

Aber nicht nur Pandemien stellen für Lieferketten eine Gefahr dar, sondern auch andere äußere Einflüsse wie Naturkatastrophen, politische Unruhen, Cyberkriminalität und wirtschaftliche Risiken können Schwachstellen von Supply Chains aufdecken¹⁷. Um das Ausmaß der Auswirkungen auf Lieferketten zu verdeutlichen, folgen nun einige Beispiele.

Immer wieder treffen extreme Wetterbedingungen in Form von **Naturkatastrophen** wie Überflutungen, Tsunamis, Erdbeben, Hurricanes oder eine Kombination der verschiedenen Kategorien einzelne Länder vollkommen unerwartet. Welche Schäden das für betroffene Unternehmen und folglich für deren Lieferketten bedeutet, kann anhand des Beispiels der *ARM Manufacturing* mit Sitz in Ohio (USA) gut verdeutlicht werden. Die Firma lagerte im Zuge eines Joint Ventures ihre Produktion für elektronischen Komponenten in eine Stadt in der Nähe von Kobe (Japan) aus. Im Jahr 2011 kam es dort zu einem Erdbeben und in Folge zu einem Tsunami, der weite Teile rund um Kobe zerstörte. Das Unternehmen konnte für 13 Monate aufgrund von enormen Schäden durch den Tsunami nicht produzieren und brauchte nahezu zwei Jahre für die Rückkehr in den Normalbetrieb. Aufgrund der Situation musste *ARM Manufacturing* innerhalb kürzester Zeit alternative Lieferanten finden, um ihre Lieferkette nicht zu unterbrechen. Allein die Suche dauerte 60 Tage und brachte einige negative Folgen mit sich. Beispielsweise waren die Anschaffungskosten um einiges höher, Produkte nicht spezifikationsgerecht gefertigt und in Folge verlor man auch rund 12 % der Kunden. Darüber hinaus verzeichnete die *ARM* einen Margenrückgang von 4 % und die Gesamtkosten für das Unternehmen beliefen sich auf 21 Millionen Euro. Ein Großteil der Einbußen wäre zu vermeiden gewesen, hätte man im Vorfeld im Sinne des Risikomanagements gehandelt und eine Risikobewertung an den Beschaffungsstandorten durchgeführt.¹⁸

Tabelle 1: Ranking der Naturkatastrophen nach Gesamtkosten¹⁹

Ranking	Jahr	Naturkatastrophe	Gesamtkosten
1	2011	Tohoku Erdbeben, Japan	260 Mrd.€
2	2005	Hurricane Katrina, Nordamerika	168 Mrd.€
3	2008	Sichuan Erdbeben, China	123 Mrd.€
4	2012	Hurricane Sandy, Nordamerika	60 Mrd.€
5	2011	Fluten, Thailand	39 Mrd.€

Diese Umweltkatastrophe war nicht nur im Elektroniksektor, sondern folglich auch in der Automobilbranche, die stark von japanischen Produktionen abhängig ist, deutlich spürbar. Die japanischen Niederlassungen von Toyota mussten nach dem Tsunami

¹⁶ Vgl. Hays, J. N. (2005), S. 259–265.

¹⁷ Vgl. Rosenberg, S. (2018), S. 17.

¹⁸ Vgl. Cook, T. A. (2018), S. 19.

¹⁹ Quelle: Manners-Bell, J. (2014), S. 80 (leicht modifiziert).

ganze vier Wochen ihre Produktion einstellen und weitere drei Monate mit nur halber Kapazität laufen. Aufgrund der international agierenden Supply Chains waren auch Standorte in Europa und China davon betroffen.²⁰ Um die Relationen der monetären Auswirkungen der Katastrophen zu verdeutlichen, stellt *Tabelle 1* eine Übersicht beziehungsweise ein Ranking der Gesamtkosten in Milliardenhöhe der unterschiedlichen Naturkatastrophen im Laufe der Jahre dar.

In diese monetären Auswirkungen fließen selbstverständlich auch die **wirtschaftlichen Risiken** ein, die laut des *World Economic Forum (WEF)* mehr Einfluss auf Firmen als beispielsweise korrupte Handlungen oder Pandemien haben. Zu diesen wirtschaftlichen Risiken zählen sowohl Nachfrageschocks und Währungsschwankungen als auch Import- beziehungsweise Export-Restriktionen, Grenzverzögerungen und eine Volatilität der Rohstoffpreise. Die genannten **Nachfrageschocks** werden meist in Verbindung mit der großen Weltwirtschaftskrise 2008 gebracht, welche aus fallenden Immobilienpreisen und einem Zusammenbruch des Vertrauens der Verbraucher in den Vereinigten Staaten resultierte und nach wie vor als eine der größten globalen Finanzkrisen in der Geschichte gilt. Auslöser für diese Schocks ist der schlagartige Nachfragenwechsel in der Produktion, welcher folglich zu enormen Schwierigkeiten bei der Erstellung der Forecasts führt. Des Weiteren werden durch globale Lieferketten verschiedene Unternehmen diverser Länder mit unterschiedlichen Währungen verbunden. Solche **Währungsunterschiede** können zu einem sogenannten Währungskrieg führen und heftige Einflüsse auf die Rentabilität von Lieferketten verursachen, wenn zwischen dem Beschaffungsmarkt und den Distributionskanälen des Unternehmens weite Distanzen liegen²¹. Beispiel dafür ist das Jahr 2010, wo eine wettbewerbsbedingte Abwertung großer konkurrierender Volkswirtschaften einen Währungskrieg zur Folge hatte. Im Zuge dessen kam es zur Auf- beziehungsweise Abwertung einzelner Währungen, wobei eine Devaluation vor allem in westlichen Ländern vollzogen wurde.²²

Aber nicht nur unterschiedliche Währungen, sondern auch andere Einflüsse können Risiken für grenzüberschreitende Handlungen und Warenbewegungen darstellen. Diese können von Einfuhrbeschränkungen oder Grenzverzögerungen aufgrund von Zollregelungen, diversen tarifären beziehungsweise nichttarifären Handelshemmnissen sowie Sicherheitsbestimmungen und infrastrukturellen Engpässen ausgehen.²³ Solche **Handelsrestriktionen** beeinflussen den effizienten Warenfluss entlang der Lieferkette. Zur besseren Veranschaulichung sei dies anhand eines Beispiels aus der näheren Vergangenheit illustriert:

Im Jahr 2013 brach Russland die jahrelange *TIR*-Vereinbarung (*Transport Internationaux Routiers*), was einen durchgängigen und reibungslosen sowie internationalen Transport über die Grenzen hinweg erheblich erschwerte. Russlands Absichten dahinter waren fraglich und es folgten daraufhin lediglich Spekulationen darüber, warum das internationale Handelsabkommen seitens russischer Autoritäten boykottiert wurde. Nach wie vor können grenzüberschreitende Transporte zwischen der

²⁰ Vgl. Manners-Bell, J. (2014), S. 86 f.

²¹ Vgl. Heckmann, I. (2016), S. 30.

²² Vgl. Manners-Bell, J. (2014), S. 109–113.

²³ Vgl. Heckmann, I. (2016), S. 30.

EU und Russland aufgrund von bürokratischen und politischen Gründen zu Problemen führen.²⁴

Resümiert man die Auswirkungen der wirtschaftlichen Risiken, so lässt sich sagen, dass Veränderungen und Störungen globale Lieferketten im Allgemeinen stark beeinflussen. Erschwerend kommt hinzu, dass der zeitliche Eintritt solcher Störungen nur schwer vorherzusehen ist.²⁵ Zweifellos gibt es noch unzählige weitere Beispiele für Störungen entlang von Lieferketten in der Vergangenheit, auf deren Erläuterung aber verzichtet wird, um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen. Einzelne Risiken in der Supply Chain und Auslöser für derartige Störungen werden aber im *Kapitel 3.2* noch näher beleuchtet.

2.2 Abgrenzung und Definition der Begriffe Resilienz, Vulnerabilität und Nachhaltigkeit in Bezug auf Lieferketten

Supply Chains sind im Laufe der Jahre immer komplexer geworden. Gründe dafür sind in der Globalisierung, im Outsourcing, in der Spezialisierung von Lieferanten und in der Gestaltung von lückenlosen Lieferketten zu suchen. Einerseits haben die eben erwähnten Strategien die Performance von Lieferketten klar verbessert, andererseits sind Supply Chains nun viel anfälliger für Störungen. Die empirische Evidenz der letzten Jahre zeigt, dass Störungen entlang der Supply Chain häufiger auftreten und Aufmerksamkeit auf sich ziehen.²⁶ Im Kontext dieser Störungen tauchen auch immer wieder die Begriffe Resilienz und Vulnerabilität von Lieferketten auf. Die Antwort auf die Frage, was die beiden Begriffe aussagen, welche Bedeutung sie in Bezug auf Lieferketten haben und wie sie mit Nachhaltigkeit in Verbindung stehen, wird in den nächsten Absätzen gegeben.

Resilienz ist ein sehr weitläufiger Begriff, der in vielen verschiedenen Zusammenhängen immer wieder auftaucht und zum Modewort der 2010er Jahre geworden ist. Vor allem in Verbindung mit unterschiedlichen Herausforderungen und Krisen, wird Resilienz als ein Konzept gehandelt, das zum Teil vielversprechende Antworten liefert sowie eng an die Begriffe Vulnerabilität und Nachhaltigkeit anknüpft.²⁷ Generell versteht man unter Resilienz die Fähigkeit, sich von einem Unglück beziehungsweise einer Veränderung zu erholen oder sich einer bestimmten Situation anzupassen²⁸. Des Weiteren bedeutet Resilienz so viel wie Widerstandsfähigkeit und ist aus Sicht von Unternehmen und deren Supply Chains, die Kompetenz mit den Folgen unvermeidbarer Risikoereignisse umzugehen, um schnellstmöglich in den ursprünglichen Zustand zurückzukehren oder, wenn möglich, sogar eine bessere Lieferketten-Performance erreichen zu können²⁹. Im besten Fall können Unternehmen durch die bessere Erholung von Krisensituationen im Vergleich zur Konkurrenz sogar Wettbewerbsvorteile erringen³⁰. Um diese Vorteile auch

²⁴ Vgl. Manners-Bell, J. (2014), S. 117–119.

²⁵ Vgl. Heckmann, I. (2016), S. 33.

²⁶ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 51.

²⁷ Vgl. Karidi, M. et al. (2018), S. 1 f.

²⁸ Vgl. Schlegel, G. L.; Trent, R. J. (2015), S. 13.

²⁹ Vgl. Khojasteh, Y. (2017), S. 218.

³⁰ Vgl. Spieske, A.; Birkel, H. (2021), S. 1.

nutzen zu können, muss man wissen, wie das Design einer resilienten Supply Chain im Detail aussieht.

Grundsätzlich kann die Gestaltung einer resilienten Lieferkette durch ein gutes Logistikmanagement erreicht werden. Als essenziellen Bestandteil eines solchen Managements bedarf es im Vorfeld einer Analyse der Effizienz und Resilienz der Supply Chain. Lange Lieferketten sind aufgrund ihrer größeren Angriffsfläche für Störungen besonders risikoanfällig und gefährdet. Um dieses Risiko einzudämmen, sind die Sichtbarkeit und der damit verbundene freie Informationsfluss wichtige Indikatoren für das Design der Supply Chain. Daneben gibt es aber noch weitere Prinzipien zur Gestaltung einer resilienten Lieferkette:

Zu Beginn muss ein Supply Chain Risk Management geformt und innerhalb der eigenen Organisation erarbeitet werden. Anschließend werden aus strategischer Sicht die Risiken von Lieferketten analysiert. Diese Risiken müssen in der Designphase von Supply Chains unbedingt berücksichtigt werden, da eine Lieferkette immer nur so stark wie ihr schwächstes Glied ist. Sind diese Prinzipien erfüllt, kann eine Kollaboration mit anderen Unternehmen angedacht beziehungsweise eingegangen werden. Unter dem Motto „Prävention vor Kompensation“ sollen Maßnahmen im Vorfeld getroffen werden, um einen Ausfall der Lieferkette zu vermeiden. Zur Erhöhung der Flexibilität von Supply Chains sind Backup Systeme, Lagerungen von Fertigprodukten, Aufschubstrategien und kurze Lieferzeiten geeignete Lösungen. Darüber hinaus werden Notfallmaßnahmen und -pläne sowie Strategien entwickelt, um Worst-Case-Szenarien zu meistern, aber dazu später im *Kapitel 4.2* noch mehr.³¹

Wie bereits erwähnt hängen die Begriffe Resilienz und Vulnerabilität sehr eng zusammen. Aus diesem Grund ist eine Abgrenzung der beiden Begriffe notwendig. Unter **Vulnerabilität**, auch Verletzlichkeit oder Verwundbarkeit genannt, versteht man die Anfälligkeit einer Lieferkette, schwerwiegende Folgen aufgrund von Störungen zu erleiden. Gemessen wird der Grad der Verletzlichkeit anhand der Einflüsse der Störungen entlang der Supply Chain. Prinzipiell kann man sagen, dass die beiden Begriffe zueinander umgekehrt proportional sind. Das heißt, um eine Steigerung der Resilienz von Lieferketten erreichen zu können, muss die Vulnerabilität reduziert werden.³² Die Minimierung der Vulnerabilität gestaltet sich aber nicht so einfach, da momentane Wirtschaftstrends wie zum Beispiel die Steigerung der Komplexität von Produkten und Services, die limitierte Kapazität von Schlüsselkomponenten sowie kürzere Produktlebenszyklen und die steigende Integration von Prozessen zwischen Unternehmen laufend zunehmen³³. Hier gilt es Konzepte zu finden, um diesen Trends in Zukunft besser entgegenwirken zu können.

Einen positiven Beitrag zu einer möglichen Konzeptlösung könnte das nachhaltige Design von Lieferketten leisten, denn auch zwischen **Nachhaltigkeit** und Resilienz besteht ein Zusammenhang. Um im weltweiten Wettbewerb mithalten zu können, legen Unternehmen der Gegenwart den Fokus bei der Gestaltung ihrer Supply Chains immer mehr auf Nachhaltigkeit und Resilienz. Der internationale Handels- und

³¹ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 195–197.

³² Vgl. Khojasteh, Y. (2017), S. 218 f.

³³ Vgl. Faisal, Mohd. N. (2009), S. 44.

Logistikdienstleister *Hermes Germany GmbH* wendet dieses Konzept zum Beispiel in Form von digitalen Echtzeit-Supply Chains zur rechtzeitigen Identifikation diverser Risikofaktoren an und setzt auf transparente Lieferketten³⁴. Aufgrund von einigen Konfliktobjekten ist es zwar schwierig die Vorteile beider in einer Lieferkette zu vereinen und folglich zu nutzen, trotzdem gibt es bereits gute Kompromisslösungen, die Unternehmen zufriedenstellen. Zur besseren Veranschaulichung der möglichen Widerspruchselemente innerhalb einer Lieferkette, werden einige Beispiele aufgezählt. Zum einen stellt die Erhöhung der Effizienz bei gleichzeitiger Steigerung der Flexibilität ein Hindernis dar. Während eine resiliente Supply Chain flexiblen und agilen Prinzipien folgt, liegt das Augenmerk einer nachhaltigen Lieferkette auf der effizienten Nutzung vorhandener Ressourcen sowie auf der Sicherstellung des Fortbestands des Systems. Zum anderen ist es für Unternehmen herausfordernd, eine Prozessoptimierung im Sinne der Nachhaltigkeit zu forcieren und zeitgleich eine schnelle Umstrukturierung bei kürzeren Produktlebenszyklen zu gewährleisten. Aber auch der nachhaltige Ansatz der Ressourcenschonung und das Management von Peitscheneffekten stehen im Gegensatz zueinander. Es existieren aber Kompromisslösungen, die in Form von verschiedenen Theorien angewandt werden können. Zur Beseitigung des Konflikts zwischen der Effizienz und Flexibilität ist beispielsweise die Institutionentheorie ein Lösungsansatz. Der Theorie zufolge besteht die Möglichkeit, den Fokus von Unternehmen durch Ausüben von Druck diverser Organisationen in Richtung Nachhaltigkeit und Resilienz zu lenken. Die drei wesentlichen Haupttreiber dieses Ansatzes sind Zwangshandlungen der Regierung, der normative Druck durch Stakeholder und Kunden sowie das Nachahmen der Konkurrenten. Einerseits ist es durch staatliche Zwänge realisierbar, dass Regierungsinitiativen wie die Einführung von Umweltsteuern oder obligatorische Maßnahmen zur sozialen Verantwortung erreicht werden. Andererseits kann aber auch der normative Druck seitens der Stakeholder und Kunden Unternehmen veranlassen, resiliente und nachhaltige Supply Chains zu gestalten. Der Grund dafür liegt wohl in der Verschiebung der Prioritäten Richtung Umwelt- und Sozialaspekte.³⁵ Die erfolgreiche Anwendung von nachhaltigen Lieferketten bestätigt auch eine Umfrage:

Laut einer weltweiten Studie der *Zertifizierungsgesellschaft DNV GL* sind in etwa 81 % der befragten Unternehmen der Ansicht, dass nachhaltige Supply Chains widerstandsfähiger, sprich resilienter sind. Bei diesen nachhaltigen Lieferketten werden unter anderem Umweltauswirkungen, Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz sowie ein starkes Finanzmanagement und ethische Attribute mitberücksichtigt.³⁶

Eine weitere Möglichkeit zur Findung des Gleichgewichts zwischen Nachhaltigkeit und Resilienz sind digitale Lösungen. Durch innovative Simulationstools können Aussagen über kurz- und mittelfristige Entwicklungen der Nachfrage getroffen und, falls nötig, jederzeit Anpassungen im Unternehmen vollzogen werden.³⁷ Näheres dazu wird aber im Praxisteil beziehungsweise *Kapitel 5* der Arbeit noch ausführlicher behandelt.

³⁴ Vgl. Hermes Redaktion (2021).

³⁵ Vgl. Rajesh, R. (2021), S. 1–3.

³⁶ Vgl. Maier, B. (2021), S. 33.

³⁷ Vgl. Herzberg, N., <https://www.industry-of-things.de/lieferketten-erfolg-durch-naehe-und-nachhaltigkeit-a-992683/> (Zugriff: 12.08.2021).

Die Kombination von Nachhaltigkeit und Resilienz in Lieferketten sowie die Auseinandersetzung mit Maßnahmen zur Minimierung der Vulnerabilität lässt eine neue Art von Supply Chain entstehen - eine Lieferkette der Zukunft, die gegen krisenbedingte Ausfälle gewappnet ist³⁸. Gefahren wie Naturkatastrophen, politische Unruhen oder Pandemien werden immer häufiger zum Auslöser für globale Krisen und darum müssen sich Unternehmen Gedanken darüber machen, wie sie ihre Wertschöpfungsketten widerstandsfähiger gestalten³⁹. Eine Studie des *McKinsey Global Institute* bestätigt, dass alle 3,7 Jahre eine Krise monatelange Unterbrechungen verursacht und dadurch rund 40 % des Gewinns in 10 Jahren verloren geht. Vor allem die Luftfahrt, Automobilindustrie und Erdölproduktion sind von den Folgen der Krisen am meisten betroffen.⁴⁰ Weitere Beispiele für Unternehmen aus verschiedenen Branchen, deren Lieferketten den Belastungen von *Covid-19* nicht standhalten konnten und nun mit den Konsequenzen von *Corona* leben müssen, folgen im nächsten Kapitel.

2.3 Beispiele für Covid-19-Auswirkungen auf Lieferketten unterschiedlicher Branchen

Die Vergangenheit hat gezeigt, welche Auswirkungen globale Krisen auf Lieferketten haben können (siehe *Kapitel 2.1*). In den letzten Jahrzehnten sind Störungen entlang von Supply Chains immer häufiger geworden und mehrere Studien belegen, dass sie die Resilienz und Robustheit von Lieferketten negativ beeinflussen. Neben den bereits in den vergangenen Kapiteln erwähnten globalen Krisen haben auch der Ausbruch von *Covid-19* und die Maßnahmen zur Bekämpfung der Pandemie diverse Lieferkettenstörungen verursacht und die globale Wirtschaft sowie einige Branchen zum Erliegen gebracht. Die Onlinezeitschrift *Fortune* bestätigt Letzteres, denn laut einer Umfrage haben von 1.000 hochrangigen Unternehmen ganze 94 % mit den Folgen von *Corona* zu kämpfen.⁴¹ Einer weiteren Logistikumfrage des *Bundesverbands für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME)* zufolge konnten zudem 80 % der deutschen Unternehmen der Krise genauso wenig entgegenzusetzen und klagten über massive Störungen entlang ihrer Lieferketten⁴².

Angefangen mit der Lebensmittelindustrie über den Automobilbereich bis hin zur Schifffahrt hat *Covid-19* eine ganze Reihe von Branchen auf die Probe gestellt. Welche Auswirkungen die Pandemie auf Supply Chains unterschiedlicher Unternehmen im Detail hat und welche Branchen davon betroffen sind, werden die nächsten Unterkapitel erläutern.

³⁸ Vgl. Zimmermann, R. (2021).

³⁹ Vgl. Lund, S. et al. (2020), S. II.

⁴⁰ Vgl. Best-Werbunat, K., <https://www.mckinsey.de/news/presse/2020-08-06-global-value-chains> (Zugriff: 13.08.2021).

⁴¹ Vgl. El Baz, J.; Ruel, S. (2021), S. 1.

⁴² Vgl. Herzberg, N., <https://www.industry-of-things.de/lieferketten-erfolg-durch-naehe-und-nachhaltigkeit-a-992683/> (Zugriff: 12.08.2021).

2.3.1 Lebensmittelindustrie

Gerade in solch Ausnahmesituation wie der *Covid-19*-Krisenzeit ist die Sicherstellung des Lebensmittelversorgungsnetzes besonders wichtig. Produkte der **Lebensmittelindustrie** sind für den alltäglichen Gebrauch nötig und essenziell zum Überleben der Menschheit. Dies unterscheidet die Lebensmittelindustrie auch grundsätzlich von anderen Branchen⁴³. Doch die Pandemie gefährdet die Sicherheit von Nahrungsmitteln, vor allem was die nachhaltige Produktion und deren unbedenklichen Verzehr angeht, erheblich und erhöht infolgedessen das Risiko der Verwundbarkeit von Lieferketten dieses Sektors. Hinzu kommt, dass sich das Konsumverhalten der Menschen während *Covid-19* stark verändert hat.⁴⁴

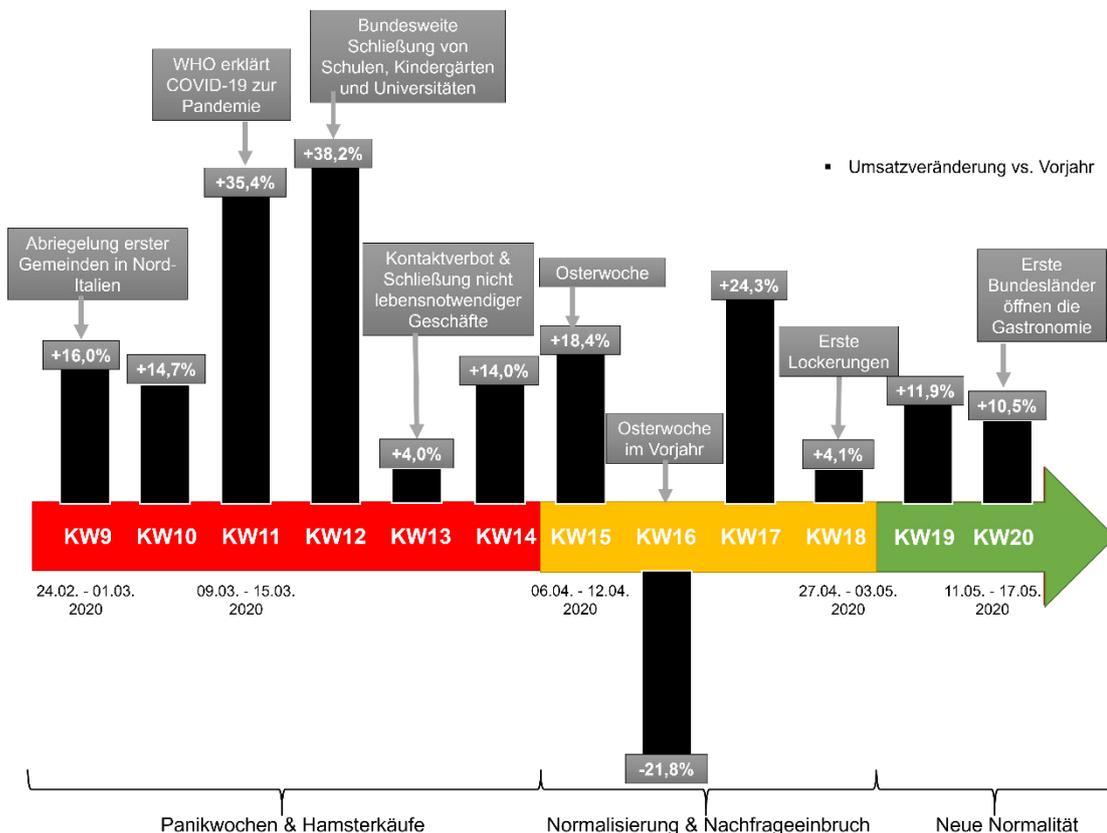


Abbildung 1: Umsatzveränderung im Vergleich zum Vorjahr⁴⁵

Durch Massenpanikeinkäufe resultierte ein Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage. Diverse Maßnahmen zur Bekämpfung der Pandemie wie beispielsweise verstärkte Hygieneregulungen oder soziale Distanzierung forcierten die Schließung von Lebensmittel Fabriken und hatten enormen Einfluss auf Klein- und Mittelunternehmen der Nahrungsmittelindustrie, welche rund 70 % der gesamten Branche ausmachen.⁴⁶

⁴³ Vgl. Barman, A. et al. (2021), S. 1.

⁴⁴ Vgl. Ali, M. H. et al. (2021), S. 1 f.

⁴⁵ Quelle: Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V. (2020), S. 2 (leicht modifiziert).

⁴⁶ Vgl. Ali, M. H. et al. (2021), S. 1 f.

Eine Veröffentlichung des *Bundesverbands des Deutschen Lebensmittelhandels e. V. (BVLH)* belegt, dass der Umsatz von Lebensmittelgeschäften in Deutschland in der Zeit von Ende Februar bis Mitte Mai 2020 deutlich von jenem des Vorjahres abweicht. Dies wird in *Abbildung 1* in Form eines Zeitstrahls visualisiert. Aus dieser Grafik geht auch hervor, dass die Pandemie von Ende Februar bis Mitte Mai in drei Phasen eingeteilt wurde. In der zwölften Kalenderwoche beziehungsweise eine Woche nach Bestätigung der Pandemie durch die *WHO* war mit einer Steigerung des Umsatzes um 38,2 % zum Vorjahr die größte Veränderung zu verzeichnen. Diese Entwicklung kann mit den Massen- und Hamstereinkäufen in der ersten Phase der Pandemie begründet werden. In der zweiten Phase hatte sich die Nachfrage wieder normalisiert. Der Umsatzverlust nach der Osterwoche 2021 resultierte lediglich daraus, dass im Jahr zuvor das Osterfest eine Woche später angesetzt war und dementsprechend auch die Ostereinkäufe in dieser Woche getätigt wurden. In der letzten Phase im Mai wurden durch Lockerungen der Maßnahmen und Öffnung der Gastronomie die Umsätze wieder stabiler. Eine neue Normalität trat ein und die zuvor erheblichen Umsatzschwankungen reduzierten sich allmählich.⁴⁷

Wie oben erwähnt beziehen sich die konkreten Zahlen auf Deutschland. Systematisch ähnliche, wenn auch nicht 1:1 idente Verläufe gab es aber auch in vielen anderen Ländern und Regionen zu beobachten. Dementsprechend darf angenommen werden, dass die Schlüsse aus diesen Entwicklungen auch für die Lebensmittelbranchen anderer Länder – insbesondere Österreich – Gültigkeit besitzen.

2.3.2 Agrarversorgung

Zusätzlich zur Lebensmittelkette trafen die *Corona*-Maßnahmen auch jene der **Agrarversorgung**. Landwirten war es zum Beispiel vorgeschrieben, ihre Felder zu zerstören und über Tage hinweg frische Milch zu entsorgen, da Lieferketten blockiert waren und die Beschränkungen es so vorsahen. Aufgrund von fehlerhafter logistischer Koordination wurden zum Teil auch Teeplantagen zerstört. Das Hauptproblem lag dabei keineswegs nachfrageseitig, sondern im rechtzeitigen Transport der Ressourcen vom Produzenten zum Käufer. Des Weiteren war es schwierig, die weltweit erhöhte Nahrungsnachfrage zu erfüllen. Dies lässt sich anhand des Bedarfs an Brot und Früchten während der ersten Woche, nachdem die Pandemie von der *WHO* am 11. März 2020⁴⁸ ausgerufen wurde, zeigen. Bei den Früchten war ein Anstieg um 50 % und bei frischem Brot sogar um 76 % zu verzeichnen. Nicht nur die erhöhte Nachfrage hatte enorme Auswirkungen auf Lieferketten, Unternehmen und Landwirte, die für die Lebensmittelindustrie produzieren, sondern auch die Schließung von Restaurants, Bars und Cafés hatte erheblichen Einfluss auf das Kaufverhalten der Menschen. Einige Bauern mussten ihre Nutztiere verkaufen, da sie hinsichtlich des Gastronomiestopps keine Abnehmer für ihre Erzeugnisse finden konnten. Aus dem erwähnten Gastronomiestopp stieg die Nachfrage an Lebensmitteln noch stärker. Leere Regale, ein

⁴⁷ Vgl. Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V. (2020), S. 2.

⁴⁸ Vgl. Hobbs, J. E. (2021), S. 1.

Rückgang des bestehenden Angebots und eine Verteuerung von Fleischprodukten waren die Konsequenz.⁴⁹

Letzteres ist auf die Arbeitsweise in fleischverarbeitenden Betrieben zurückzuführen, denn laute Arbeitsbereiche, dicht nebeneinanderstehende Arbeiter und die kalte sowie feuchte Umgebung tragen zur Verbreitung des Virus bei. Angesichts der zahlreichen Krankheitsausbrüchen in Fleischfabriken auf der ganzen Welt mussten diverse Unternehmen vorübergehend ihre Produktion einstellen. In Kanada kam es beispielsweise wegen der zeitweisen Schließung von mehreren Fleischverarbeitungsbetrieben zu Störungen in rund 75 % der Lieferketten für kanadisches Rindfleisch⁵⁰. Hier lag das Hauptproblem in der Konzentration der Betriebe auf bestimmte Gebiete, in den wechselseitigen Abhängigkeiten innerhalb der Lieferkettensysteme und in der Anfälligkeit der Supply Chains für äußere Schocks. Einer der Gründe für den Ausfall der Rindfleischlieferkette ist zum Beispiel die Tatsache, dass um die 70 % der bundesstaatlich kontrollierten Rindfleischverarbeitungskapazität nur auf zwei Betriebe verteilt sind.⁵¹ Darüber hinaus wurden in Kanada und einigen anderen Ländern auch seitens der Regierung die maximalen Dienstzeiten von Lastkraftwagenfahrern aufgrund von Personalkürzungen durch die Pandemie erhöht, um Fahrer bei Transport der Nahrungsmittel vor einer *Corona*-Infektion zu schützen⁵².

Im Großen und Ganzen sollte die Lebensmittelversorgungskette anpassungsfähig genug sein, um mit Krisensituationen wie diesen umgehen zu können. Experten erscheint es in diesem Kontext dennoch sinnvoll, ein öffentliches Verteilungssystem einzuführen. Das genannte System besteht aus einer Vielzahl von Lieferanten (Landwirte), einem Zentrallager, jeweils einem Lager in der Hauptstadt und der Kleinstadt sowie aus Läden, die Produkte zu fairen Preisen anbieten. Damit wird auch die Versorgung von schwächeren Bevölkerungsgruppen sichergestellt. Einzelhändler können nicht mehr das Preisniveau erhöhen, wenn Informationen über die Einzelhandelspreise verfügbar sind. Schwachstellen wie fehlende Hygiene und der Mangel an Arbeitern werden durch Schutzkleidung (Gesichtsmasken, Handschuhe) und strenge Hygieneregeln (Temperaturmessung) oder den Einsatz von intelligenten Robotern beseitigt. Zusätzlich orientiert man sich wieder mehr an einer dezentralen Beschaffung, Produktion und Verteilung der Nahrungsmittel. Das heißt, die Verfügbarkeit von frischen Produkten steigt und die Transport- und Lagerkosten für die Produkte sinken aufgrund der Nähe zum Kunden. Die Rückkehr von globalen Auslagerungen von Produkten und Dienstleistungen zu regionalen Lieferantennetzwerken wird immer mehr zum Trend, da schlanke Supply Chains einfacher zu handhaben sind und weniger Abhängigkeiten bestehen⁵³. Generell spielen neue und bestehende Technologien in digitaler oder physischer Form eine große Rolle zur Gestaltung von resilienteren Lieferketten⁵⁴. Beispielsweise können internetbasierte

⁴⁹ Vgl. Barman, A. et al. (2021), S. 2.

⁵⁰ Vgl. Keogh, J. G., <http://theconversation.com/how-to-prevent-disruptions-in-food-supply-chains-after-covid-19-144993> (Zugriff: 13.08.2021).

⁵¹ Vgl. Hobbs, J. E. (2021), S. 2.

⁵² Vgl. Barman, A. et al. (2021), S. 3.

⁵³ Vgl. Herzberg, N., <https://www.industry-of-things.de/lieferketten-erfolg-durch-naehe-und-nachhaltigkeit-a-992683/> (Zugriff: 12.08.2021).

⁵⁴ Vgl. Bakalis, S. et al. (2020), S. 6.

Lieferketten die Verbindung zwischen Käufer und Kunde verbessern.⁵⁵ Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es einem kollektiven Handeln entlang der gesamten Lebensmittellieferkette und von politischen Entscheidungsträgern bedarf, um ein krisensicheres und widerstandsfähiges Nahrungsmittelsystem gewährleisten zu können⁵⁶.

2.3.3 Automobilbranche

Neben den Engpässen am Beschaffungsmarkt der Lebensmittelindustrie kam es während der Pandemiezeit auch zu Problemen in der **Automobilbranche**. Einerseits wurde über Lieferverzögerungen bei Produkten auf der Nachfrageseite geklagt, andererseits mangelte es ähnlich wie in der Nahrungsmittelindustrie an Ressourcen auf der Angebotsseite⁵⁷. Im Allgemeinen ist der Automobilsektor von enormer Bedeutung, da das Wirtschaftswachstum der Länder oft stark von dessen Performance in bestimmten Regionen abhängt. Da die Automobilindustrie weltweit auf allen wichtigen Absatzmärkten mit ihren Produkten gegenwärtig ist, macht sie auch rund ein Fünftel der Bruttowertschöpfung aus⁵⁸. Bereits vor *Covid-19* hatte die Automobilbranche mit der globalen wirtschaftlichen Verlangsamung, den steigenden Steuern und strengen Umweltvorschriften sowie mit dem Handelskrieg zwischen China und den USA zu kämpfen. Führende Automobilhersteller wie beispielsweise *Tesla*, *Toyota*, *Hyundai* oder *Volkswagen AG* mussten infolge der Pandemie ihre Produktionsstätten für bestimmte Zeit stilllegen. Vor allem die vorübergehende Einstellung des Betriebes eines Montagezentrums in der Provinz Hubei in China war Auslöser für Unterbrechungen entlang bestimmter Lieferketten der gesamten Automobilbranche. Da China der maßgebende Exporteur von Automobilkomponenten ist, konnten aufgrund des Lockdowns wichtige Halbfabrikate nicht rechtzeitig geliefert werden, was wiederum zu den eingangs erwähnten Bandstillständen bei den Automobilherstellern führte.⁵⁹

Neben den Versorgungsproblemen auf Zuliefererseite war auch die Branche zusätzlich mit einem plötzlichen nachfrageseitigen Einbruch konfrontiert. Dieser breitete sich ausgehend von China in der Folge auf Europa, Japan und Indien aus. Laut einer Analyse der *Strategieberatung Berylls* mussten nahezu 100 Automobilhersteller inklusive unzählige Produktionsstätten der Zulieferer ihre Werke zum Großteil schließen oder ruhen lassen⁶⁰. Insbesondere für die Zulieferer, welche rund 70-80 % der Wertschöpfungskette abdecken, hatte das Herunterfahren der Produktion enorme Konsequenzen.⁶¹

Hinzu kommt, dass die Hersteller und Zulieferer der Automobilindustrie insbesondere in Europa bereits vor der Pandemie durch eine Trendwende in Richtung Elektromobilität erheblich unter Druck standen. Diese Entwicklung resultiert aus verstärkten

⁵⁵ Vgl. Barman, A. et al. (2021), S. 4.

⁵⁶ Vgl. Bakalis, S. et al. (2020), S. 6.

⁵⁷ Vgl. Nickels, L. (2021), S. 46.

⁵⁸ Vgl. Reindl, S.; Wottge, A. (2021), S. 19.

⁵⁹ Vgl. Kaitwade, N. (2021), S. 137.

⁶⁰ Vgl. Berylls (2021).

⁶¹ Vgl. Köllner, C., <https://www.springerprofessional.de/automobilproduktion/corona-krise/so-wirkt-sich-die-corona-krise-auf-die-automobilindustrie-aus/17831442> (Zugriff: 24.08.2021).

Klimaschutzziele der Europäischen Union, Folgen des internationalen Wettbewerbs und Steueranreize für europäische Bürger. Speziell mittelständische Zulieferunternehmen, welche sich auf die Produktion und Lieferung von Komponenten oder Einzelteile fokussiert haben, erlitten dadurch enorme Umsatzreduktionen. Konsequenzen waren Personalkürzungen, Wechsel der Eigentümer und Insolvenzen vor allem bei Gießereien und Herstellern von konventionellen Antriebskomponenten. Gleiches galt für Lieferanten, die stark von ihren großen Abnehmern abhängig sind und es nicht schafften, ergänzende Kunden- beziehungsweise Produktsegmente am Markt zu erschließen.⁶²

Die Pandemie beschleunigt den angesprochenen Wandel in der Automobilindustrie und treibt den Einsatz der Digitalisierung in der Produktion und Logistik voran. Vor allem komplexe und lange Lieferketten gehören verknüpft, um Schwankungen auszugleichen. Die Vernetzung zwischen Logistik und Produktion ist hinsichtlich instabiler und nicht prognostizierbarer Lieferketten dringend nötig. Dies bestätigen auch die Unterbrechungen entlang von Supply Chains aufgrund eines Chip-Engpasses.⁶³ Laut der Redaktion *Welt* und einer Analyse des Duisburger *Center Automotive Research* konnten allein im Jahr 2021 ganze 5,2 Millionen Fahrzeuge nicht produziert werden, da nicht ausreichend Halbleiter verfügbar waren⁶⁴. Nachdem Mitte März 2020 die Pandemie ausgerufen wurde, war im Monat darauf ein Produktionsrückgang an Automobilen von 97 % zu verzeichnen, da es nicht möglich war, alternative Produzenten aus anderen Regionen als Lieferanten für spezielle Komponenten zu bekommen⁶⁵.

Trotz der Gefahr von Produktionsstörungen angesichts der Abhängigkeit von Zulieferern aus dem Ausland werden beispielsweise die deutschen Automobilhersteller künftig ihre Beschaffungsstrategien nach Abwiegen der Wirtschaftsleistung und Betrachtung des langfristigen globalen Absatzgeschehens beibehalten. Die Globalisierungsstrategie ist nicht zu umgehen, wenn man in der deutschen Automobilbranche Umsatz und Ertrag erwirtschaften will. Dennoch müssen alternative und unterstützende Maßnahmen sowie Strategien angewandt werden, um einen Erfolg sicherstellen zu können. Eine mögliche Strategie wäre zum Beispiel, deutsche Produktionsstandorte auszulagern und den Fokus dort anstelle dessen auf Produkt- und Dienstleistungsinnovationen im Forschungs- und Entwicklungsbereich zu lenken. Zur Realisierung dieses Veränderungsprozesses sind allerdings qualifizierte Mitarbeiter die Basis. Zudem sind große Anstrengungen nötig, um diesem Trend überhaupt folgen zu können. Als Fazit ist festzuhalten, dass die Automobilbranche künftig weiterhin vor eine große Herausforderung gestellt ist.⁶⁶

⁶² Vgl. Olle, W. (2021), S. 6–9.

⁶³ Vgl. Proff, H. (2021), S. 9–11.

⁶⁴ Vgl. Zwick, D.; Kunz, A. (2021); vgl. Standard Verlagsgesellschaft m.b.H., <https://www.derstandard.at/story/2000128112561/studie-fuenf-millionen-neuwagen-weniger-weltweit-durch-chipmangel-studie> (Zugriff: 25.08.2021).

⁶⁵ Vgl. Reindl, S.; Wottge, A. (2021), S. 19 f.

⁶⁶ Vgl. Reindl, S.; Wottge, A. (2021), S. 21–23.

2.3.4 Containerschifffahrt

Einer weiteren Challenge musste sich auch die **Containerschifffahrt** während der Pandemie stellen. Da fast 80 % der EU-Exporte in Nicht-EU-Mitgliedsstaaten per Schiff transportiert und knapp 90 % des weltweiten Handels von der Seeverkehrsindustrie abgedeckt werden, war auch der Containerschiffsverkehr von Beeinträchtigungen der internationalen Handelsströme und Störungen entlang der Lieferketten betroffen⁶⁷. Wie in den vorangegangenen Unterkapiteln an den Beispielen Lebensmittel-, Agrar- und Automobilindustrie illustriert, zeigte die Nachfrage an Produkten im Jahr 2020 enorme Schwankungen aufgrund der Pandemie. Diese Schwankungen waren naheliegenderweise keineswegs auf die genannten Branchen beschränkt. Während Anfang des Jahres ein Nachfragerückgang in allen Bereichen zu verzeichnen war, wurde anschließend vor allem medizinisches Equipment benötigt und Mitte des Jahres auch der Bedarf an Heim- und Elektronikprodukten immer größer. Im Umkehrschluss bedeutete dies für den weltweiten Handel und damit auch für die Schifffahrt zuerst einen Nachfragerückgang des weltweiten Handels mit einem anschließendem Nachfrageboom in der zweiten Hälfte des Jahres 2020 in verschiedensten Regionen und Sektoren. Über das Gesamtjahr verringerte sich das internationale Handelsvolumen 2020 um mehr als 7 % zum Vorjahr. Besonders in den ersten beiden Quartalen war ein enormer Einbruch zu vermerken, gefolgt von einer drastischen Wende in den letzten beiden Quartalen des Jahres. Die Schifffahrt hatte anfangs Probleme sich dieser Entwicklung anzupassen. Containerengpässe und erhöhte Versandpreise waren die logische Konsequenz.⁶⁸

Frachtpreisbildung zwischen 2019 und 2021
in US-Dollar; wöchentliche Daten

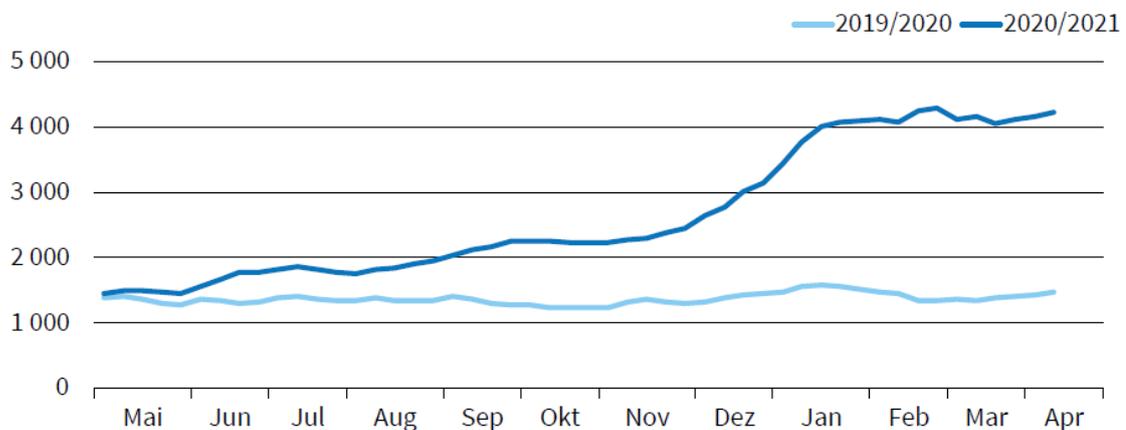


Abbildung 2: FBX-Freight-Rate-Index im Vergleich⁶⁹

Des Weiteren konnte in den Häfen eine Vielzahl an Schiffen infolge der Einschränkungen des Hafenbetriebes nicht rechtzeitig abgefertigt werden. Dies war auch dem Mangel an Hafens- und Schiffspersonal geschuldet. Durch die verspäteten Entladungen und die

⁶⁷ Vgl. Narasimha, P. T. et al. (2021), S. 192.

⁶⁸ Vgl. Baur, A. et al. (2021), S. 59–62.

⁶⁹ Quelle: Baur, A. et al. (2021), S. 62.

begrenzte Anzahl an Container, waren jene auch nicht für die nächsten geplanten Beladungen verfügbar. Die Bedeutung der Container nahm zu und die Frachtpreise wurden dementsprechend in die Höhe gesetzt. Das kann anhand des *FBX-Freight-Rate-Index*-Verlaufs von 2019 bis 2021 in *Abbildung 2* gezeigt werden. *FBX* steht für *Freightos Baltic Index* und es handelt sich dabei um den führenden internationalen Frachtratenindex, der in Kombination mit der *Baltic Exchange*, einem globalen Marktplatz für Schiffsmakler, Marktpreise für ISO-Container bereitstellt⁷⁰. Betrachtet man den Verlauf des *FBX* genauer, fallen vor allem ab der Mitte des Jahres 2020 große Abweichungen zum Vorjahr auf. Neben diesem Kostenanstieg wurden angesichts der hohen Preise für Container in Asien immer mehr Container in den Häfen Europas entladen und anschließend zügig wieder ohne Exportgüter zurück nach Asien geschickt. Folglich mussten Exportwaren mit anderen Schiffen transportiert werden, was wiederum zu Verzögerungen aufgrund von erneuter Zollabwicklungen führte.⁷¹

Den bereits oben erwähnten Nachfragerückgang in den ersten Monaten der Pandemie bestätigt auch der Warenumsatz deutscher Seehäfen im Jahr 2020. Laut dem *Statistischen Bundesamt* war der Umschlag um mehr als 6 % niedriger als 2019. Am härtesten traf es aber Passagierschiffe, da infolge der Pandemie der Kreuzfahrtbetrieb nahezu vollständig eingestellt wurde. Allein in Deutschlands Häfen war ein Rückgang um 82,3 % an Kreuzfahrtschiffen zu verzeichnen.⁷² Ähnliches galt auch für den indischen Seetransport, der im Jahr 2020 mit einem Containerfrachtverlust von 3,75 % gegenüber dem Vorjahr konfrontiert war⁷³. Im Vergleich dazu lagen die Frachtmengen der europäischen Containerschiffahrt im April 2020 sogar bis zu 10 % unter dem Erwartungswert⁷⁴.

Diese Rückgänge sind aber nur ein Bruchteil der Auswirkungen, die durch *Covid-19* verursacht wurden. Hierzu gehören genauso Störungen entlang der Verbindung zwischen Hinterland und den zentralen Häfen sowie Probleme mit der Kapazitätsauslastung in Distributions- und Lagerhallen in Hafennähe. Die Unterbrechungen der Transportverbindungen sind speziell auf das erhöhte Warenaufkommen zurückzuführen. Die Kapazitätsschwankungen hingegen resultieren beispielsweise aus den abrupt vermehrt in Anspruch genommenen Lagerungen und Distributionsdienstleistungen für Lebensmittel und therapeutische Güter im Zuge der Pandemie.⁷⁵

Die erhöhte Verletzlichkeit von Lieferketten des Seehandels ist aber nicht nur der Pandemie geschuldet, sondern wird durch andere Entwicklungen wie der immer stärker werdende Marktkonzentration in Form von Reederei-Allianzen und der Größe von Containerschiffen verursacht. Es haben sich im Laufe der letzten Jahre drei große Allianzen (*2M*, *Ocean* und *THE Alliance*) gebildet, die fast 83 % des internationalen Containerseehandels einnehmen. Die Abstimmung der Schiffsrouten und Fahrpläne sowie die Zuteilung der Slots auf Containerschiffen sind nur einige zentrale Aufgaben,

⁷⁰ Vgl. Freightos, <https://fbx.freightos.com> (Zugriff: 01.09.2021).

⁷¹ Vgl. Baur, A. et al. (2021), S. 59–63.

⁷² Vgl. Soyka, M. (2021), S. 4.

⁷³ Vgl. Narasimha, P. T. et al. (2021), S. 194.

⁷⁴ Vgl. Chowdhry, S. et al. (2020), S. 5.

⁷⁵ Vgl. Narasimha, P. T. et al. (2021), S. 193.

welche von den Allianzen bestimmt werden können. Dieser Trend macht es kleineren Reedereien sehr schwer am globalen Welthandel teilhaben zu können. Durch die verstärkte Marktkonzentration ergeben sich automatisch andere Effekte, wie jener der immer größer werdenden Containerschiffe. Vorteile der Megacontainerschiffe sind im proportionalen Verhältnis von Treibstoffkosten pro Container zu Größe des Schiffes zu finden. Je größer das Schiff, desto billiger der Treibstoff pro Container. Das derzeit größte Containerschiff *HMM Hamburg* kann 23.964 TEU-Container umfassen. Hinsichtlich der immer größer werdenden Containerschiffe geht aber im Gegenzug die Flexibilität verloren und die Frequenz an Schiffen zurück. Verzögerungen der Riesencontainerschiffe wirken sich enorm auf den weltweiten Handel aus, da sie in Anbetracht ihrer Größe und Menge an Waren zu schwerwiegenden Unterbrechungen der Lieferketten führen können. Infrastrukturelle Voraussetzungen können an manchen Häfen nicht mehr erfüllt werden und auch an Land kann die Transportkette aufgrund der Dimension an ihre Grenze stoßen.⁷⁶

Ein Beispiel für eine Unterbrechung des weltweiten Warenhandels, ausgelöst durch ein Containerschiff, ist der Unfall der *Ever Given* im Suezkanal im März 2021. Die Wasserstraße ist eine der wichtigsten Handelsverbindungen zwischen Europa und Asien, da sie das Mittelmeer mit dem Roten Meer verbindet. Der Bug des 20.000 TEU-Containerschiffes hatte sich aufgrund eines Sandsturms im Schlamm am Ufer des Kanals eingegraben und steckte quer zu Fahrwinne fest. Eine Woche lang dauerte die Blockade durch die *Ever Given* und verzögerte die Weiterfahrt von rund 370 weiteren Schiffen.⁷⁷ Dies wiederum führte zu Verzögerungen und einem ähnlichen Rattenschwanz an Folgeeffekten wie oben bereits für die Hafenprobleme beschrieben.

Beispiele wie diese und die pandemiebedingten Einschränkungen führen zu einem Rückstau im Schifffahrtssystem sowie zu stark erhöhten Frachtpreisen. Darum stellen sie auch eine erhebliche Gefahr für den globalen Handel dar. Störungen in der Schifffahrtsbranche werden immer häufiger zu ausschlaggebenden Risikofaktoren, wenn es um Unterbrechungen entlang von globalen Lieferketten verschiedenster Branchen geht.⁷⁸

Angesichts der Tatsache, dass globale Wertschöpfungsketten, auch Global Value Chains genannt, in den letzten Jahrzehnten zusehends an Bedeutung gewonnen haben, stellt sich die Frage, was genau unter einer internationalen Supply Chain verstanden wird. Dabei werden Rohstoffe und Zwischenprodukte verschiedenster Länder zur Verarbeitung in diverse Länder transportiert und danach zur Montage wiederum in andere Standorte geliefert. Die Fertigprodukte kommen danach zum Endverbraucher via Export in Industrie- und Entwicklungsländer. Demnach haben die globalen Lieferketten auch erheblichen Einfluss auf den Welthandel. Wie bereits erwähnt hat der Welthandel pandemiebedingt Einbußen im Jahr 2020 hinnehmen müssen. Um solche Verluste in Zukunft vermeiden zu können, bedarf es im Vorfeld einer Risiko- und Kostenbewertung

⁷⁶ Vgl. Baur, A. et al. (2021), S. 63–65.

⁷⁷ Vgl. Matthias Soyka (2021), S. 8.

⁷⁸ Vgl. Baur, A. et al. (2021), S. 65.

der betreffenden Unternehmen.⁷⁹ Dazu müssen diverse Risikoaspekte zuerst ermittelt und anschließend im Supply Chain Risikomanagement berücksichtigt werden⁸⁰.

Zum Abschluss dieses Kapitels werden noch einmal die Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten der einzelnen Branchen anhand eines morphologischen Kastens in *Abbildung 3* zusammengefasst.

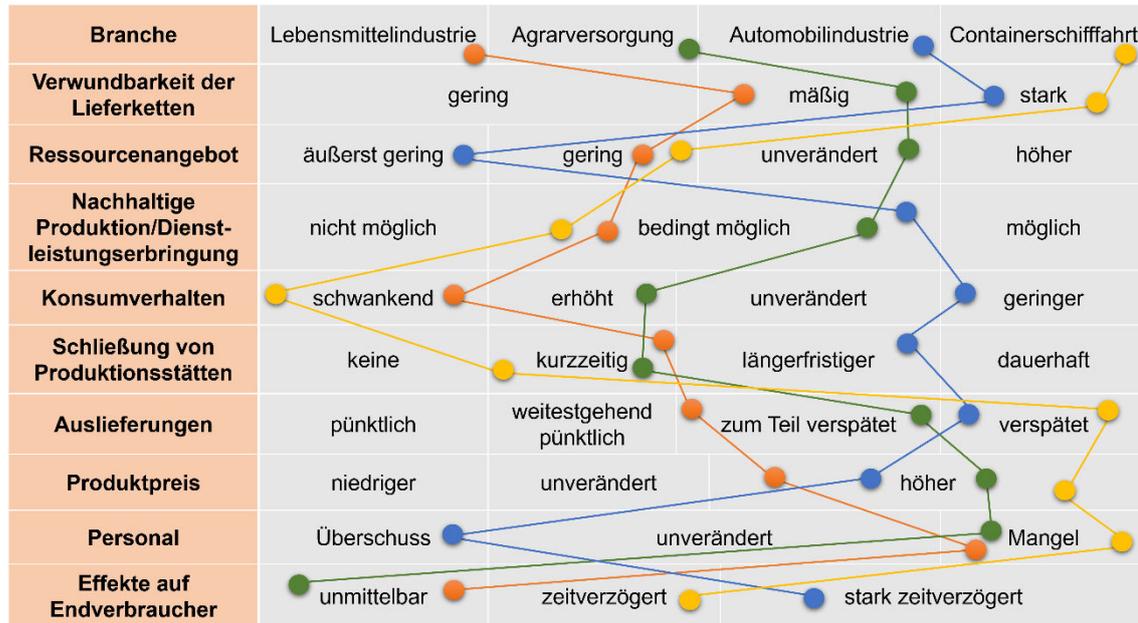


Abbildung 3: Morphologischer Kasten über die Auswirkungen der Pandemie auf Lieferketten⁸¹

Aus der Grafik geht hervor, inwiefern die variablen Parameter der ersten Spalte in den jeweiligen Branchen ausgeprägt sind. Hierdurch besteht die Möglichkeit, einen Vergleich zwischen den einzelnen Branchen herzustellen.

Das nächste Kapitel wird im Detail auf potenzielle Risiken in Lieferketten eingehen und einen kleinen Einblick in das Risikomanagement geben.

⁷⁹ Vgl. Görg, H.; Möhle, S. (2020), S. 3–6.

⁸⁰ Vgl. Petersen, T. (2020), S. 7 f.

⁸¹ Quelle: Eigene Darstellung.

3 Risikomanagement

Die Auswirkungen von unerwarteten Ereignissen wie beispielsweise *Covid-19* oder Naturkatastrophen haben in den meisten Fällen großen Einfluss auf Unternehmen und deren Lieferketten. Aus diesem Grund legen immer mehr Unternehmen den Fokus auf ein systematisches sowie funktionstüchtiges **Risikomanagement (RM)**, welches als Frühwarnsystem für Entscheidungsträger des Unternehmens dienen soll. Nach *ISO 31000:2018* handelt es sich dabei konkret um „koordinierte Aktivitäten zur Steuerung und Kontrolle einer Organisation im Hinblick auf Risiken“⁸². Grundlage dafür ist der Umgang mit Unternehmensrisiken und dazu ist es vorab nötig, den Begriff des Risikos zu definieren.⁸³

Unter einem **Risiko** versteht man die Auswirkungen von Unsicherheiten auf Ziele. Während die Auswirkungen als Gefahren oder Chancen gesehen werden können, basiert die Unsicherheit auf einer gewissen Wahrscheinlichkeitsschätzung. Das Risiko umfasst plötzlich eintretende Ereignisse, Einwirkungen von außen oder sich allmählich einstellende Entwicklungen. Nur durch eine frühzeitige Identifizierung und Bewertung der Risiken kann das potenzielle Schadensausmaß bei Eintritt des Risikos geringgehalten werden.⁸⁴

Bei Betrachtung der einzelnen Stakeholder eines Unternehmens ergeben sich unterschiedliche Risikobereiche wie zum Beispiel der Beschaffungsmarkt, die Produktion, der Absatzmarkt oder die Logistik. Jeder dieser Bereiche birgt wiederum andere Risiken. Die Aufgabe des RMs besteht darin, diese aktuellen und zukünftigen Risiken aller Bereiche zu erheben und zu behandeln^{85, 86}.

Dazu kommt der sogenannte **Risikomanagementprozess (RM-Prozess)** zur Anwendung, der aus den vier Tätigkeiten der Identifikation, Bewertung, Steuerung und Überwachung von Risiken besteht und in *Abbildung 4* dargestellt ist⁸⁷. Dieser Prozess ist ein essenzieller Bestandteil des RMs und sollte in der Struktur, in den Abläufen sowie Prozessen der Organisation integriert sein. Des Weiteren kann er auf strategischer oder operativer Programm- sowie Projektebene angewandt werden. Während des gesamten RM-Prozesses ist jedoch die dynamische Natur des menschlichen Verhaltens und der Kultur zu berücksichtigen. Ergänzend dazu spielen vor allem die Kommunikation und Beratung im RM-Prozess eine entscheidende Rolle. Die rechtzeitige sowie zuverlässige Weitergabe von Informationen über risikorelevante Entwicklungen ist ausschlaggebend für Entscheidungsträger. Darüber hinaus fördert der Informationsaustausch das Risikobewusstsein und -verständnis der Betroffenen.⁸⁸

⁸² ISO (2018).

⁸³ Vgl. Brauweiler, H.-C. (2019), S. 1 f.

⁸⁴ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021a), S. 46–48.

⁸⁵ Vgl. Brauweiler, H.-C. (2019), S. 7.

⁸⁶ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021a), S. 6 f.

⁸⁷ Vgl. Ebert, C. (2013), S. 18.

⁸⁸ Vgl. ISO (2018).

Um die Etablierung des RM-Prozesses gewährleisten und kritische Situationen bereits im Keim ersticken zu können, müssen Risiken im Vorfeld minimiert werden. Das gelingt aber nur, wenn bestimmte Ziele im strategischen RM formuliert und im Zuge des operativen RMs verfolgt werden⁸⁹. Dazu zählen:⁹⁰

- die Erhöhung der Transparenz externer und interner Einflussgrößen;
- die Risikobewusstseins-schaffung bei Beschäftigten;
- die Entwicklung eines Frühwarnsystems;
- das frühzeitige Erkennen und Identifizieren chancen- und risikorelevanter Tendenzen und Entwicklungen;
- die konsequente und regelmäßige Analyse, Bewertung und Behandlung von Risiken;
- die Risikokostensenkung;
- die Unterstützung bei der Implementierung von Recovery-Szenarien.

Zusammenfassend besteht der Mehrwert eines RMs demnach in einer vorausschauenden Risiko- und Chancensicht, welche neue Handlungsoptionen für die Zukunft ermöglicht⁹¹. Zusätzlich kann ein integriertes RM dabei helfen, die Plan- und Zielabweichungen bei einer Strategieumsetzung möglichst gering zu halten.

In der nachstehenden *Abbildung 4* ist noch einmal der RM-Prozess mit seinen Haupttätigkeiten dargestellt.

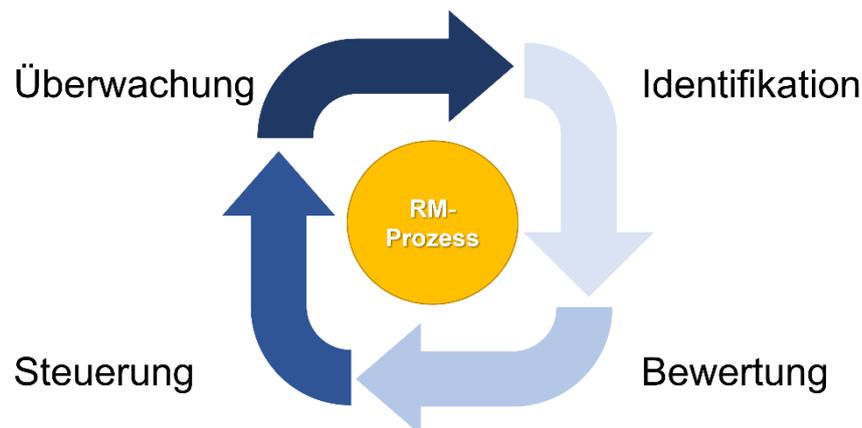


Abbildung 4: RM-Prozess⁹²

Anhand dieses RM-Prozesses wird auch das Beispiel der Lieferkettenrisiken im Anschluss erläutert. Nach Identifizierung und Bewertung der Supply Chain-Risiken erfolgt mittels des Tools der Simulation eine aktive Steuerung der ausgewählten relevanten Risiken in Form von Was-wäre-wenn-Analysen.

Da sich diese Arbeit mit den Auswirkungen von *Covid-19* auf Lieferketten beschäftigt, wird aber zuvor noch insbesondere auf das RM von Supply Chains eingegangen.

⁸⁹ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 38 f.

⁹⁰ Vgl. Brauweiler, H.-C. (2019), S. 1 f.

⁹¹ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 16.

⁹² Quelle: Eigene Darstellung.

3.1 Supply Chain Risk Management

Da wir in einer Zeit leben, in der die Technologieentwicklung stark voranschreitet und die Erwartungshaltung von Kunden nach besseren Produkten zu billigeren Preisen steigt, haben sich auch die potenziellen Risiken entlang von Lieferketten exponentiell erhöht. Um diesen Erwartungen der Kunden gerecht werden zu können, hat sich auch die Komplexität von Supply Chains im Laufe der Jahre erhöht. Hinzu kommt, dass Ereignisse wie Terrorakte, Krankheitsausbrüche oder Naturkatastrophen – neben allem menschlichen Leid – auch angesichts ihrer Unvorhersehbarkeit vermehrt die Belastbarkeit von Lieferketten an ihre Grenzen bringen und erhebliche Störungen verursachen können. Betriebsunterbrechungen, finanzielle und qualitative Verluste sowie Lieferverzögerungen sind nur einige von unzähligen Auswirkungen, die durch Unterbrechungen entlang von Supply Chains verursacht werden können. In diesem Kontext erscheint das **Supply Chain Risk Management (SCRM)** auf, welches versucht, den negativen Konsequenzen dieser Entwicklungen entgegenzuwirken.⁹³

Grundsätzlich versteht man unter SCRM die Implementierung von Strategien zur Kontrolle häufig auftretender und spezieller Risiken entlang der Supply Chain. Dabei wird unter anderem mittels Risikoabschätzung die Vulnerabilität von Lieferketten reduziert und im selben Zug die Resilienz erhöht⁹⁴. Zusätzlich ist das SCRM ein systematischer Prozess zur Identifikation, Analyse und Handhabung von Risiken entlang der Lieferkette sowie die Schnittstelle zwischen Supply Chain Management (SCM) und RM (siehe *Abbildung 5*)⁹⁵. Der Unterschied zwischen RM und SCRM hingegen liegt lediglich in der unternehmensübergreifenden Ausrichtung. Während beim traditionellen RM proaktive Maßnahmen zur Identifikation und Analyse von Risiken auf Unternehmensebene ergriffen werden, konzentriert sich das SCRM auf die gesamte Lieferkette.⁹⁶



Abbildung 5: SCRM als Schnittstelle zwischen SCM und RM⁹⁷

Nachdem die eng in Zusammenhang stehenden Begriffe voneinander abgegrenzt und definiert wurden, braucht es nun eine systematische Vorgehensweise, um die Ziele des SCRM zu erreichen zu können. Dazu müssen vorab einzelne Risiken identifiziert werden.

⁹³ Vgl. Khan, O.; Zsidisin, G. A. (2012), S. 9.

⁹⁴ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 86.

⁹⁵ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 76.

⁹⁶ Vgl. Khojasteh, Y. (2017), S. 7–9.

⁹⁷ Quelle: Khojasteh, Y. (2017), S. 7 (leicht modifiziert).

3.2 Identifikation einzelner Risiken entlang der Lieferkette

Die Identifikation verschiedener Risiken ist – wie bereits anhand des RM-Prozesses eingangs gezeigt wurde - eine sehr wichtige Aufgabe des RMs und erfordert im speziellen Fall des SCRMs die Berücksichtigung diverser Geschäftsfunktionen sowie Glieder der Lieferkette⁹⁸. Dazu ist es notwendig, den Begriff des Lieferkettenrisikos im Vorhinein genauer zu erläutern sowie dazu in Beziehung stehende Bezeichnungen voneinander zu unterscheiden.

3.2.1 Begriffsbestimmung

Im Detail versteht man unter einem **Lieferkettenrisiko** den potenziellen Verlust hinsichtlich der angestrebten Effektivität und Effizienz der Supply Chain, hervorgerufen von unsicheren Entwicklungen, die durch den Eintritt von auslösenden Ereignissen verursacht werden⁹⁹. Meist werden nur die negativen Konsequenzen gesehen, obwohl Risiken sowohl **Gefahren** als auch Chancen bergen und bei Eintritt zu **Störungen** und Bedrohungen führen können. Eine **Krise** kann demnach als **Chance** gesehen werden, um eine Verbesserung des Systems erreichen zu können.¹⁰⁰ Zum besseren Verständnis sind die einzelnen Begriffe und ihre Beziehung zueinander in *Abbildung 6* dargestellt.

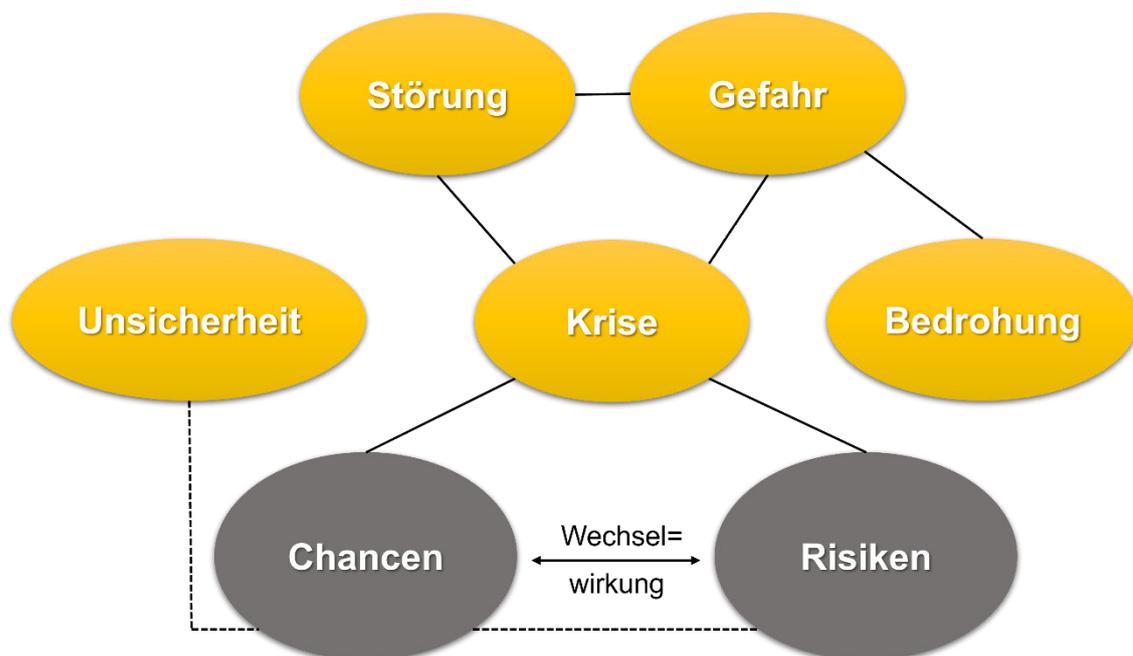


Abbildung 6: Unterschiedliche Begriffe und deren Beziehung zueinander¹⁰¹

Aus dieser Grafik geht hervor, dass das Risiko zum Beispiel von den Begriffen Bedrohung und Unsicherheit unterschieden werden muss. Unter einer **Bedrohung**

⁹⁸ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 5.

⁹⁹ Vgl. Heckmann, I. (2016), S. 75.

¹⁰⁰ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 8–12.

¹⁰¹ Quelle: Romeike, F. (2018), S. 11 (leicht modifiziert).

versteht man eine Konfrontation mit lebensverändernden Ereignissen. **Unsicherheit** und Risiko zeichnen sich jeweils dadurch aus, dass sich künftige Ereignisse und Ergebnisse nicht eindeutig vorhersagen lassen. Während bei Entscheidungen unter Unsicherheit keine Eintrittswahrscheinlichkeit für die alternativen Szenarien angegeben werden kann, sind bei Entscheidungen unter Risiko hingegen sehr wohl Wahrscheinlichkeiten über deren Eintritt bekannt. Zu beachten ist, dass in beiden Fällen (Unsicherheit und Risiko) die möglichen Auswirkungen bekannt sind, das unterscheidet beide von reinem Unwissen¹⁰². Allerdings ist nur das Risiko kalkulierbar.¹⁰³

Daneben gibt es spezielle Einzelereignisse, die auch als Ausreißer oder „Black Swans“ bezeichnet werden. Sie existieren, obwohl deren Eintrittswahrscheinlichkeit außerhalb des Erwartungsbereichs liegt und ähnliche Events in der Vergangenheit noch nicht eingetreten sind. Aufgrund ihres hohen Grades an Unsicherheit ermöglichen sie auch keine Basis für Prognosen.¹⁰⁴

Damit die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Risiken gewährleistet werden kann, müssen sie messbar gemacht und in Kennzahlen abgebildet werden. Anschließend können die Risiken anhand ihrer errechneten Werte beurteilt werden. Je größer der Wert, desto mehr Gefahr geht von dem Risiko aus und desto mehr Handlungsbedarf gibt es im SCRM.¹⁰⁵ Auf die genaue Berechnung wird aber das *Kapitel 3.3* noch näher eingehen.

Doch welche Risiken entlang der Supply Chain stellen tatsächlich eine Bedrohung dar beziehungsweise sind im SCRM zu berücksichtigen?

Prinzipiell unterscheidet man zwischen **externen** und **internen Risiken**. Die internen Risiken betreffen dabei die operative Geschäftstätigkeit eines Unternehmens und können in Risiken aus Management und Organisation, sowie finanz- und leistungswirtschaftliche Risiken differenziert werden. Von externen Risiken spricht man hingegen, wenn Risiken von außerhalb der Organisationsgrenze auf die Organisation einwirken.¹⁰⁶

Bezogen auf die Supply Chain-Risiken bedeutet dies Folgendes: Während externe Risiken durch Gefahren von der Umwelt, wie zum Beispiel Natur oder politischen Einflüssen ausgehen, auf dessen Eintritt das SCM keinen direkten Einfluss hat, haben interne Risiken ihren Ursprung in fehlerhaften Abläufen innerhalb der Lieferkette.¹⁰⁷

Es gibt aber Vorkehrungen, die für etwaige Eintritte von externen Risiken getroffen werden können. Darüber hinaus können die beiden Kategorien noch weiter unterteilt werden, wie anhand der *Tabelle 2* auf der nächsten Seite zu sehen ist.¹⁰⁸

¹⁰² Vgl. Ortner, G.; Schirl-Böck, I. (2017), S. 7.

¹⁰³ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 8–12.

¹⁰⁴ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 8–12.

¹⁰⁵ Vgl. Ebert, C. (2013), S. 7–9.

¹⁰⁶ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021a), S. 49.

¹⁰⁷ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 14; vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 5.

¹⁰⁸ Vgl. Olson, D. L. (2014), S. 6 f.

Tabelle 2: Arten von Lieferkettenrisiken¹⁰⁹

Kategorie	Risiken
EXTERN	
Natur	Naturkatastrophen, Fluten, Erdbeben, Waldbrände
	Krankheiten, Epidemien, Pandemien
Politische System	Geopolitische Risiken wie Krieg und Terrorismus
	Arbeitskonflikte, Zollregelungen
INTERN	
Verfügbare Kapazität	Kapazitätskosten, Strukturelle Kapazität
	Finanzielle Kapazität/Sicherheit
	Lieferanteninsolvenz
Interne Abläufe	Ungenauigkeit der Vorhersagen
	Sicherheit der Arbeiter
	Peitscheneffekt
	Agilität/Flexibilität
	Betriebskosten/Auftragserfüllung
	Termingerechte Lieferungen
	Qualität
Informationssystem	Ausfall des Informationssystems
	Falsche Informationen
	Virus, Fehler, Hacker

3.2.2 Externe Risiken

Zu den externen Risiken gehören zum einen **Naturkatastrophen** wie Erdbeben, Überflutungen, Waldbrände oder schwere Krankheiten mit hoher Ansteckungsgefahr und zum anderen Bedrohungen, die durch **politische Systeme** ausgelöst werden. Beispiel für einen verheerenden Natureinfluss ist das Erdbeben in Japan 2011, dessen Auswirkungen bereits in *Kapitel 2.1* geschildert wurden. Aber auch Krankheiten wie *SARS* oder *Covid-19* sind in dieser Unterkategorie einzuordnen. Die Einflüsse der *Corona*-Pandemie wurden ebenfalls im *Kapitel 2.3* bereits ausführlich geschildert. Zu den politischen Risiken hingegen zählen Handelskriege, wie beispielsweise jener zwischen der USA und China, sowie sämtliche Terrorakte.¹¹⁰

Diese unerwarteten (kriegerischen) Konflikte werden auch als **geopolitische Risiken** bezeichnet. Die bekanntesten Beispiele dafür sind die Terroranschläge auf das *World*

¹⁰⁹ Quelle: Olson, D. L. (2014), S. 6 f. (leicht modifiziert).

¹¹⁰ Vgl. Olson, D. L. (2014), S. 6 f.

Trade Center in New York und das *Pentagon* in Washington am 11. September 2001 sowie der darauffolgende Irakkrieg 2003¹¹¹. Die Schwere dieser Risiken wird anhand des *Geopolitical Risk Index (GRI)* von *Caldara* und *Iacoviello* gemessen.¹¹²

Dieser ergibt sich aus der Häufigkeit von einzelnen erwähnten Schlagwörtern wie „Krieg“ oder „Terroranschlag“ aus internationalen Medienberichten. Je öfter die eben genannten Wörter vorkommen, desto höher ist der Wert des *GRI*. Ereignisse wie beispielsweise die London- oder Paris-Attentate lassen den Indikator immer wieder ausschlagen. Gleiches gilt für die Spannungen zwischen den USA und China sowie zwischen der USA und dem Iran. Dies kann auch anhand der *Abbildung 7* deutlich gezeigt werden.¹¹³

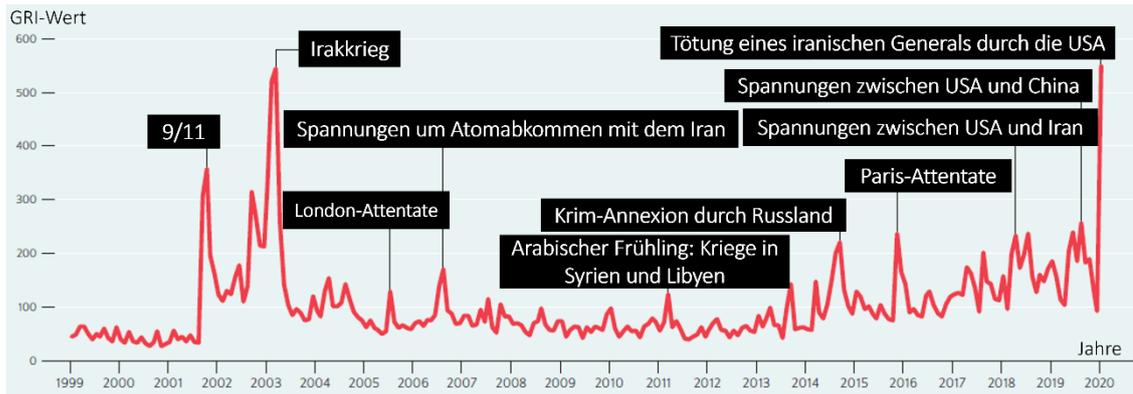


Abbildung 7: Verlauf des geopolitischen Risikoindex der letzten Jahre¹¹⁴

Vor allem der 11. September 2001, der Irakkrieg 2003 und die Tötung eines iranischen Generals durch die USA 2020 fallen in diesem Zusammenhang mit besonders hohen *GRI*-Werten auf. Darüber hinaus ist zu erkennen, dass der *GRI* in den letzten 10 Jahre stets leicht angestiegen ist. Diese Entwicklung hat auch Einflüsse auf die Weltwirtschaft. Angesichts der großen medialen Präsenz wird geopolitischen Risiken verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt. Die daraus resultierende Verunsicherung der Menschen lässt sich auch in ihrem zurückhaltenden Konsumverhalten feststellen. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, wie man solchen Schocks besser entgegenwirken beziehungsweise die Resilienz von Lieferketten steigern kann. Eine Möglichkeit dazu wäre, die Anzahl an potenziellen Handelspartnern und Akteuren entlang von Lieferketten zu erhöhen. Folglich können die Auswirkungen auf mehrere verteilt werden, sodass die Konsequenzen im Falle von Störungen der Supply Chain nicht nur von einem getragen werden müssen. Um dies sicherzustellen, müssen Freihandelszonen ausgebaut und sämtliche Handelshemmnisse beseitigt werden. Aufgrund der größeren Auswahl an Akteuren kann die Widerstandsfähigkeit gegenüber geopolitischen Events so verbessert werden.¹¹⁵

¹¹¹ Vgl. Osterkamp, R. et al. (2001), S. 11.

¹¹² Vgl. Iacoviello, M., <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm> (Zugriff: 27.08.2021).

¹¹³ Vgl. Hanisch, M. (2020), S. 80 f.

¹¹⁴ Quelle: Hanisch, M. (2020), S. 81 (leicht modifiziert).

¹¹⁵ Vgl. Hanisch, M. (2020), S. 84.

3.2.3 Interne Risiken

Auch interne Risiken können eine Bedrohung für Supply Chains darstellen. Die Schwere der Folgen sind zwar meist nicht mit jenen von externen Events zu vergleichen, dafür kommen sie weitaus häufiger vor¹¹⁶. Beispielsweise können **Kapazitätsschwankungen** zu einem Risiko für die Lieferkette werden, da Kapazitätskosten unabhängig von ihrer Nutzung als fixe Kosten verrechnet werden. Mit einem weiteren Risiko sind auch die Lieferanten verbunden, wenn sie infolge einer Insolvenz nicht mehr die benötigten Materialien bereitstellen können. Laut einer Veröffentlichung des *Statistischen Bundesamts* war der März 2021 mit fast 19 % Steigung an branchenübergreifenden eröffneten Regelinsolvenzverfahren zum Vorjahr der Höhepunkt in Deutschland¹¹⁷. Zusätzlich erschwert die wettbewerbsbedingte Umwelt kombiniert mit der erhöhten Komplexität von Produkten Unternehmen, Nachfrage und Angebot zu decken und die Liefertermine einzuhalten¹¹⁸. Des Weiteren können aus fehlerhaften **internen Abläufen** oder aus schwacher Planung, Kontrolle oder Koordination innerhalb der Supply Chain Gefahren resultieren¹¹⁹. Beispiele dafür sind ungenaue Vorhersagen, nicht termingerechte Lieferungen sowie unzureichende Qualität und mangelnde Sicherheit am Arbeitsplatz. Zudem sind finanzielle Probleme, Nachfrageschwankungen entlang mehrstufiger Lieferketten (=Peitscheneffekt) und die falsche Losgrößenwahl, welche alle samt durch Managemententscheidung verursacht werden, den internen Risiken unterzuordnen¹²⁰. Der Fokus auf effiziente Supply Chains, Minimierung des Lagerbestands und Just-in-Time Lieferungen erhöht das Ausfallrisiko und reduziert die Flexibilität von Lieferketten hinsichtlich ihrer Reaktion auf Unterbrechungen^{121, 122}.

Neben den aufgezählten Schwachstellen kann auch der Informationsfluss entlang von Supply Chains Probleme bereiten und zu Störungen führen. Falsche Informationsquellen sowie ein Ausfall des **Informationssystems** des Computers können den Austausch zwischen Glieder der Lieferkette beeinträchtigen. Gleiches gilt für Computerviren und Hacker, welche das Informationssystem lahmlegen und sich Zugriff auf firmeninterne Informationen verschaffen.¹²³ Trends wie die Digitalisierung begünstigen solche **Cyber Risiken** und beeinflussen die Performance der Lieferkette¹²⁴. Dies bestätigt auch eine Studie:

Laut einer Umfrage der *Bitkom e.V.* sind in Deutschland im Jahr 2021 von 1.000 befragten Unternehmen ganze 86 % von Cyberangriffen betroffen gewesen. Im Vergleich dazu waren es im Jahr 2019 mit 70 % noch wesentlich weniger. Mehr als ein Drittel der Angriffe wurden im Jahr 2021 durch eine Infizierung mit Schadsoftware ausgelöst. Der Fokus der Hacker lag dabei auf dem Diebstahl von sensiblen Daten beziehungsweise Informationen sowie der digitalen Sabotage von Informations- und

¹¹⁶ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 8.

¹¹⁷ Vgl. Alter, H. et al. (2021), S. 64.

¹¹⁸ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 63.

¹¹⁹ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 5.

¹²⁰ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 98.

¹²¹ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 64.

¹²² Vgl. Olson, D. L. (2014), S. 6–8.

¹²³ Vgl. Olson, D. L. (2014), S. 7 f.

¹²⁴ Vgl. Khojasteh, Y. (2017), S. 86.

Produktionssystemen oder Betriebsabläufen. Zusätzlich wurde in dieser Umfrage aus gegebenem Anlass auch die IT-Sicherheit beim coronabedingten Homeoffice untersucht. Den Ergebnissen zufolge haben die IT-Sicherheitsvorfälle bei gut 52 % der befragten Unternehmen zu Schäden geführt. Vor allem der Anteil an organisierter Kriminalität ist im Jahr 2021 um 8 % gegenüber 2019 gestiegen. Angesichts dieser Tatsachen hat mehr als die Hälfte der Unternehmen in ihre IT-Sicherheit investiert.¹²⁵

Diese bedrohlichen Entwicklungen und Fakten lassen es noch wichtiger erscheinen, bestimmte Maßnahmen zu ergreifen, um den Risiken präventiv entgegenzuwirken. Bevor aber diverse Strategien formuliert werden können, müssen die Risiken zuvor messbar gemacht beziehungsweise bewertet werden.

3.3 Bewertung des Lieferkettenrisikos

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt ist nach der Identifikation der Risiken im zweiten Schritt des RM-Prozesses deren Bewertung vorgesehen. Inwiefern diese Bewertung im Detail und bezogen auf Lieferketten aussieht, wird in diesem Abschnitt erläutert.

Im Allgemeinen können Risiken entweder rein qualitativ durch eine Beschreibung der Eigenschaften bei Eintritt analysiert oder mithilfe eines quantitativen Ansatzes in Zahlen abgebildet und messbar gemacht werden.¹²⁶

3.3.1 Qualitative Bewertung

Bei der qualitativen Bewertung geht es darum, Fakten über das Risiko zu sammeln und anschließend aufzulisten. Dafür müssen die Ziele des RMs im Vorfeld bekannt sein. Da einige Risiken wie zum Beispiel jene mit politischem Ursprung sehr schwer messbar sind, können sie nur durch Vergleiche mit Ländern, in denen das Unternehmen ebenfalls tätig ist, beurteilt werden¹²⁷. Für diese Auflistung werden Informationen über die Art, den Ursprung und die potenziellen Konsequenzen der Risiken gesammelt. Des Weiteren werden die Eintrittswahrscheinlichkeit der Bedrohung, betroffene Bereiche und Personen sowie Verantwortliche für die Kontrolle des Risikos angeführt. Da die unterschiedlichen Risiken in verschiedenen Beziehungen zueinanderstehen, ist es wichtig, diese zu kennen und mithilfe der Methoden des RMs bei Bedarf Veränderungen zu vollziehen. Die daraus resultierenden grundlegenden Informationen der qualitativen Bewertung stellen die Basis für präzise Berechnungen auf quantitativer Ebene dar.¹²⁸

¹²⁵ Vgl. Bitkom e.V. (2021), S. 4–13.

¹²⁶ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 127 f.

¹²⁷ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 24.

¹²⁸ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 127 f.

3.3.2 Quantitative Bewertung

Wie oben angeführt können die Risiken in einem quantitativen Ansatz auch in Zahlen abgebildet und somit vergleichbar gemacht werden. Dazu wird das Produkt aus zwei Faktoren herangezogen:¹²⁹

- 1.) die Wahrscheinlichkeit, dass ein Event eintritt;
- 2.) die Konsequenzen des Risikos.

Der Wahrscheinlichkeitswert liegt dabei zwischen 0 und 1 und kann in fünf Unterkategorien eingeteilt werden, wie anhand der *Tabelle 3* zu sehen ist.¹³⁰

Tabelle 3: Klassifikation der Wahrscheinlichkeiten¹³¹

Wahrscheinlichkeits- beschreibung	Wahrscheinlichkeitswert	Interpretation
<i>Unmöglich</i>	0	Wird nie eintreten
<i>Niedrig</i>	>0 bis 0,25	Unwahrscheinlicher Eintritt
<i>Mittel</i>	0,25 bis 0,75	Möglicher Eintritt
<i>Hoch</i>	0,75 bis <1	Wahrscheinlicher Eintritt
<i>Sicher</i>	1	Wird immer eintreten

Risiken, deren Wert nahe bei 1 liegt, kommen mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr häufig vor und sollten darum stets vom Management im Tagesgeschäft berücksichtigt werden. Aber auch Risiken, deren Wahrscheinlichkeit um den Wert 0,5 liegt, sollten nicht außer Acht gelassen werden, da sie in verschiedenen Variationen Abläufe stören können. Ähnliches gilt für Risiken mit einem Wahrscheinlichkeitswert unter 0,25. Nur weil sie ab und an vorkommen, heißt es nicht, dass sie vernachlässigt werden sollten.¹³² Seltene Events können durchaus immense Schäden verursachen, wie der Terrorakt 9/11 zeigt: Infolge dieses dramatischen Ereignisses verbot die US-Regierung beispielsweise vorübergehend die LKW-Transporte zwischen den USA, Kanada und Mexiko, was den Output der *Ford Motor Company* im letzten Quartal des Jahres 2001 um 13 % sinken ließ¹³³.

In die Berechnung des Produktes fällt – wie oben bereits erwähnt - nicht nur die Eintrittswahrscheinlichkeit, sondern auch die Schwere der Konsequenzen nach Eintritt. Diese Auswirkungen auf Supply Chains können entweder mit einer annähernden Kostenabschätzung vollzogen, oder in sechs Kategorien, die von *unbedeutend* bis *katastrophal* reichen, eingeteilt werden. Die unterschiedlichen Kategorien ergeben sich daraus, da nicht alle Folgen in Geldbeträgen oder -werten beurteilt werden können. Manche Konsequenzen richten einen immateriellen Schaden an oder können nur sehr

¹²⁹ Vgl. Ebert, C. (2013), S. 8.

¹³⁰ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 128 f.

¹³¹ Quelle: Waters, C. D. J. (2007), S. 132 (leicht modifiziert).

¹³² Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 132.

¹³³ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 22.

schwer eingeschätzt werden. Die *Tabelle 4* zeigt die unterschiedlichen Kategorien und deren Auswirkungen auf die Lieferkette.¹³⁴

Tabelle 4: Verschiedene Kategorien und deren Auswirkungen auf Lieferketten¹³⁵

Kategorien	Effekt auf Lieferkette
<i>Unbedeutend</i>	Unbedeutender Effekt auf die Supply Chain
<i>Gering</i>	Kleinere Störungen und Verspätungen entlang der Lieferkette, erhöhte Kosten bei einzelnen Gliedern der Lieferkette
<i>Mäßig</i>	Störungen bei einzelnen Gliedern der Lieferkette, wobei die Hauptfunktionen den Anforderungen entsprechen
<i>Ernst</i>	Ernsthafte Störungen der essenziellen Funktionen der Supply Chain, welche große Verspätungen und hohe Kosten der Wiederherstellung verursachen
<i>Kritisch</i>	Unterbrechungen entlang der gesamten Lieferkette für unbestimmte Zeit, welche mit großen Kosten und Aufwand für die Wiederherstellung verbunden sind
<i>Katastrophal</i>	Vollständiger und unwiederbringlicher Ausfall der Lieferkette sowie möglicherweise der ganzen Organisation

Dieser Auflistung ist zu entnehmen, dass die Kategorien *unbedeutend* bis *mäßig* keine bis kleine Störungen entlang einzelner Glieder der Lieferkette verursachen, aber die Hauptfunktionen der Supply Chain nach wie vor uneingeschränkt sind. Ab der Kategorie *ernst* sind die essenziellen Funktionen der Lieferkette betroffen und es entstehen große Verspätungen sowie hohe Kosten für die Wiederherstellung der Supply Chain. Die Kategorie *katastrophal* hat die schwerwiegendsten Effekte auf die Lieferkette und einen vollständigen Ausfall der Supply Chain zur Folge.¹³⁶

Ein Beispiel dazu liefern die Hurricanes Katrina und Rita im Jahr 2005, welche aufgrund ihrer Schwere in der Kategorie *kritisch* einzuordnen sind. Besonders Öl- und Gasplattformen waren von den weitreichenden Zerstörungen der Naturkatastrophe an der US-Golfküste betroffen. Da das involvierte Gebiet rund 23 % der US-amerikanischen Raffinerien beheimatet, hatte dies zur Folge, dass insgesamt 8 % der nationalen Kapazität infolge des Hurricanes stillgelegt werden mussten. Ereignisse wie diese bestätigen den bedeutenden wirtschaftlichen Einfluss auf Lieferketten, der lediglich in der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schwere variiert.¹³⁷

Nachdem die einzelnen Kategorien der Effekte und Eintrittswahrscheinlichkeiten ausführlich beschrieben wurden, kann aus dem Produkt der beiden ein bestimmter Wert berechnet werden. Dieser ermöglicht die Analyse beziehungsweise Priorisierung der jeweiligen Risiken. Dafür, aber auch zur Risikoidentifikation stehen im RM

¹³⁴ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 134.

¹³⁵ Quelle: Waters, C. D. J. (2007), S. 135 (leicht modifiziert).

¹³⁶ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 134.

¹³⁷ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 22.

beziehungsweise SCRM diverse Methoden, Werkzeuge oder Tools zur Verfügung, die im nächsten Kapitel ausführlich erläutert werden^{138, 139}.

3.4 Relevante Methoden/Tools des Supply Chain Risk Managements

Prinzipiell kann man im RM zwischen **Kollektionsmethoden** und **Suchmethoden** unterscheiden. Während Kollektionsmethoden für Risiken angewandt werden, die bereits bekannt sind, eignen sich Suchmethoden für unbekannte Risiken. Letztere können auch noch weiter in **analytische Methoden** und **Kreativitätsmethoden** unterteilt werden. Selbstverständlich beinhaltet das RM eine hohe Anzahl an Methoden zur Behandlung von Risiken, deren Aufzählung aber den Rahmen der Arbeit sprengen würde.¹⁴⁰

Aus diesem Grund ist in der *Tabelle 5* ein Überblick der Methoden aufgelistet, die sich zur Identifikation beziehungsweise Bewertung von Risiken speziell im SCRM gut eignen. Da die detaillierte Beschreibung aller Methoden nicht zielführend für diese Arbeit ist, wird auf die einzelnen Werkzeuge nur kurz eingegangen. Das ausgewählte Tool für die Analyse (siehe gelb markiertes Feld in *Tabelle 5*) wird aber anschließend im nächsten Kapitel ausführlich behandelt.

Tabelle 5: Auflistung geeigneter Methoden im Supply Chain Risk Management¹⁴¹

Kollektionsmethoden	Suchmethoden	
	Analytische Methoden	Kreativitätsmethoden
Zur Identifikation:	Zur Identifikation:	Zur Bewertung/-steuerung:
Checkliste	Business-Impact-Analyse	Szenarioanalyse
Interview	Ursache-Wirkungs-Diagramm	Systems Dynamics
Delphi-Methode	Zur Bewertung/-steuerung:	Simulation
Risiko-Identifikationsmatrix	Risikomatrix	

Angefangen mit den Kollektionsmethoden, eignen sich diese vor allem für die Identifikation von Risiken. Dazu zählen unter anderem die Checkliste, das Interview, die Delphi-Methode und die Risiko-Identifikationsmatrix. Wenn man sich die **Checkliste** näher ansieht, handelt es sich dabei um eine Prüfliste beziehungsweise um eine Vollständigkeitskontrolle. Dieses Verfahren hat seine Vorteile in der unkomplizierten Wiederverwendbarkeit, Weiterentwicklung und dem damit verbundenen geringen

¹³⁸ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 55.

¹³⁹ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 135.

¹⁴⁰ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 56.

¹⁴¹ Quelle: in Anlehnung an Romeike, F. (2018), S. 56.

Zeitaufwand. Meist wird für die Checkliste eine Expertenschätzung als Input verwendet und daraus ein qualitativer Output generiert.¹⁴²

Ähnliche Outputs liefert das **Interview** mit kompetenten Individuen, welches eine sehr triviale und besonders effektive Methode ist, um Informationen über potenzielle Risiken zu sammeln¹⁴³. Dabei werden verschiedene Fachleute zu gewissen Themen befragt, um Informationen für das SCRM gewinnen zu können. Das Interview dient vor allem der Risikoidentifikation und wird als ergänzendes Tool zu analytischen Methoden und Kreativitätsmethoden angewandt.¹⁴⁴

Ein weiteres Werkzeug zur Sammlung von Meinungen stellt die **Delphi-Methode** dar. Dazu werden in einem mehrstufigen Verfahren rund 15 Fachleute mit Fragen zu Risikothemen konfrontiert¹⁴⁵. Die anonymisierten Ansichten und Ergebnisse werden anschließend Runde für Runde verbessert beziehungsweise verfeinert, um Störeinflüsse entlang von Supply Chains aufdecken zu können. Anders als bei den bereits erwähnten Methoden ist der Zeitaufwand für dieses Verfahren weitaus höher und dementsprechend auch mit mehr Kosten verbunden.¹⁴⁶

Die letzte Methode, die zu den Kollektionsmethoden gehört und kurz in diesem Kapitel angeschnitten wird, ist die **Risiko-Identifikationsmatrix**. Wie der Name schon sagt, ist es ein Verfahren zur Sammlung und groben Bewertung von Risiken in einem zeit- und ressourceneffizienten Ansatz. In der Matrix werden horizontal die Treiber des Risikos und vertikal dessen Wirkungen dargestellt. Die Werte reichen dabei von null (niedrig) bis zehn (hoch). Als Risikotreiber wird hier zum Beispiel der Mensch, die Technologie, die Methode, das Material oder die Organisation eingetragen und bei den Auswirkungen, jene auf Umwelt, Kunden, Mitarbeiter und Finanzen betrachtet. Zwar fällt der Aufwand für die Erstellung einer Risiko-Identifikationsmatrix gering aus, jedoch können diverse praxisrelevante Ursache- beziehungsweise Wirkungsketten damit nicht dargestellt werden.¹⁴⁷

Die eben genannte Risiko-Identifikationsmatrix darf aber nicht mit der **Risikomatrix** verwechselt werden, welche zu den analytischen Methoden gezählt wird. Diese Matrix ist auch unter Risiko-Map, Risikolandschaft oder Risikograph bekannt und stellt die Beziehung zwischen der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und dem Ausmaß des Schadens grafisch dar¹⁴⁸. Im Prinzip ist es die dazugehörige Abbildung zu den in *Kapitel 3.3.2* bereits angeführten Kategorien der quantitativen Bewertung. Zwar sind Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Risiken in der Risikomatrix nicht sichtbar, dennoch können mittels dieser von Entscheidungsträgern des Unternehmens einerseits Risiken bewertet und andererseits auch Maßnahmen zur Risikosteuerung und -kontrolle abgeleitet werden.¹⁴⁹ Um dies zu gewährleisten, kann anhand der Risikomatrix in Form

¹⁴² Vgl. Romeike, F. (2018), S. 61–67.

¹⁴³ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 112.

¹⁴⁴ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 67 f.

¹⁴⁵ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 113.

¹⁴⁶ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 134–137.

¹⁴⁷ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 69–71.

¹⁴⁸ Vgl. Wälder, K.; Wälder, O. (2017), S. 7.

¹⁴⁹ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 41.

eines Portfolios die Dringlichkeit des Handlungsbedarfs visualisiert werden (siehe *Abbildung 8*).

Während der rot markierte Bereich ein ausgedehntes SCRM erfordert, liegt der Fokus in den gelb- und orangemarkierten Feldern besonders auf der Überwachung und Kontrolle der Risiken. Bei Events, die im grünen Bereich eingeordnet werden, besteht zwar kein akuter Handlungsbedarf, jedoch müssen sie im Auge behalten werden.¹⁵⁰

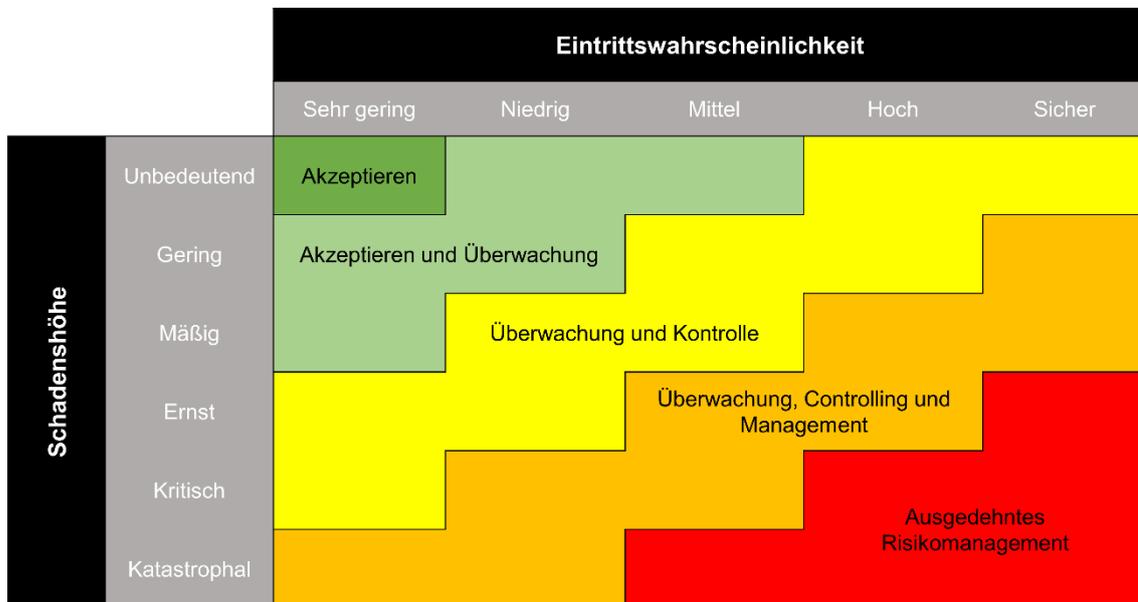


Abbildung 8: Beispielhafte Risikomatrix mit Handlungsempfehlungen¹⁵¹

Neben der Risikomatrix bieten sich bei den analytischen Methoden zusätzlich die Business-Impact-Analyse und das Ursache-Wirkungs-Diagramm zur Identifikation von Risiken an. Speziell die **Business-Impact-Analyse** eignet sich zur Feststellung kritischer Bestandteile der Supply Chain. Das umfangreiche Verfahren untersucht Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Lieferketten, die maximal tolerierbare Dauer der Unterbrechung und Auswirkungen, die auf ausgefallene Hauptfunktionen entlang der Supply Chain zurückzuführen sind¹⁵². Die Analyse wird im Rahmen des Business Continuity Managements (Betriebskontinuitätsmanagement) vollzogen, welches ein fixer Bestandteil des SCRMs ist und dessen Aufgabe es ist, die Hauptelemente der Supply Chain zu identifizieren und den Fortbestand der Lieferkette unter sämtlichen Umständen zu gewährleisten.¹⁵³

¹⁵⁰ Vgl. Brauweiler, H.-C. (2019), S. 8.

¹⁵¹ Quelle: in Anlehnung an Waters, C. D. J. (2007), S. 140; in Anlehnung an Brauweiler, H.-C. (2019), S. 10.

¹⁵² Vgl. Kaye, D. (2008), S. 161.

¹⁵³ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 224 f.; vgl. Romeike, F. (2018), S. 104–109.

Das oben erwähnte **Ursache-Wirkungs-Diagramm** wird auch als Ishikawa- oder Fischgräten-Diagramm bezeichnet und bildet die Kausalitätsbeziehungen – Ursache und Wirkung - ab. Die Bezeichnung Fischgräten-Diagramm resultiert daraus, da die grafische Abbildung einem Fischskelett sehr ähnelt. Zum Beispiel können bei einer verspätenden Lieferung verschiedene Ursachen und deren Auslöser erörtert werden. Demzufolge kann eine Verspätung der Lieferung dem Gebrechen eines LKWs geschuldet sein, wobei das Versagen des LKWs wiederum auf eine mögliche unregelmäßige Instandhaltung zurückgeführt werden kann¹⁵⁴. Nachdem Ursache für Ursache ermittelt wurde, kann auf einer zweiten Ebene eine erneute Ursachenfindung vollzogen und anschließend das Diagramm grafisch dargestellt werden (siehe *Abbildung 9*).¹⁵⁵

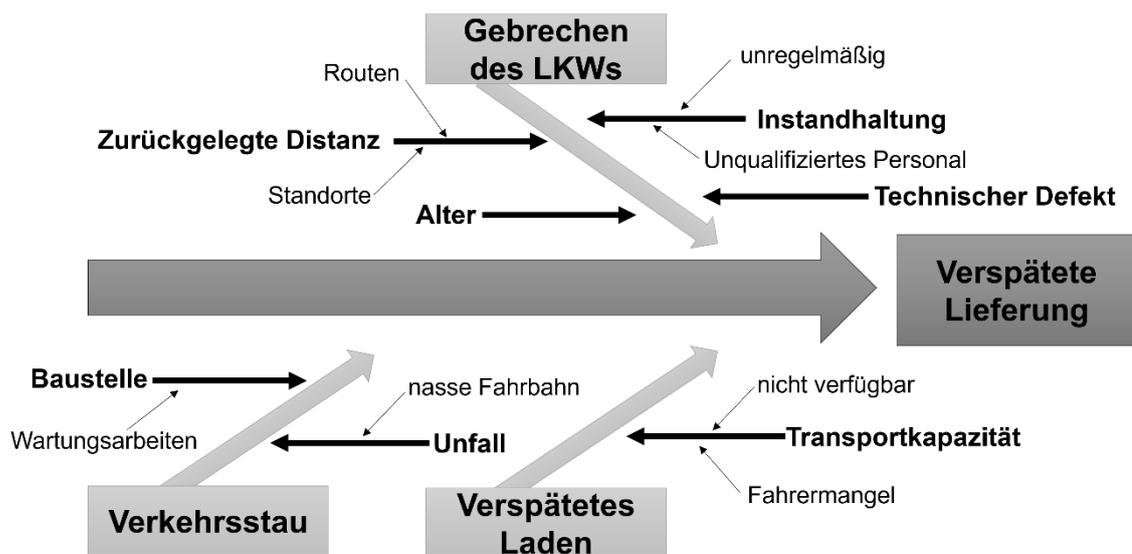


Abbildung 9: Beispielhaftes Ishikawa-Diagramm¹⁵⁶

Der Kopf des Fischskeletts bildet demnach die Verspätung und die einzelnen Ursachen werden in Form der Gräten abgebildet. Ein gängiger Zugang ist, die Ursachen anhand der „5 M“ (Mensch, Material, Maschine, Methode und Mitwelt) aufzuschlüsseln. Die strukturierte Vorgehensweise zählt zu den Vorteilen dieses Verfahrens und dient als Grundlage zur Auffindung potenzieller Frühwarnindikatoren. Lediglich komplexe Zusammenhänge und zeitliche Abhängigkeiten können mit diesem Diagramm nicht dargestellt werden.¹⁵⁷

Wenn man diese komplexen Zusammenhänge aber abbilden möchte, muss man sich an einer Kreativitätsmethode wie beispielsweise der **Szenarioanalyse** bedienen. Diese Methode findet vor allem in der Strategie- und Unternehmensentwicklung Einsatz und analysiert mögliche Effekte von Entscheidungen, die von einer Reihe von Experten getroffen werden. Dabei werden zukünftig potenzielle Szenarien modelliert und anhand dieser Handlungsempfehlungen abgeleitet. Ziel der Szenarioanalyse ist die

¹⁵⁴ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 109.

¹⁵⁵ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 104–109.

¹⁵⁶ Quelle: Waters, C. D. J. (2007), S. 109 (leicht modifiziert).

¹⁵⁷ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 114–118.

Unterstützung der Entscheidungsträger bei zentralen und kritischen Themen, welche die Zukunft und Organisation betreffen. Verantwortliche sollen sich ein besseres Bild davon machen können, welche alternativen Lieferanten, Sicherheitsbestände oder Risikokontrollmaßnahmen zukünftig benötigt werden^{158, 159}

Ein weiteres Tool, das ebenfalls zu den Kreativitätsmethoden zählt und sich zur Bewertung und Steuerung von Risiken anbietet, ist **Systems Dynamics (Systemdynamik)**. Darunter versteht man die Modellierung, Simulation, Analyse und Gestaltung von dynamisch-komplexen Sachverhalten. Anders als bei den rein analytischen Methoden, werden auch zeitliche Abläufe miteinbezogen. Ziel ist es, das System mittels qualitativer und quantitativer Modelle zu beschreiben und ein Verständnis für die Beeinflussung von Informationsrückflüsse im System sowie für komplexen Zusammenhänge von Systemkomponenten zu entwickeln.¹⁶⁰ In SCRM wird System Dynamics beispielsweise für die Simulation des Welleneffekts in der Lieferkette angewandt. Mithilfe dieses Tools konnte in unabhängigen Studien von *Wilson* beziehungsweise *Bueno-Salano* und *Cedillo-Campos* festgestellt werden, dass sich bei Transportunterbrechungen in mehrstufigen Supply Chains die Lieferkettenkosten exponentiell zu der Störungsdauer ausbreiten¹⁶¹. Als Output des Verfahrens soll ein SCRM-Cockpit zur Simulation verschiedener Szenarien generiert werden, das einzelne Veränderungen auf das Gesamtsystem einschätzen kann¹⁶².

Da sich Simulationsstudien wie diese bezogen auf Supply Chains gut eignen, um beispielsweise zeitabhängige Störungen, die Dauer für Wiederherstellungsmaßnahmen und Kapazitätsveränderungen miteinzubeziehen, wurde für diese Arbeit auch eine Simulation als Tool zur Risikoanalyse gewählt¹⁶³. Das nächste Kapitel beschäftigt sich ausführlicher mit verschiedenen Simulationen und den daraus abgeleiteten Maßnahmen zur Risikominderung.

¹⁵⁸ Vgl. Thomas, C.; Chermack, T. (2019), S. 42.

¹⁵⁹ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 166–174.

¹⁶⁰ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 188 f.

¹⁶¹ Vgl. Ivanov, D. (2018), S. 123.

¹⁶² Vgl. Romeike, F. (2018), S. 193.

¹⁶³ Vgl. Ivanov, D. (2018), S. 122.

4 Kritikalitätstool zur Bewertung der Resilienz und Vulnerabilität von Lieferketten

Ziel dieses Kapitels ist die eigenständige Entwicklung eines Kritikalitätstools, welches Strategien zur Steigerung der Resilienz von Lieferketten beinhaltet und abbildet. Daraus sollen Maßnahmen zur Steuerung und Minderung der einzelnen in *Kapitel 3.2* aufgezählten Risiken abgeleitet werden. Vorab wird aber das ausgewählte Tool zur Risikoanalyse des Praxisteils - die Simulation – und deren verschiedenen Arten vorgestellt.

4.1 Detaillierte Beschreibung des ausgewählten Simulationstools

Heutzutage ist es sehr herausfordernd, potenzielle Konsequenzen strategischer, taktischer und operativer Entscheidungen vorherzusagen, da sich die Lieferketten stetig durch diverse Umwelteinflüsse verändern. Zur Unterstützung dieser Entscheidungsfindung greifen Supply Chain Manager zu Methoden des SCRM. Dazu gehört auch das Tool der **Simulation**.¹⁶⁴

Es handelt sich dabei um eine leistungsstarke Technik zur Nachbildung und Analyse von Systemen¹⁶⁵. Im konkreten Fall der Supply Chain-Simulation werden Lieferketten modelliert und anhand dieser Modelle verschiedene mögliche Szenarien betrachtet, um anschließend Erkenntnisse für die Realität erlangen zu können¹⁶⁶. Aufgrund der steigenden Komplexität von Lieferketten wird das Tool der Simulation den mathematischen Analysemodellen in der Praxis gerne vorgezogen¹⁶⁷. Aber auch das Abbilden diverser Interaktionen von Inputvariablen, das Durchspielen von Szenarien, mit denen Unternehmen in dieser Form zuvor noch nie konfrontiert waren und die Abschätzung der Wirkung bei Einführung von beispielsweise neuen Richtlinien, können durch das Verfahren ermöglicht werden. Im Vergleich zu den analytischen Methoden können mittels Simulationen komplexe Systeme abgebildet und Experimente am Modell durchgeführt werden. Während bei den mathematischen Analysemodellen oft der Bezug zur Realität fehlt, können mittels einer Simulation Optionen für eine realistische Umsetzung geboten werden. Jede Veränderung der Input-Variable erfordert eine individuelle Lösung oder einen neuen Durchlauf der Simulation. Das heißt, es gibt bei diesem Verfahren keine einheitliche optimale Lösung, sondern es entstehen mehrere Handlungsalternativen, die bei der Entscheidung der Supply Chain Manager von Vorteil sein können. Ziel ist es, die komplette Supply Chain samt ihren Prozessen und Schwachstellen zu kennen, zu verbessern und zu validieren. Es können verschiedene

¹⁶⁴ Vgl. Heckmann, I. (2016), S. 165.

¹⁶⁵ Vgl. D'Apice, C. et al. (2010), S. 1.

¹⁶⁶ Vgl. Rabe, M. et al. (2008), S. 12.

¹⁶⁷ Vgl. Pires, M. C. et al. (2018), S. 524.

Szenarien durchgespielt werden, ohne die reale Supply Chain zu beeinflussen. Zudem kann die Lieferkettenleistung quantifiziert werden, was sich wiederum bei der Entscheidungsfindung auf strategischer Ebene positiv auswirkt.¹⁶⁸

Damit aber den Ergebnissen der Simulationen Vertrauen geschenkt werden kann, benötigt es im Vorfeld Tests zur Verifikation und Validierung des Modells. Während es sich bei der **Verifikation** um den formalen Nachweis des Simulationsmodells beziehungsweise um die Überprüfung der korrekten Transformation von einem Modell aus dem anderen handelt („Ist das Modell richtig“), stellt die **Validierung** sicher, dass das Modell mit dem Originalsystem hinreichend übereinstimmt („Ist es das richtige Modell?“). Im Anschluss kann ein Urteil über die Nutzbarkeit des Modells getroffen werden, indem die **Akkreditierung** (=Glaubwürdigkeit) des Modells bestimmt wird, von der schlussendlich die **Gültigkeit** des Modells abhängt.¹⁶⁹

Dieser kleine Exkurs in die unterschiedlichen Begriffsdefinitionen ist wichtig, da sie allesamt in die Gültigkeit des Simulationsmodell einfließen. Außerdem werden anhand von Ergebnissen der Simulation weitreichende Entscheidungen getroffen. Bevor aber über die weitere Vorgehensweise beratschlagt wird beziehungsweise Simulationen überhaupt erst durchgeführt werden, gilt es im Vorfeld den richtigen Simulationstyp zu finden.

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Simulationsarten, die für die Modellierung von Supply Chains angewendet werden können, wie zum Beispiel das im *Kapitel 3.4* erwähnte **System Dynamics**. Da die ausführliche Beschreibung aller Arten den Rahmen der Arbeit sprengen würde, werden zusätzlich noch folgende drei ausgewählte Simulationstypen vorgestellt:

- a) Agent-Based Simulation (Agentenbasierte Simulation);
- b) Monte-Carlo-Simulation (Stochastische Simulation);
- c) Discrete Event Simulation (Ereignisorientierte Simulation).

4.1.1 Agent-Based Simulation (ABS)

Die agentenbasierte Simulation bietet die Möglichkeit der Modellierung von komplexen Systemen am Computer und bildet mittels einer Simulation deren künftige Entwicklungen ab. Als Basis dieses Tools dienen sogenannte Agenten auf Mikro-Ebene, die mit individuellen Eigenschaften, Präferenzen und Strategien versehen werden. Durch das Zusammenspiel von Agenten und System, entstehen im Laufe des Verfahrens emergente Strukturen auf der Makro-Ebene. Die Agenten können sich beispielsweise durch Alter, Geschlecht, Werte, oder unterschiedlich verfolgte Zielen voneinander unterscheiden. Hinzu kommt, dass die Agenten auch untereinander im softwarebasierten Modell kommunizieren können und anhand ihrer Präferenzen Entscheidungen treffen, die nur schwer vorherzusehen sind. Zur Implementierung dieses Modells ist eine Software nötig, wobei sich objektorientierte Programmiersprachen wie zum Beispiel C++ oder Java besonders gut dafür eignen. Angesichts des hohen Programmieraufwands stehen aber eigene Softwarepakete wie

¹⁶⁸ Vgl. Campuzano, F.; Mula, J. (2011), S. 1–4.

¹⁶⁹ Vgl. Rabe, M. et al. (2008), S. 13–19.

AnyLogic, *Lds*, *Repast* oder *NetLogo*¹⁷⁰ zur Verfügung. Einziger Nachteil ist die Validierung des Tools, da geeignete Datensätze meist nur schwierig gefunden und somit aufwendig empirisch gesammelt werden müssen. Abgesehen davon, ist die ABS ein sehr flexibles und erfolgsversprechendes Analyseverfahren.¹⁷¹

4.1.2 Monte-Carlo-Simulation (MCS)

Ein weiteres Analysetool zur Modellierung von komplexen Lieferkettenprozessen ist die MCS, die auch stochastische Szenarioanalyse genannt wird. Bei diesem Verfahren werden zufällige Inputvariablen gewählt und anschließend Realisierungen erzeugt, um Aussagen über Auswirkungen auf das System machen zu können. Der Name der Simulation ist auf das Casino in Monaco zurückzuführen, da die dort ausgetragenen Glücksspiele ebenfalls nach dem Zufallsprinzip aufgebaut sind.¹⁷² Mit der MCS können viele Problemstellungen in Angriff genommen werden, für welche keine oder nur sehr wenige alternative Lösungen existieren. Ziel ist es, für die generierten Zufallszahlen über entsprechende Zusammenhänge zugehörige Zielgrößen zu ermitteln. Dabei müssen viele Simulationsdurchläufe gestartet werden, um eine verwendbare Stichprobe mit möglichen risikobehafteten Zukunftsszenarien zu erhalten. Der mathematische Ansatz dieser Methode basiert auf dem Gesetz der großen Zahlen und dem Grenzwertsatz. Zudem kann die Methode beliebige Verteilungen simulieren und auch extreme Szenarien betrachten. Aufgrund der hohen Anzahl an Simulationsdurchläufen und der Komplexität ist die Methode aber sehr rechenintensiv.^{173, 174}

4.1.3 Discrete Event Simulation (DES)

Die dritte und letzte Simulation, welche im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt wird, ist die ereignisorientierte Simulation (engl. Discrete Event Simulation). Sie ist ein Verfahren zur Überwachung des dynamischen Verhaltens von Systemen (z.B. Produktionssystemen)¹⁷⁵. Dabei wird eine Veränderung des Zustands durch den Eintritt eines Ereignisses (Events) verursacht. Das heißt, es kann nur zu bestimmten (diskreten) Zeitpunkten eine Zustandsveränderung vollzogen werden. Das Tool kann zur Simulation von schwerwiegenden Störungen entlang von Lieferketten angewendet werden, um die Resilienz von Supply Chains und die Auswirkungen diverser Recovery-Strategien zu analysieren¹⁷⁶. Solche What-If-Analysen dienen dazu, strategische Planungen im Vorfeld zu erleichtern und die Vergleichbarkeit der einzelnen Alternativen gewährleisten zu können, ohne die reale Supply Chain dafür unterbrechen zu müssen¹⁷⁷. Die DES findet zum Beispiel in Warte- oder Lagersystemen Anwendung, kann aber auch in größere Softwaresysteme wie *SAP* oder *Matlab* eingebettet werden. Der Vorteil bei der

¹⁷⁰ Vgl. Wilensky, U., <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (Zugriff: 27.09.2021).

¹⁷¹ Vgl. Weyer, J.; Roos, M. (2017), S. 1–6.

¹⁷² Vgl. Wälder, K.; Wälder, O. (2017), S. 82.

¹⁷³ Vgl. Liu, Y.; Harelund, S. (2011), S. 39.

¹⁷⁴ Vgl. Romeike, F. (2018), S. 175 f.

¹⁷⁵ Vgl. D'Apice, C. et al. (2010), S. 26.

¹⁷⁶ Vgl. Ivanov, D. (2018), S. 123 f.

¹⁷⁷ Vgl. Bendul, J. (2014), S. 202.

Implementierung in Softwarelösungen ist die Auswertung von sehr großen Datenmengen in Form von Input- und Output-Analysen.¹⁷⁸

Wie anschließend im Praxisteil zu sehen sein wird, wurde für diese Arbeit ebenfalls eine Softwarelösung von SAP verwendet, um eine Lieferkettensimulation durchzuführen. Hier werden ähnlich wie bei der DES verschiedene Szenarien betrachtet und What-If-Analysen mittels des sogenannten *SAP Integrated Business Planning* getätigt, um Aussagen über die Eignung von bestimmten Recovery-Strategien machen zu können. Welche Strategien zur Steigerung der Resilienz dafür in Frage kommen, darauf wird das nächste Kapitel näher eingehen.

4.2 Tool-/Strategieentwicklung zur Steigerung der Resilienz von Supply Chains

Wie in *Kapitel 2.2* bereits ausgeführt ist eine resiliente Lieferkette weniger anfällig für Störungen und ermöglicht es Managern, in kritischen Situationen mittels diverser Maßnahmen besser reagieren zu können. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, welche Strategien zu einer resilienten Supply Chain führen. Häufig werden verschiedene Analysetools verwendet, um die Auswirkungen der Recovery-Maßnahmen für bestimmte Lieferkettenstörungen zu bewerten¹⁷⁹.

Für diese Arbeit wurde ein eigenes Tool entwickelt, welches in Form eines Benchmark-beziehungsweise Reifegradmodells zu untersuchen versucht, inwiefern resiliente Ansätze verfolgt werden und wo es noch Potenziale im Vergleich zu anderen Lieferketten gibt.

4.2.1 Reifegradmodell

Unter einem Reifegradmodell versteht man eine Folge von Reifegraden für eine bestimmte Klasse an Objekten. Das Modell beschreibt die Entwicklungsphasen der Objekte von der ersten bis zur letzten Reifestufe und dient prinzipiell zur Bestimmung des aktuellen Status des betrachteten Objekts. Die einzelnen Reifegrade sind ordinale Maße für die Reife des Objekts und enthalten je nach Anwendungsbereich bestimmte zu erfüllende Anforderungen.¹⁸⁰

Es existieren bereits über 100 Reifegradmodelle für die Bewertung und Verbesserung des Entwicklungsstandes verschiedener Betrachtungsobjekte. Eines der ersten und bekanntesten Modelle ist das *Quality Management Maturity Grid (QMMG)*, welches von Philip B. Crosby entwickelt wurde. Es dient als Basis für das *Capability Maturity Model (CMM)* des *Software Engineering Institute* der *Carnegie Mellon University*. Das CMM besteht aus fünf Reifegraden und wurde ursprünglich zur Sicherstellung guter Ergebnisse bei der Vergabe von Softwareprojekte erarbeitet.¹⁸¹

¹⁷⁸ Vgl. Waldmann, K.-H.; Helm, W. E. (2016), S. 79–95.

¹⁷⁹ Vgl. Ivanov, D. (2018), S. 135.

¹⁸⁰ Vgl. Altuntas, M. et al. (2016), S. 127.

¹⁸¹ Vgl. Barsch, T.; Hiemeyer, W.-D. (2019), S. 20.

Ein weiteres Modell, das auf *QMMG* und *CMM* aufbaut, ist das *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*. Im Vergleich zu *CMM* legt es den Fokus auf die kontinuierliche Darstellung sogenannter Fähigkeitsgrade innerhalb der Prozessgebiete¹⁸². Neben den erwähnten Modellen ist im Bereich der Softwareentwicklung noch zusätzlich das *Software Process Improvement and Capability Determination (SPICE)* weit verbreitet, welches ebenfalls auf dem *CMM*-Ansatz basiert.¹⁸³

Das angewandte Reifegradmodell dieser Masterarbeit orientiert sich am Aufbau der oben genannten Modelle. Konkret handelt es sich dabei um ein Kritikalitätstool in spinnennetzartiger Form, das Erkenntnisse und Strategien aus der aktuellen wissenschaftlichen Literatur berücksichtigt. Es bildet den Resilienz-Status einer Supply Chain (auch grafisch) ab, eignet sich besonders für die systematische Ableitung von Strategien und lässt zudem Vergleiche mit Lieferketten der Konkurrenz oder zu Best-Practices zu.¹⁸⁴ Das Kritikalitätstool durchleuchtet im Zuge der Anwendung folgende fünf Punkte kritisch und analysiert beziehungsweise ermittelt deren Reifegrad.

1. Agilität;
2. Transparenz;
3. Planung;
4. Supply Chain Sicherheit/Schutz;
5. Risikobewusstsein/Wissensmanagement.

Des Weiteren unterscheidet das angewandte Reifegradmodell vier Stufen zur Bewertung: *nicht existent*, *entwickelt*, *integriert* und *optimiert*. Darauf wird nun im folgenden Abschnitt ausführlicher eingegangen.

4.2.2 Stufen der Reifegrade

Je nach Reifegradmodell kann die Anzahl an Reifegraden variieren, standardmäßig werden jedoch meist fünf bis sechs Stufen zur Bewertung herangezogen¹⁸⁵. Für das Kritikalitätstool dieser Arbeit reichen vier Stufen aus. Diese gehen von null bis drei.

Wie *Kapitel 3.1* zu entnehmen ist, ist das SCRM für die Identifizierung, Bewertung und Priorisierung von Risiken entlang von Lieferketten verantwortlich, um auf eventuelle Störungen entlang der Supply Chain bereits im Vorfeld agieren beziehungsweise bei Eintritt schnellstmöglich reagieren zu können. Zudem ist das SCRM für die Strategie- und Maßnahmenentwicklung zur Risikoreduktion zuständig.¹⁸⁶ Aus diesen Gründen spielt der Reifegrad des SCRMs zur Einordnung der ausgewählten Strategien des Modells eine wichtige Rolle und trägt zur Gesamtbewertung bei, welche als Benchmark für die Reife der Supply Chain dient. Nachfolgend sind die einzelnen Reifegrade aufgelistet, die verdeutlichen sollen, inwiefern sich die fünf Kriterien (Agilität, Transparenz, Planung, Supply Chain Sicherheit/Schutz, Risikobewusstsein/Wissensmanagement) mit aufsteigendem Grad verändern. Hier ist zu erwähnen, dass

¹⁸² Vgl. Altuntas, M. et al. (2016), S. 135–137.

¹⁸³ Vgl. Barsch, T.; Hiemeyer, W.-D. (2019), S. 20 f.

¹⁸⁴ Vgl. Herget, J. (2020), S. 83.

¹⁸⁵ Vgl. Herget, J. (2020), S. 86.

¹⁸⁶ Vgl. Schröder, M. (2019), S. 31.

sich die unterschiedlichen Kriterien natürlich gegenseitig ebenfalls beeinflussen und ineinandergreifen können. Darauf wird aber nach Erläuterung der einzelnen Reifegradstufen noch näher eingegangen. Zum besseren Verständnis stellt *Abbildung 10* vorab das Tool mit den verschiedenen Reifegraden dar.

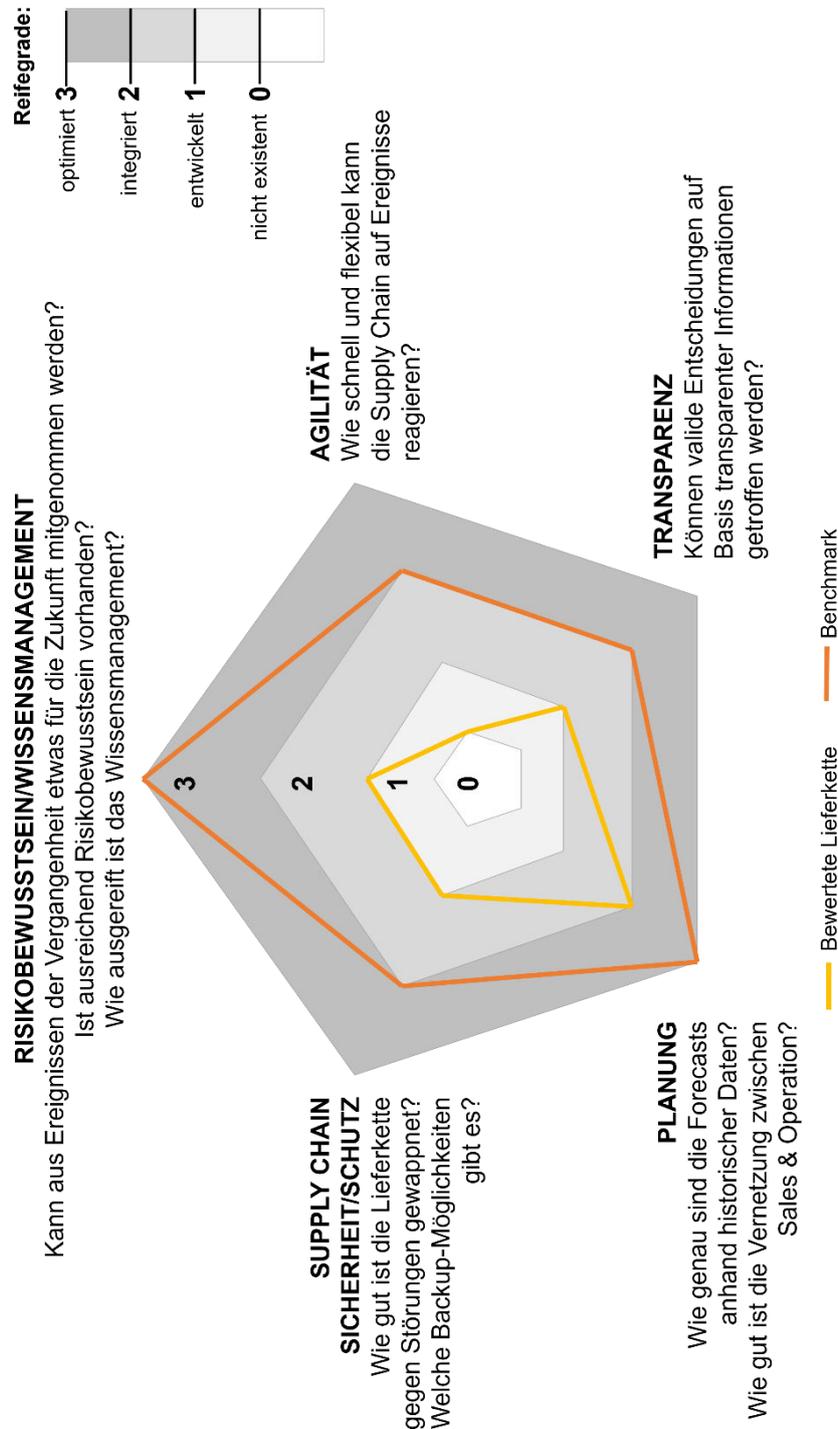


Abbildung 10: Kritikalitätstool zur Bewertung der Resilienz einer Lieferkette¹⁸⁷

¹⁸⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

0 - nicht existent:

In dieser Kategorie werden Lieferkettenrisiken im SCRM weder bewusst identifiziert noch bewertet¹⁸⁸. Bestimmte Vorgehensweisen und Maßnahmen werden einfach hingenommen, ohne den Grund zu hinterfragen¹⁸⁹. Bezogen auf das Kritikalitätstool bedeutet dies, dass das Risikobewusstsein unter den Akteuren fehlt und die Transparenz über alle Prozesse der Supply Chain hinweg nicht gegeben ist. Zudem kann die Lieferkette nicht schnell und flexibel – beispielsweise in Form von diversen Backups - auf Ereignisse reagieren.

1 – entwickelt:

In der ersten Stufe des Reifegradmodells werden die Risiken reaktiv oder proaktiv aufgedeckt und deren mögliche Folgen berücksichtigt¹⁹⁰. Es existieren bestimmte Vorgaben, Richtlinien sowie Muster und Good-Practices zum Umgang mit den jeweiligen Risiken¹⁹¹. Das Risikobewusstsein unter den Akteuren ist zwar vorhanden, jedoch ist noch nicht ausreichend Wissen da, um valide Entscheidungen auf Basis transparenter Informationen treffen beziehungsweise die Erfahrungen der Vergangenheit nutzen zu können. Die Lieferkette ist teilweise gegen Störungen gewappnet und kann nur in begrenzter Weise auf unerwartete Ereignisse reagieren. Die Supply Chain befindet sich in der Entwicklungsphase, jedoch lassen sich erste Optimierungspotenziale zur Steigerung der Resilienz erkennen.

2 – integriert:

Bei dieser Reifegradstufe sind Benchmarks und Ziele klar definiert und es wird Effizienz in den einzelnen Prozessen und Kollaboration kontinuierlich angestrebt¹⁹². Interne und externe Risiken werden in einem Katalog geführt, der jederzeit abteilungsübergreifend aktualisiert werden kann. Die Bewertung der Risiken wird ebenfalls situativ angepasst.¹⁹³ Es sind verschiedene Strategien verfügbar, um die Agilität sicherzustellen und rasch auf Veränderungen reagieren zu können. Durch kontinuierliche Schulungen und Trainings ist ausreichend Wissen vorhanden, um Erfahrungen der Vergangenheit für die Zukunft zu nutzen. Der abteilungsübergreifende Informationsaustausch erhöht die Transparenz und ermöglicht auch eine zufriedenstellende Bedarfsplanung. Zusätzlich sind Backup-Strategien im Falle einer Störung als Option zu sehen.

3 – optimiert:

In dieser Kategorie werden Best-Practices als Orientierung herangezogen und Risiken meist mittels Frühwarnsysteme identifiziert¹⁹⁴. Durch die Simulation einzelner Szenarien werden Performance-Kennzahlen analysiert und es wird versucht, daraus bestimmte

¹⁸⁸ Vgl. Schröder, M. (2019), S. 169 f.

¹⁸⁹ Vgl. Herget, J. (2020), S. 86.

¹⁹⁰ Vgl. Schröder, M. (2019), S. 169 f.

¹⁹¹ Vgl. Herget, J. (2020), S. 87.

¹⁹² Vgl. Herget, J. (2020), S. 87.

¹⁹³ Vgl. Schröder, M. (2019), S. 169 f.

¹⁹⁴ Vgl. Herget, J. (2020), S. 87.

Trends abzuleiten. Dazu gibt es standardisierte Prozesse.¹⁹⁵ Das Know-how der Akteure bietet die Möglichkeit aus Ereignissen der Vergangenheit Schlüsse für die Zukunft zu ziehen. Diverse Backup-Strategien können Ausfälle der Lieferkette vermeiden und Managern ist es möglich, valide Entscheidungen auf Basis transparenter Informationen zu treffen. Da eine gute Vernetzung zwischen Planung und Execution besteht, können Bedarfe akkurat geplant und gesteuert werden. Zudem kann die Lieferkette flexibel und schnell auf Ereignisse reagieren.

Als Resümee ist festzuhalten, dass die Reifegrade den möglichen Entwicklungsweg in der Lieferkettenoptimierung aufzeigen und die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Supply Chains ermöglichen. Obendrein kann das Kritikalitätstool in Form eines Reifegradmodells als visuelles Instrument und Basis zur Strategieentwicklung dienen.¹⁹⁶

4.2.3 Dimensionen des Kritikalitätstools

Bevor sich die Arbeit aber der ausführlichen Behandlung der einzelnen Strategien der Dimensionen des Kritikalitätstools widmet, sei erwähnt, dass Maßnahmen nicht explizit einer Dimension zugeordnet werden können, sondern meist mehrere beeinflussen. Ein Beispiel dafür ist der Backup-Lieferant. Dieser kann einerseits die Sicherstellung des Schutzes der Supply Chain ermöglichen und andererseits dazu dienen, die Flexibilität und somit auch die Agilität der Lieferkette zu erhöhen. Gleiches gilt für die Nachhaltigkeit, die übergreifend in sämtlichen Punkten des Tools miteinzubeziehen ist.

Um die Zusammenhänge der einzelnen Dimensionen zu analysieren sowie deren Dominanz und Beeinflussbarkeit abzuschätzen, wird die Einflussmatrix nach Vester in *Abbildung 11* herangezogen.¹⁹⁷

Einfluss von	Einfluss auf							
		1 Agilität	2 Transparenz	3 Planung	4 Supply Chain Sicherheit/Schutz	5 Risikobewusstsein/Wissensmanagement	Aktivsumme	Aktivsumme/Passivsumme
1 Agilität	→	3	0	1	2	0	3	0,27
2 Transparenz	→	3	3	2	1	1	9	1,50
3 Planung	→	3	2	3	3	1	9	1,00
4 Supply Chain Sicherheit/Schutz	→	3	2	2	3	1	8	0,80
5 Risikobewusstsein/Wissensmanagement	→	2	2	3	3	3	10	3,33
Passivsumme		11	6	9	10	3		
Aktivsumme * Passivsumme		33	54	81	80	30		

Aktivsumme/Passivsumme:

- >1 ...aktiv
- =1 ...neutral
- <1 ...reaktiv

0 ...keine Beziehung

1 ...schwache Beziehung

2 ...mittlere Beziehung

3 ...starke Beziehung

Aktivsumme*Passivsumme:

- >> ...kritisch (stark am Systemverhalten beteiligt)
- << ...puffernd (schwach am Systemverhalten beteiligt)

Abbildung 11: Gegenseitige Beeinflussung der Dimensionen des Kritikalitätstools¹⁹⁸

¹⁹⁵ Vgl. Schröder, M. (2019), S. 169 f.

¹⁹⁶ Vgl. Herget, J. (2020), S. 96.

¹⁹⁷ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021b), S. 77 f.

¹⁹⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Nach Bewertung der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Dimensionen, ist es möglich, deren Aktiv- und Passivsumme zu berechnen. Während die Aktivsumme aussagt, wie stark die betreffende Dimension auf den Rest des Systems wirkt, kann anhand der Passivsumme festgestellt werden, wie empfindlich der Einflussfaktor auf Veränderungen des Systems reagiert (siehe *Abbildung 12*).¹⁹⁹

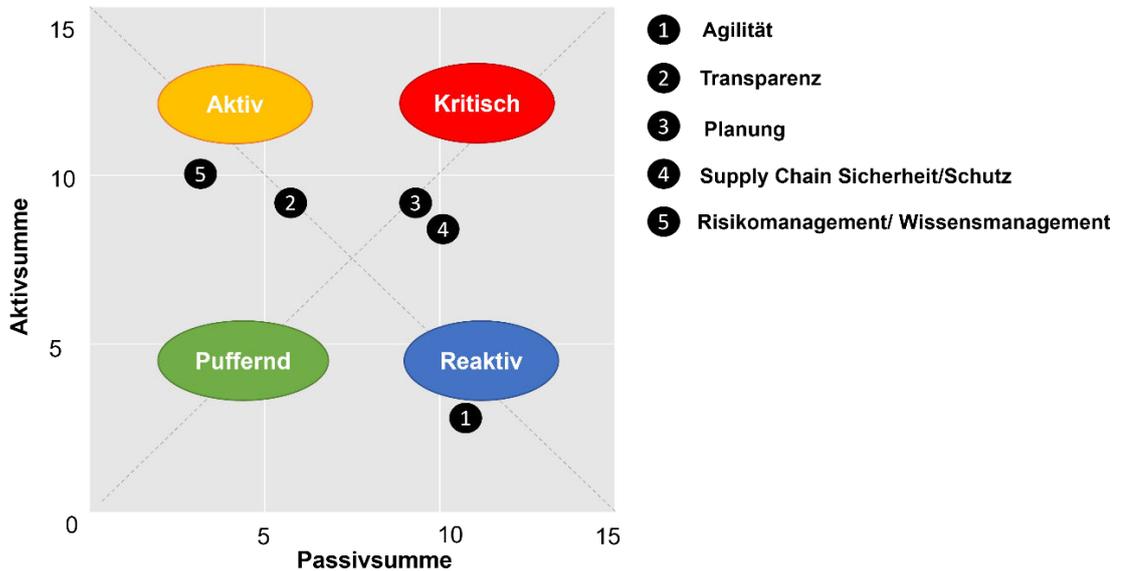


Abbildung 12: Vernetzung der Dimensionen des Kritikalitätstools²⁰⁰

Eine hohe Aktivsumme deutet demnach darauf hin, dass bei geringer Veränderung der Dimension das System markant beeinflusst wird. Sprich, wenn beispielsweise in der Dimension *Risikobewusstsein/Wissensmanagement* unerwartet ein anderer Ansatz verfolgt wird, hat dies auch Auswirkungen auf alle anderen Einflussfaktoren. Eine hohe Passivsumme bedeutet hingegen, dass die entsprechende Dimension auf jegliche Veränderung des Systems stark reagiert. Konkret ist bei Betrachtung des Kritikalitätstools die Dimension *Agilität* davon betroffen. Bei Veränderungen in den anderen Dimensionen wird dementsprechend die *Agilität* stets beeinflusst. Multiplikation und Division der Aktiv- und Passivsummen ermöglichen weitere Aussagen über ausschlaggebende und gefährdende Einflussfaktoren des Systems. Je höher das Produkt der beiden, desto stärker ist die Dimension am Systemverhalten beteiligt. Das bedeutet im umgekehrten Schluss, je höher der Quotient, desto mehr kann die Dimension eine Gefahr für das System darstellen.²⁰¹

1. Agilität

Grundsätzlich versteht man unter Supply Chain Agilität die Fähigkeit, mit geeigneten Mitteln auf Veränderungen in internen und externen Wertschöpfungsketten zu reagieren. Laut einer Studie der *Bundesvereinigung Logistik (BVL)* und des *BMEs*, bei der 106 Führungskräfte zur Gestaltung ihrer Lieferkette befragt wurden, haben sich einige

¹⁹⁹ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021b), S. 78.

²⁰⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁰¹ Vgl. Siegmeth, F. J. (2021b), S. 78–80.

Faktoren herauskristallisiert, die für eine agile Supply Chain ausschlaggebend sind. Dazu gehört beispielsweise die **Flexibilität**, welche es ermöglicht, rasche Anpassungen von Produkten und Prozessen in der internen Produktion und Dienstleistungserstellung sowie in der externen Lieferanten- und Kundenanbindung durchzuführen.²⁰²

Des Weiteren sind in diesem Zusammenhang die Flexibilität im Transport und in der Beschaffung anzuführen. Die Umsetzung eines **flexiblen Transports** erfolgt im Sinne von Strategien, die eine Unterbrechung der Lieferkette aufgrund von Transportschwierigkeiten verhindern können. Das heißt, es werden mehrere Transportmodi für eine Lieferung in Betracht gezogen. Durch den multimodalen Transport kann bei Behinderungen auf See, auf der Straße oder in der Luft auf alternative Verkehrsmittel zugegriffen werden. Das Gleiche gilt auch für die Routenplanung. Wenn alternative Verkehrswege bekannt sind, können aktuelle Verkehrsmeldungen berücksichtigt und Lieferverzögerungen vermieden werden.²⁰³

Eine **flexible Beschaffung** hingegen wird durch die Versorgung von mehreren Lieferanten sichergestellt²⁰⁴. Die Abhängigkeit von nur einem Supplier hat zwar Effizienz- und Kostenvorteile, jedoch können Lieferschwierigkeiten des Lieferanten oder ein unerwarteter Anstieg der Nachfrage zu Engpässen in der Lieferkette führen²⁰⁵. Diesem Problem kann durch eine flexible Versorgungsbasis sowie Make-or-Buy Entscheidungen in Form von Outsourcing oder Dual-Sourcing entgegengewirkt werden.²⁰⁶ Bei Outsourcing handelt es sich dabei um die Auslagerung bestimmter Prozesse und Leistungen des Unternehmens an einen externen Dienstleister, um beispielsweise Größenvorteile zu nutzen²⁰⁷. Werden erfolgskritische Leistungen ausgelagert, sollten mindestens zwei Lieferanten im Sinne eines Dual-Sourcings oder mehrere Supplier gewählt werden, um Ausfälle der Lieferkette vermeiden zu können²⁰⁸.

Eine weitere Methode zur Steigerung der Agilität bietet die **Postponement**-Strategie (=Aufschubstrategie), welche sich zur Gestaltung des Produkt- beziehungsweise Prozessdesigns unter anderem dem Konzept der Standardisierung und Modularität (=Baukastenprinzip) bedient²⁰⁹. Während die Standardisierung von Abläufen und Materialien verschiedener Produkte Kostenvorteile und eine Vereinfachung der Arbeit liefert, bietet Postponement die Möglichkeit, Produkte zum spätmöglichen Zeitpunkt fertigzustellen²¹⁰. Dabei werden standardisierte Produkte oder Module erst zum Zeitpunkt der Nachfrage kundenindividuell angepasst und finalisiert. Aus diesem Grund wird es auch als verspätete Differenzierung bezeichnet²¹¹. Durch Postponement kann flexibel auf spezifische Kundenwünsche auch in späteren Wertschöpfungsstufen sowie

²⁰² Vgl. Henke, M. et al. (2012), S. 7.

²⁰³ Vgl. Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012), S. 102 f.

²⁰⁴ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 24.

²⁰⁵ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 66.

²⁰⁶ Vgl. Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012), S. 100 f.

²⁰⁷ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 165.

²⁰⁸ Vgl. Henke, M. et al. (2012), S. 8.

²⁰⁹ Vgl. Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012), S. 97.

²¹⁰ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 206.

²¹¹ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 67.

auf Unterbrechungen in der Lieferkette durch schnelle Produkt-Rekonfigurationen reagiert werden²¹².

Neben den unterschiedlichen Aspekten der Flexibilität ist auch die **Reaktions-** beziehungsweise **Umsetzungsgeschwindigkeit** entscheidend, wenn es um eine Verbesserung der Agilität geht. Wie der Name schon sagt, handelt es sich dabei um die benötigte Zeit zur sicheren Umsetzung der Änderungen im Unternehmen und dessen Umfeld. Vor allem die Wiederbeschaffungs- und Auslieferzeit an den Kunden haben Einfluss auf diese Größe. Die Problematik der raschen Wiederbeschaffungszeit von Gütern und Dienstleistungen bestätigt auch die bereits oben erwähnte Studie der *BVL* und des *BMEs*. Dieser zufolge sind 22 % der befragten Führungspositionen damit unzufrieden.²¹³ Wenn ein unvorhersehbares Ereignis eintritt, muss ein Unternehmen zum einen die Problematik schnellstmöglich erkennen und zum anderen mit effektiven Maßnahmen darauf reagieren können²¹⁴. Je schneller die Erkennungs- und Reaktionszeit ist, desto mehr können sich Unternehmen beispielsweise von Mitbewerbern mit ähnlicher Problematik abheben. Darüber hinaus sind **kurze Durchlaufzeiten** von Gütern und Dienstleistungen der Schlüssel zu einer agilen und resilienten Lieferkette²¹⁵.

Aber auch die **Erkenntnisfähigkeit** gegenüber Technologietrends, Entwicklungen am Markt und wechselnden Kundenpräferenzen ist von enormer Bedeutung, wenn eine agile Supply Chain gewünscht ist. Nur wenn frühzeitige Trends in diesen Bereichen zum Beispiel durch kompetente **Marktforschung** erkannt beziehungsweise identifiziert werden, kann in Folge auch darauf reagiert werden.²¹⁶

2. Transparenz

Eine weitere Strategie zur Steigerung der Resilienz ist die Schaffung von Transparenz über die gesamte Lieferkette hinweg. Ziel sollte es sein, nicht nur die eigenen Produktionsprozesse zu kennen, sondern eine vollständige Übersicht über die ganze Supply Chain, sprich beispielsweise auch über Zulieferer und Transportdienstleister zu haben. Dazu bedarf es einer umfassenden **Sichtbarkeit** der Lieferkette, die auf einem **Informationsaustausch** aller Beteiligten basiert²¹⁷. Sichtbare Prozesse und Kommunikation innerhalb der Supply Chain reduzieren das Risiko von Störungen und steigern im gleichen Zug die Kundenzufriedenheit sowie Servicequalität. Eine entscheidende Rolle spielt in diesem Zusammenhang auch die Bestandstransparenz. Hierzu muss die Menge an Beständen bekannt und der Status von Lieferungen und Sendungen jederzeit abrufbar sein. Neben der Bestandstransparenz ist auch die Transparenz über Warenströme ein zentrales Thema, um die **Reaktionsfähigkeit** und in Folge die Resilienz zu erhöhen. Durch die lückenlose Verfolgung der Waren können Auswirkungen auf nachgelagerte Stufen im Supply Chain Netzwerk vermieden beziehungsweise gezielte Maßnahmen bei Störungen gesetzt werden. Wenn der Kunde

²¹² Vgl. Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012), S. 97–99.

²¹³ Vgl. Henke, M. et al. (2012), S. 12.

²¹⁴ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 91; vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 29.

²¹⁵ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 206.

²¹⁶ Vgl. Henke, M. et al. (2012), S. 14.

²¹⁷ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 209.

beispielsweise über Verspätungen in Kenntnis gesetzt wird, kann dies zwar die Verspätung nicht wettmachen, jedoch das Vertrauensverhältnis stärken.²¹⁸ Jegliche Abweichungen von der erwarteten Lieferkettenperformance müssen in Echtzeit an Manager kommuniziert werden, damit diese darauf in angemessener Weise reagieren können²¹⁹.

Da das Zusammenspiel beziehungsweise die Kooperation der einzelnen Glieder der Supply Chain von enormer Bedeutung in diesem Zusammenhang ist, kommt es zu **Kollaborationen** in verschiedenen Varianten zwischen den Akteuren. Darunter versteht man die Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern beispielsweise in Form von informellen Diskussionen über kollaborative Planungen hin zu strategischen Allianzen.²²⁰ Um dies zu gewährleisten, müssen alle Beteiligten Informationen untereinander austauschen und weitergeben²²¹. Wenn die Kommunikation und Transparenz nicht in ausreichender Form gegeben sind, wird ein Bullwhip-Effekt (=Peitscheneffekt) ausgelöst. Darunter versteht man Nachfrageschwankungen entlang mehrstufiger Lieferketten verursacht durch mangelnden Informationsaustausch oder Abstimmungsprobleme auf einzelnen Ebenen²²².

Die Umsetzung von Kollaborationen erfordert ein hohes **Maß an Vertrauen unter den Akteuren**²²³. Häufig werden aufgrund des Rufs des Unternehmens Annahmen getätigt beziehungsweise Entscheidungen für eine Zusammenarbeit getroffen. Eine gute Vertrauensbasis wird erst durch langjährige Handelsbeziehungen erreicht. Zur Entscheidungsunterstützung der Auswahl der Partner für Kollaborationen können Bewertungen über mögliche Lieferanten oder Überwachungen der Performance über einige Perioden hinweg durchgeführt und herangezogen werden.²²⁴

3. Supply Chain Sicherheit/Schutz

Bei der Strategie Supply Chain Sicherheit/Schutz geht es hauptsächlich um das Vorhandensein diverser Backups im Falle einer Störung der Lieferkette. Durch Sicherheitsbestände oder Kapazitätsabsicherungen ist es möglich, in nachgelagerten Stufen trotz Unterbrechungen weiterarbeiten zu können. Durch den **Aufbau von einem Sicherheitsbestand** können beispielsweise Schwankungen zwischen Angebot und Nachfrage ausgeglichen, Engpässe reduziert und eine Bedarfsunterdeckung vermieden werden²²⁵. Ein Puffer in jeder Wertschöpfungsstufe hilft dabei, die jeweiligen Risiken enorm zu reduzieren. Die Problematik dieser Zwischenspeicherung liegt aber darin, dass sie hohe Lagerhaltungskosten verursacht und viel Kapital bindet. Aus diesem Grund gilt es, die Balance zwischen hohem und niedrigem Bestand zu finden, sodass die Lagerhaltungskosten nicht explodieren und bei Störungen der Supply Chain aufgrund eines unvorhersehbaren Events noch flexibel reagiert werden kann. Die Verwendung des Sicherheitsbestands ist aber keine langfristige Lösung, da auch dieser begrenzt ist

²¹⁸ Vgl. Voß, P. H. (2015), S. 32 f.

²¹⁹ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 66.

²²⁰ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 207 f.

²²¹ Vgl. Voß, P. H. (2015), S. 33.

²²² Vgl. Elbert, R.; Scharf, K. (2015), S. 211.

²²³ Vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 66.

²²⁴ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 208.

²²⁵ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 160.

und somit nur zur Überbrückung dient²²⁶. Jedoch kann diese Zeit als Puffer genutzt werden, um fortführende Vorgehensmaßnahmen zu planen.²²⁷

Neben dem Sicherheitsbestand kann auch das **Zurückhalten von Kapazitäten** eine Möglichkeit sein, um bei Eintritt ungeplanter Ereignisse auf diese zurückgreifen zu können. Wie viel an Kapazitätsreserven nötig sind, hängt von der Eintrittswahrscheinlichkeit und Schwere des damit assoziierten Risikos ab²²⁸. Da das Kapazitätslimit bei Normalbedingungen nicht erreicht wird, gibt es in Ausnahmesituationen die Option, die Kapazität zu erhöhen beziehungsweise die Reserven zu aktivieren. Die Extrakapazitäten können beispielsweise in Form von zusätzlichen Schichten, kurzfristig zusätzlich gemieteten Produktionsstätten oder der Vergabe von Teilaufträgen realisiert werden. Auch hier gilt es, das Gleichgewicht zwischen den Kosten für die Bereitstellung der Kapazität und den erwarteten Kosten infolge kritischer Events zu finden. Der Handlungsspielraum für den Einsatz von Extrakapazitäten verringert sich, je näher am Tagesdatum der Bedarf erkannt wird. Damit steht diese Option in engem Konnex zur in *Abschnitt 2* behandelten Transparenz.²²⁹

Da die Informationstechnologie in sämtlichen Prozessen der Lieferkette heutzutage miteingebunden ist und der Trend zur Digitalisierung anhält, muss auch das **Informationssystem in Form eines Backups** verfügbar sein. Cyberattacken durch Hacker, Stromausfälle oder Softwarefehler können das Informationssystem lahmlegen und Lieferkettenunterbrechungen verursachen. Zu dessen Sicherung können beispielsweise Redundanzen von kritischen IT-Operationen eingesetzt werden, damit im Notfall darauf zugegriffen werden kann. Aber auch die vorübergehende oder langfristige Auslagerung von IT-Operationen an einen Drittanbieter stellt in diesem Zusammenhang einen Lösungsansatz dar.²³⁰

4. Planung

Wie bereits in der Risikomatrix in *Abbildung 8* dargestellt und beschrieben können bestimmte Ereignisse aufgrund ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Schwere der Folgen in bestimmte Kategorien eingeteilt und dementsprechend Maßnahmen getroffen werden. Unternehmen nutzen für ihre Planung Daten aus der Vergangenheit, um Aussagen für die Zukunft treffen zu können. Die Auswertung von **historischen Daten** kann demnach ein wichtiges Hilfsmittel sein, um etwaige Folgen wie beispielsweise falsche Analysen und Forecasts so gering wie möglich zu halten.²³¹ Hier spielt natürlich auch die **Qualität der Inputdaten** eine entscheidende Rolle, um eine aussagekräftige Auswertung zu erhalten und um diese anschließend in der Planung miteinbeziehen zu können. Eine verkaufsprozessbegleitende Softwarelösung wie zum Beispiel ein CRM- oder ERP-System kann bei der Beschaffung der Inputdaten als Unterstützung dienen²³².

²²⁶ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 31.

²²⁷ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 204 f.

²²⁸ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 161.

²²⁹ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 205.

²³⁰ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 33 f.

²³¹ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 27.

²³² Vgl. Kühnapfel, J. B. (2019), S. 37.

Einen weiteren Beitrag zur Resilienz von Lieferketten liefern **akkurate Bedarfsprognosen**. Diese sogenannten Forecasts gehören zu den Werkzeugen der Bedarfsplanung und sind bei geringer Prognosegenauigkeit oft Auslöser für Unstimmigkeiten in der Supply Chain. Gründe für ungenaue Absatzprognosen – also Abschätzungen der Verkaufsmengen des Unternehmens in der Planungsperiode - sind beispielsweise unerwartete äußere Einflüsse, fehlendes Fachwissen, Wahrnehmungsverzerrungen oder der falsche Umgang mit Eintrittswahrscheinlichkeiten²³³. Der Einsatz von formal quantitativen Prognosemethoden hilft dabei, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Prognosen zu verbessern und Risiken in der Bedarfsplanung zu reduzieren. Unerwartete äußere Einflüsse können aber auch diese Methoden nicht vorhersagen. Denselben Effekt genauerer und zuverlässigerer Prognosen lösen kürzer gewählte Planungshorizonte und Planungen auf weniger aggregierten Ebenen aus. Zudem können Forecasts verbessert werden, indem beispielsweise ein Mix aus Methoden angewandt und anschließend der Durchschnittswert als Ergebnis hergenommen wird. Aber auch ein Methodenwettbewerb oder eine kontinuierliche Kontrolle der Prognosepräzision führen zu genaueren Forecasts^{234, 235}.

Ergänzend dazu existieren Methoden aus dem Bereich *Predictive Analytics*, welche mittels Mustererkennung in großen Datenmengen eine Verbesserung des Forecast-Prozesses ermöglichen²³⁶. Viele Experten sehen in *Predictive Analytics*-Methoden großes Zukunftspotential, wenngleich diese auch bereits heute Anwendung in der Praxis finden. Der Studie „*Finance Excellence 2020*“ von der *Beratungsgesellschaft Horváth & Partner* zufolge haben 19 % der 120 befragten Geschäftsführer aus verschiedenen Branchen *Predictive Analytics* schon im Einsatz und weitere 39 % planen dessen Einführung²³⁷.

Abgesehen vom Einsatz formal quantitativer Prognoseverfahren verbessert sich die Bedarfsplanung durch eine engere **Kooperation zwischen Planung und Execution**. Da die Bedarfsplanung immer anspruchsvoller wird, ist die Synchronisation und Integration beider Funktionen wichtig. Je besser der Informationsaustausch funktioniert, desto mehr Risiken können abgewendet werden. Somit ist auch mit dieser Option ein Konnex zur in *Abschnitt 2* erwähnten Transparenz gegeben.²³⁸

Zusätzlich zur Planung können geeignete Maßnahmen – wenn nötig - auch zur Steuerung des Bedarfs ergriffen werden. Dies kann beispielsweise im Sinne von **dynamischer Preisgestaltung** oder **gezielter Werbung** erfolgen. Wenn ein bestimmtes Produkt nicht verfügbar ist, wird mittels Preisherabsetzung von ähnlichen Produkten oder Werbemaßnahmen der Fokus des Kunden auf verfügbare Produkte gelenkt.²³⁹ Somit ermöglicht die Beeinflussung des Kunden bei Auswahl seiner Produkte

²³³ Vgl. Kühnapfel, J. B. (2019), S. 7.

²³⁴ Vgl. Kühnapfel, J. B. (2019), S. 35 f.

²³⁵ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 162; vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 65.

²³⁶ Vgl. Meier, S., <https://www.springerprofessional.de/vertriebsplanung/vertriebssteuerung/viele-forecasts-sind-unpraezise/17843694> (Zugriff: 08.11.2021).

²³⁷ Vgl. Horváth & Partners (2017), S. 27–30.

²³⁸ Vgl. Waters, C. D. J. (2007), S. 162; vgl. Kouvelis, P. et al. (2012), S. 65.

²³⁹ Vgl. Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012), S. 103.

eine gewisse Kontrolle der Nachfrage im Falle von Unterbrechungen entlang der Lieferkette²⁴⁰.

5. Risikobewusstsein/Wissensmanagement

In dieser Dimension des Kritikalitätstools zur Gestaltung einer resilienten Supply Chain geht es um das Schaffen von Risikobewusstsein für alle Beteiligten entlang der Supply Chain und die Implementierung eines Wissensmanagements. Dazu gehört beispielsweise das **Lernen aus Störungen der Vergangenheit**, um für zukünftige Events besser vorbereitet zu sein²⁴¹. Dabei sollen sowohl eigene als auch fremde Erfahrungen aus der Vergangenheit genutzt werden. Die bewusste und aufmerksame Betrachtung von Risiken gibt die Möglichkeit, potenzielle Events oder Situationen bereits in frühen Stadien erkennen zu können²⁴². Zur permanenten Weiterentwicklung und Steigerung dieses Risikobewusstseins der Angestellten und Mitarbeiter sind **Trainings und Schulungen** über Sicherheit und Risiken im Liefernetzwerk erforderlich²⁴³.

Da der Faktor Wissen infolge der Globalisierung immer mehr an Bedeutung gewinnt, um im nachhaltigen Wettbewerb Schritt halten zu können, haben sich verschiedene Institutionen für die Einführung und **Implementierung eines Wissensmanagements** entschieden. Darunter versteht man die Verfügbarkeit, Nutzung, Entwicklung und Absicherung des notwendigen Wissens und der erforderlichen Kompetenz zur Erreichung der strategischen und operativen Ziele eines Unternehmens. Die Intention besteht darin, aus Informationen und Kompetenzen Wissen zu generieren, um diese im Wettbewerb als Vorteile nutzen zu können. Mithilfe des Wissensmanagements sind beispielsweise plötzliche Marktveränderungen, kürzere Produktlebenszyklen oder Individualisierungswünsche leichter zu handhaben. Das Wissensmanagement hilft zudem die Risiken, die mit der stetig steigenden Mitarbeiterfluktuation in Unternehmen natürlicherweise einhergehen, abzufedern. Allerdings macht es nicht zwangsläufig an den Unternehmensgrenzen halt. In einer ganzheitlich ausgeprägten Form bezieht es mehrere Know-how-Träger mit ein und ermöglicht durch den Informationsaustausch mit Lieferanten und Kunden einen Mehrwert an Wissen. Zum Beispiel können durch den Transfer von „**Best Practices**“ Produktivität und Qualität der Organisation gesteigert werden.²⁴⁴

Zu guter Letzt benötigt es auch eine Sensibilisierung der Mitarbeiter bezüglich der Wichtigkeit korrekter und aktueller Daten als elementare Basis für jegliche Planungsaktivitäten. Vor allem der **Wert und die Genauigkeit der Information** spielt eine entscheidende Rolle, wenn es um die Reaktion auf potenzielle Störungen geht. Inakkurate Informationen können den finanziellen Vorteil des bisherigen Wissens abschwächen und zu einer negativen Performance führen. Aber auch die Beschaffung von präzisen Störungsinformationen gestaltet sich in der Realität sehr schwer und hat

²⁴⁰ Vgl. Faisal, Mohd. N. (2009), S. 46.

²⁴¹ Vgl. Gurnani, H. et al. (2012), S. 45.

²⁴² Vgl. Khojasteh, Y. (2017), S. 16.

²⁴³ Vgl. Güller, M.; Henke, M. (2017), S. 79.

²⁴⁴ Vgl. North, K. (2016), S. 1–3.

ihren Preis. Aufgrund dessen muss zwischen dem Genauigkeitsgrad und Wert der Störungsinformationen und den dafür aufgewendeten Kosten abgewogen werden.²⁴⁵

Nachdem die einzelnen Dimensionen des Kritikalitätstools zur Steigerung der Resilienz ausführlich beschrieben wurden, stellt nachstehende *Abbildung 13* nochmals die Maßnahmen und Strategien zur Umsetzung zusammengefasst dar.

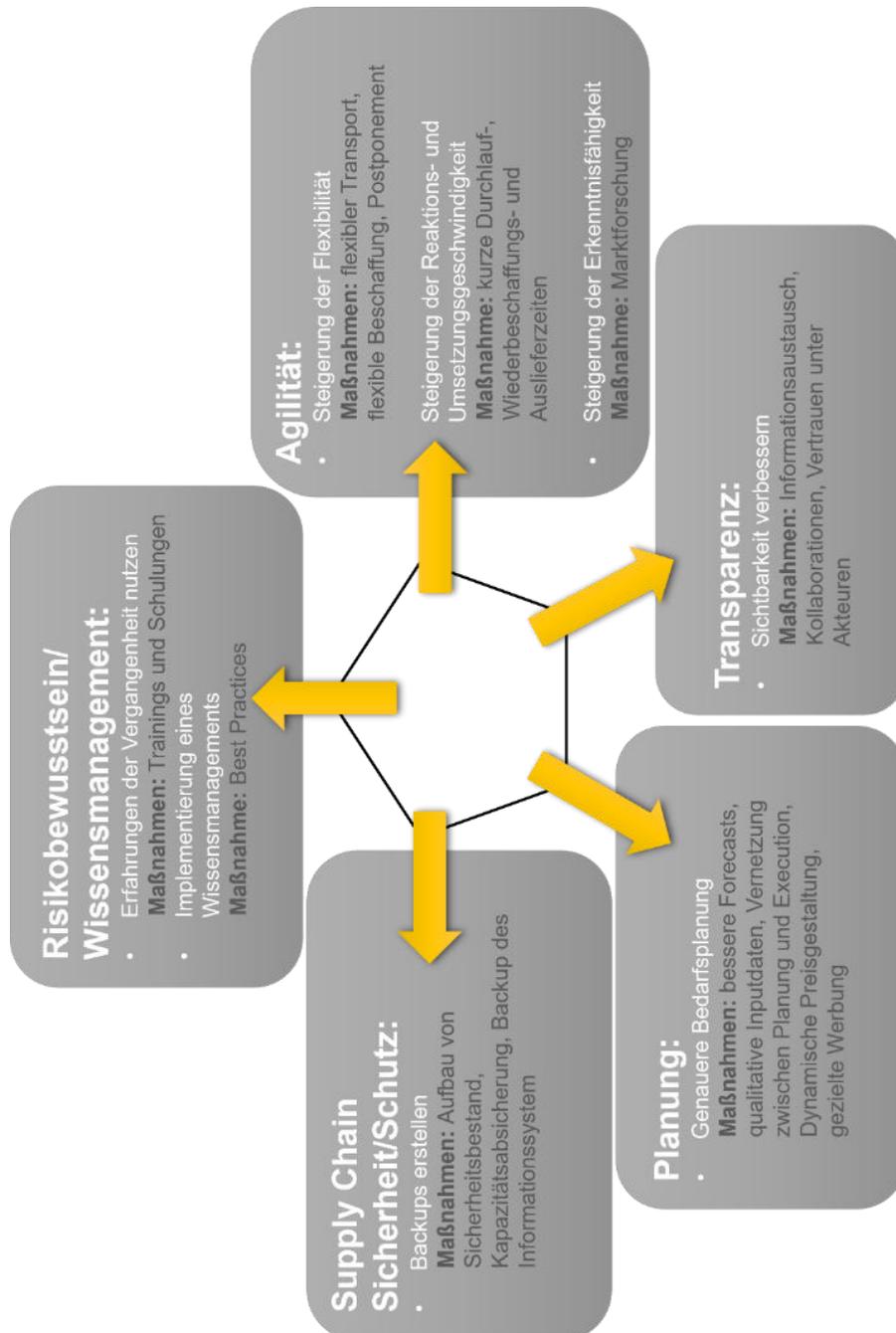


Abbildung 13: Dimensionen des Kritikalitätstools inklusive Maßnahmen und Strategien zur Umsetzung²⁴⁶

²⁴⁵ Vgl. Li, Y. et al. (2017), S. 191 f.

²⁴⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Das Kritikalitätstool liefert mit seinen Strategien die Grundlage für darauf aufbauende Simulationen in einer geeigneten Softwareumgebung. Hierzu werden im *Kapitel 5* beziehungsweise Praxisteil der Arbeit Mini-Szenarien betrachtet und die Belastbarkeit von Lieferketten simuliert.

5 Praxisteil – Simulation der Belastbarkeit von Lieferketten

Während die bisherigen Kapitel die Theorie näher beleuchteten, wird in diesem Abschnitt der vorliegenden Masterarbeit der praxisbezogene Teil abgehandelt. Ziel des Praxisteils ist die Durchführung von Simulationen verschiedener Mini-Szenarien, um die Belastbarkeit von Lieferketten zu testen beziehungsweise die im Theorieteil aufgezeigten Strategien zu verifizieren. Da die Simulationen im Rahmen einer Software der *scc EDV-Beratung AG* durchgeführt werden, folgt im Anschluss an diesen einleitenden Abschnitt eine kurze Vorstellung des Unternehmens selbst und ein Überblick über dessen Dienstleistungen. Danach werden die Methodik und das verwendete Softwareprogramm für die Simulation der Szenarien erläutert. Ausgehend von einer bestimmten Situation erfolgt das Durchspielen ausgewählter Szenarien und die Präsentation der Ergebnisse. Im Zuge der Diskussion werden Ergebnisse aus der Theorie und der Praxis verglichen und abschließend eine Handlungsempfehlung abgegeben.

5.1 Kurze Unternehmensvorstellung

Die *scc EDV-Beratung Aktiengesellschaft* wurde 1997 von innovativen IT-Experten gegründet und ist auf *SAP*-Lösungen und *SAP*-nahe Dienstleistungen spezialisiert²⁴⁷. Unter einem *SAP*-System (*Systemanalyse Programmentwicklung*) versteht man eine Unternehmenssoftware zur Steuerung von Geschäftsprozessen. Laut *SAP Österreich GmbH* laufen 77 % des weltweiten Handelsvolumens bereits über *SAP*-Systeme. Damit ist das Unternehmen Marktführer bei Unternehmenssoftware und beschäftigt rund 105.000 Mitarbeiter international.²⁴⁸ Als führender Partner der *SAP* in Österreich hat sich *scc* zum Ziel gesetzt, auf kundenindividuelle Anforderungen einzugehen und spezielle *IT*-Lösungen zu implementieren²⁴⁹. Kundenspezifische Lösungen werden dabei für folgende Bereiche bereitgestellt²⁵⁰:

- Supply Chain Management & Logistics Services;
- Industrie 4.0/Smart Production;
- Customer;
- Financials;
- Corporate Planning & Integrated Reporting;
- Digitalisation & Archiving;
- Human Capital Management.

²⁴⁷ Vgl. *scc EDV-Beratung AG*, <https://www.scc.at/ueber-scc/ueber-uns> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁴⁸ Vgl. *SAP Österreich GmbH*, <https://www.sap.com/austria/about/company/what-is-sap.html> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁴⁹ Vgl. *scc EDV-Beratung AG*, <https://www.scc.at/ueber-scc/ueber-uns> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵⁰ Vgl. *scc EDV-Beratung AG*, <https://www.scc.at/solutions> (Zugriff: 17.11.2021).

Neben den Business Solutions bietet scc zur Implementierung und zum Betrieb von IT-Lösungen nachstehende Services an:²⁵¹

- SAP S/4 HANA;
- Enterprise Integration;
- Software-Engineering;
- Training & Education;
- Application Service;
- SAP-Basisberatung & -Betriebsunterstützung.

Beide - Business Solutions und Solution Services - sind in *Abbildung 14* mit ihren dazugehörigen Funktionen und bereitgestellten Dienstleistungen visualisiert.



Abbildung 14: Kundenspezifische Lösungen und Dienstleistungslösungen der scc EDV-Beratung AG²⁵²

Die Abkürzung beziehungsweise der Name scc verkörpert die Philosophie des Unternehmens, welche auf einer lösungsorientierten Beratung basiert:

- **Solution;**
- **Centered;**
- **Consulting.**

Von der Beratung und Konzeption, über die Realisierung und den Support bis hin zur Technik und dem Handel sind Spezialisten der scc mit ihrem Fachwissen in IT-Projekten involviert. Mit Standorten in Wien, Graz, Linz und Bukarest ist das Unternehmen zwar größtenteils in Österreich, aber auch mit einigen Projekten weltweit tätig. Die Begleitung und Unterstützung bei Rollouts sowie die Realisierung von IT-Projekten bilden die Haupttätigkeiten des führenden heimischen SAP-Beratungsunternehmens. Mit der

²⁵¹ Vgl. scc EDV-Beratung AG, <https://www.scc.at/solutions> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵² Quelle: scc EDV-Beratung AG, <https://www.scc.at/solutions> (Zugriff: 17.11.2021).

Gründung der Tochterunternehmen *HR Force EDV-Beratung GmbH* im Jahr 1999 und der *CrossIT* im Jahr 2004 wird das Portfolio der *scc* mit Personalwirtschaftslösungen, Basistechnologien und einem Service Center ergänzt. Insgesamt beschäftigt das Unternehmen derzeit ca. 260 Berater, die Kunden aus verschiedensten Branchen in beauftragten Projekten unterstützen.²⁵³

5.2 Methodik

Wie bereits erwähnt werden im Praxisteil Simulationsläufe durchgeführt, um die Resilienz von Supply Chains anhand des Durchspielens ausgewählter Szenarien zu prüfen. Dazu bedarf es im Vorfeld der Schaffung und Implementierung einer gewissen Ausgangslage, anhand der anschließend fortführende What-If Analysen durchgeführt werden. Zur Bewerkestellung des Ausgangszustandes werden Stammdaten angelegt und in das angewandte Tool geladen. Im Zuge der Simulation wird die Lieferkette unterschiedlichen Rahmenbedingungen beziehungsweise Umwelteinflüssen ausgesetzt und die jeweiligen Reaktionen analysiert. Anschließend wird die Supply Chain durch Anwendung geeigneter Maßnahmen einer ausgewählten Strategie des Kritikalitätstools abermals auf ihre Belastbarkeit getestet. Daraus sollen Schlüsse über die im Theorieteil herausgearbeiteten Strategien gezogen werden. Die Simulation dient dazu, das Verhalten der Lieferkette unter bestimmten Einflüssen zu eruieren und mögliche Auswirkungen bei Eintritt bestimmter Ereignisse zu veranschaulichen. Angesichts der aktuellen Entwicklungen rund um *Covid-19*, der fortschreitenden Globalisierung und dem Klimawandel sind Unternehmen stets gefordert, richtige Entscheidungen zu treffen. Aus diesen Gründen wird anhand von verschiedenen realitätsbezogenen Herausforderungen für Unternehmen versucht, passende Strategien anzuwenden. Ziel ist die Prüfung der resilienzsteigernden Maßnahmen des Theorieteils auf ihre Wirksamkeit.

Für diese Simulation wird **SAP Integrated Business Planning (SAP IBP)** verwendet. Dies ist ein cloudbasiertes Planungssystem mit vielfältigen Planungs- und Optimierungsfunktionen für die gesamte Lieferkette. Die Planung erfolgt dabei mittels Microsoft Excel Benutzeroberfläche und Fiori-basierten Web UIs. *SAP IBP* kombiniert folgende Module in einem Planungssystem:²⁵⁴

- die strategische und taktische Entscheidungsfindung (*Sales and Operation Planning*);
- die statistische Prognose und Bedarfsplanung (*Forecasting and Demand*);
- die mehrstufige Bestandsoptimierung (*Inventory*);
- mehrstufig optimierte Beschaffungspläne und kurzfristige Terminzusagen (*Response and Supply*);
- die bedarfsorientierte Wiederbeschaffung (*Demand Driven Replenishment*).

²⁵³ Vgl. *scc EDV-Beratung AG*, <https://www.scc.at/ueber-scc/ueber-uns> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵⁴ Vgl. *SAP Österreich GmbH*, <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning/features.html> (Zugriff: 17.11.2021).

Abbildung 15 stellt diese Module und ihre Verknüpfung zur *IBP*-Plattform dar. Mittels *Sales and Operation Planning* können produktivere und reaktionsschnellere Planungen durch Vereinheitlichung der Finanz- und Betriebsplanung, Förderung von Kollaborationen und die Abstimmung von Lagerbeständen, Servicelevels und Rentabilität durchgeführt werden. Zudem sind Simulationen von Nachfrage- oder Angebotsänderungen in Form von What-If Analysen möglich und gewährleisten den Vergleich untereinander. Grundsätzlich enthält die Lizenz für *Sales and Operation Planning* als sogenanntes Basismodul Standardfunktionen der vier Module *Demand*, *Inventory*, *Response and Supply* und *Demand Driven Replenishment*. Wenn aber spezifische Anforderungen in den jeweiligen Bereichen gewünscht sind, muss die Lizenz für das entsprechende Modul zusätzlich erworben werden. Konkret erlaubt das *Demand*-Modul Bedarfsprognosen auf Basis automatisierter statistischer Forecast-Prozesse und der Anwendung maschineller Lernalgorithmen. *Inventory* bietet zudem die Funktionalität einer mehrstufigen Optimierung der Lagerbestände durch robuste statistische Modelle und einem Prognosefehler-Management. Während *Response and Supply* eine Bedarfsdeckung durch effiziente Kapazitätsauslastung und das Festlegen genauer Bestandsziele ermöglicht, schafft das *Demand Driven Replenishment* ergänzend zu diesen Modulen mittels strategischen Entkoppelungspunkten und Bestandspuffern die Voraussetzung zur Kontrolle und Steuerung eines bedarfsorientierten Materialflusses der Lieferkette.²⁵⁵

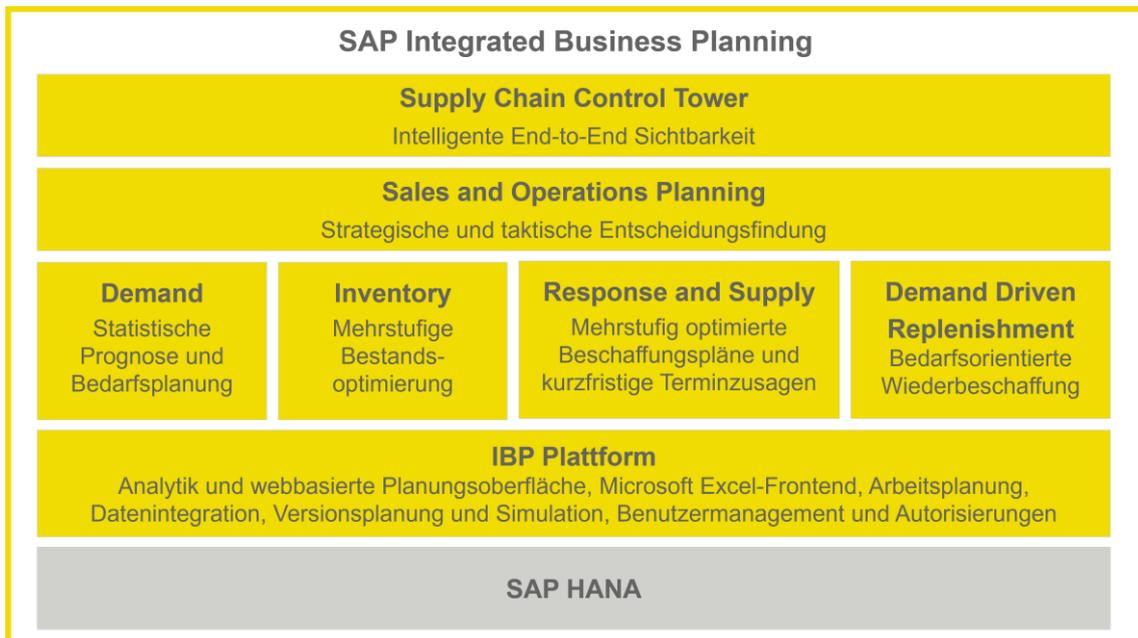


Abbildung 15: Überblick über SAP IBP Module²⁵⁶

Wie in *Abbildung 15* zu sehen, gibt es noch ein weiteres Modul in *SAP IBP* - den *Supply Chain Tower*. Bei Erwerb dieser Lizenz wird eine End-to-End Sichtbarkeit über alle Prozesse der Supply Chain durch die Vernetzung einzelner Unternehmen und deren

²⁵⁵ Vgl. SAP Österreich GmbH, <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning.html> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Informationsaustausch gewährleistet. Die *IBP*-Plattform ist automatisch bei der Beschaffung eines Moduls inkludiert und bringt vor allem im Hinblick auf Benutzeroberfläche und Design visuelle Reize mit sich.²⁵⁷

Alles in allem stellt *SAP IBP* die effiziente Abstimmung von Kundennachfrage- und Angebotsmengen in Form einer Echtzeit-Planung sicher und verbessert die Reaktionsfähigkeit von Unternehmen beispielsweise bei Marktschwankungen. Durch die Anwendung des Tools sind prozessübergreifende Businessentscheidungen auf Basis optimierter Pläne, die Erstellung abgestimmter Pläne für verschiedene Marktszenarien und damit auch die Simulation neuer Rahmenbedingungen möglich.²⁵⁸

Für den Praxisteil der vorliegenden Arbeit werden hauptsächlich die Module *Sales and Operation Planning* und *Response and Supply* sowie die *IBP*-Plattform für die Simulation und Implementierung der Szenarien verwendet. Das *SAP IBP Add-in* für Microsoft Excel dient als Hauptbenutzeroberfläche für den End-User und ermöglicht den Zugriff in Echtzeit auf das *IBP*-System direkt im Microsoft Excel. Darüber hinaus bietet das *Add-in* die Gelegenheit, Stamm- und Zeitreihendaten zu visualisieren und What-If Analysen durchzuführen. Um die Beziehungen zwischen den Standorten zu veranschaulichen und zu sehen, wo und wie sich Unstimmigkeiten auf die Lieferkettenleistung auswirken, wird zusätzlich die Applikation *Intelligent Visibility* des *Supply Chain Control Tower* genutzt.

5.3 Daten

Wie eingangs erwähnt sind Daten die Grundlage für die Gestaltung des benötigten Lieferkettennetzwerkes. Aus diesem Grund folgt im nachstehenden Abschnitt die Erläuterung des Lieferantennetzwerkes, das für die Simulation dieser Arbeit erforderlich und in *Abbildung 16* veranschaulicht ist.

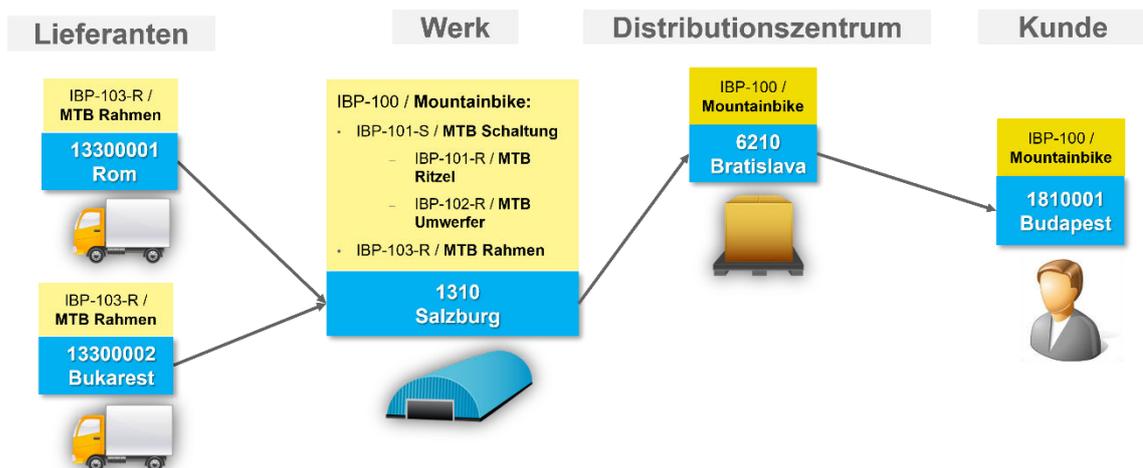


Abbildung 16: Supply Chain Netzwerk²⁵⁹

²⁵⁷ Vgl. SAP Österreich GmbH, <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning/features.html> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵⁸ Vgl. SAP Österreich GmbH, <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning.html> (Zugriff: 17.11.2021).

²⁵⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

5.3.1 Ausgangslage

Grundsätzlich wird die Simulation anhand der Lieferkette eines fiktiven Unternehmens namens *Bike4You GmbH* durchgeführt. Konkret handelt es sich dabei um einen österreichischen Fahrradhersteller mit Produktionsstandort in Salzburg. Das Produktportfolio des mittelständigen Unternehmens beinhaltet unter anderem Mountainbikes, welche europaweit verkauft und geliefert werden. Für die vorliegende Arbeit wird ausschließlich das Lieferkettennetzwerk des Mountainbikes betrachtet (siehe *Abbildung 16*). Außerdem werden zur Vereinfachung Komponenten wie die beiden Räder und Pedale, die Lenkstange oder der Sattel im Rahmen der Simulation außer Acht gelassen und somit nur die Schaltung und der Rahmen, wie in *Abbildung 17* dargestellt, beschaffungsseitig berücksichtigt.

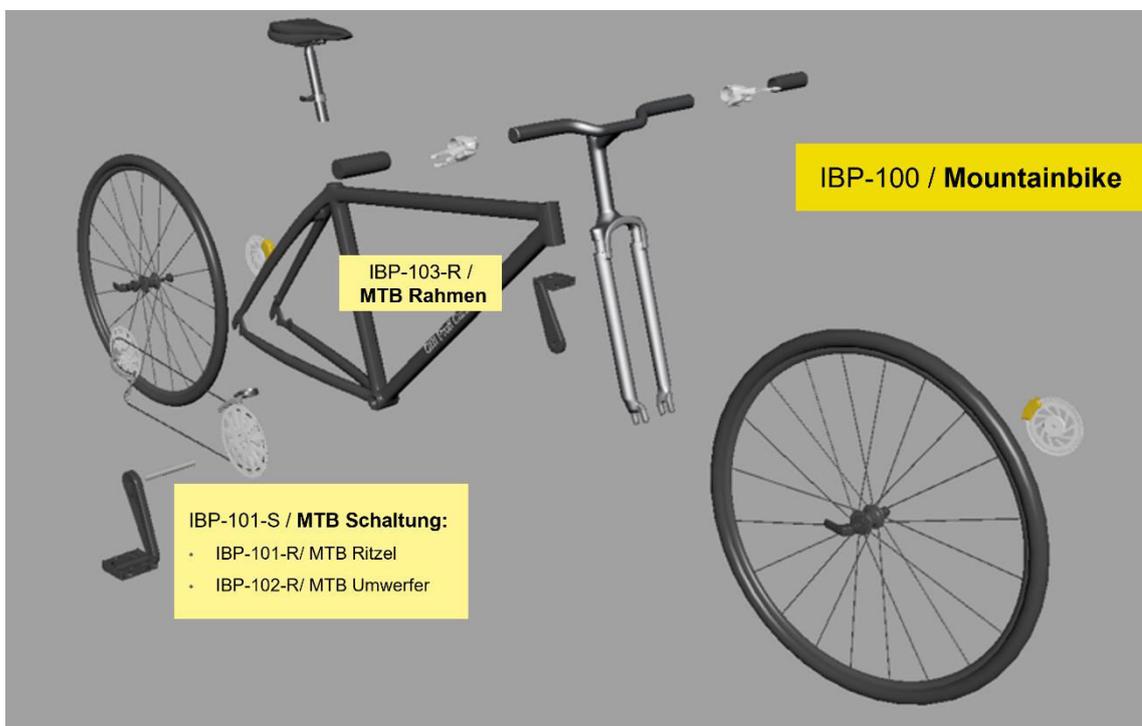


Abbildung 17: Relevante Komponenten des Mountainbikes²⁶⁰

Die Schaltung besteht zusätzlich aus zwei weiteren Bestandteilen - dem Ritzel und dem Umwerfer, welche beide intern gefertigt werden. Der Rahmen wird entweder von einem Lieferanten aus Rom oder Bukarest geliefert. Da die einzelnen Szenarien unabhängig voneinander sind, wird je nach gewünschter Optimierung der Zielfunktion entweder ein Lieferant im Zuge des Planungslaufs bevorzugt oder es werden Mengen von beiden bezogen. Nach Assemblierung der einzelnen Komponenten im Werk wird das fertige Mountainbike von Salzburg zum Distributionszentrum in Bratislava geliefert. Von dort aus erfolgt schließlich die Verteilung zum Kunden beziehungsweise Käufer. Zwischen den einzelnen Schritten in der Lieferkette liegt je eine Zeiteinheit, sprich eine Kalenderwoche.

²⁶⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

Um die wesentlichen Informationen der letzten Absätze zu bündeln, fasst *Tabelle 6* überblicksmäßig noch einmal die wichtigsten oben erwähnten Stammdaten, die in das *IBP*-System unter der angegebenen Gruppe und ID im Rahmen des Praxisteils der Arbeit eingepflegt wurden, zusammen.

Tabelle 6: Relevante Stammdaten zusammengefasst²⁶¹

Gruppe	Bezeichnung	Funktion	ID
Werk (Location)	Salzburg	Produktionswerk	1310
	Rom	Lieferant	13300001
	Bukarest	Lieferant	13300002
	Bratislava	Distributionszentrum	6210
Produkt (Product)	Mountainbike	Fertigprodukt	IBP-100
	Rahmen	Komponente 1	IBP-103-R
	Schaltung	Komponente 2	IBP-101-S
	Ritzel	Subkomponente 2.1	IBP-101-R
	Umwerfer	Subkomponente 2.2	IBP-102-R
Kunde (Customer)	Radsportverband Budapest	Käufer	18100001

Neben den laufenden Aufträgen wie zum Beispiel vom industriellen Kunden aus Deutschland bekommt der Fahrradproduzent Ende des Jahres 2021 unerwartet folgende Kundenanfrage:

Im Zuge einer Kampagne namens „Healthy Lifestyle“ hat es sich der ungarische Radsportverband zum Ziel gesetzt, vor allem Jugendliche wieder mehr für Sport zu begeistern. Aufgrund der verstärkten Gewichtszunahme bei Jugendlichen besonders während des *Corona*-Lockdowns ist der Radsportverband besorgt und möchte einen Anreiz zur Betreibung von Sport schaffen. Deswegen entschließt er sich spontan, einer bestimmten Anzahl von Jugendlichen ein Mountainbike zu sponsern unter der Voraussetzung, dass jene an der *Budapest Trophy* - einem bekannten Straßenradrennen - teilnehmen. Zur Ausstattung der Jugendlichen erteilt der Radsportverband der *Bike4You GmbH* einen Großauftrag von 1.000 Stück, die bis Ende März geliefert werden sollen.

Diese Ausgangslage dient als Basis für weitere Experimente innerhalb der Lieferkette, um zu sehen, wie die Supply Chain auf bestimmte Rahmenbedingungen reagiert. Die Experimente werden in Form von verschiedenen Szenarien in den folgenden Abschnitten durchgespielt. Ziel ist es, die herausfordernden Rahmenbedingungen mit Resilienzsteigernden Maßnahmen zu bewältigen. Zudem soll beleuchtet werden, inwiefern die Verfolgung einer Strategie zu Auswirkungen im Kritikalitätstool auch in anderen Dimensionen führt.

²⁶¹ Quelle: Eigene Darstellung.

5.3.2 Szenario 1 – geplanter Shutdown

Die Geschäftsführung der *Bike4You GmbH* plant aufgrund von Neuerungen in der Fertigung einen zweiwöchigen Shutdown der Produktion in der achten und neunten Kalenderwoche im Jahr 2022. Trotz des Produktionsstopps setzt sich das Unternehmen zum Ziel, seine Kunden pünktlich zu beliefern. Zu den regelmäßigen Aufträgen soll auch jener des ungarischen Radsportverbandes berücksichtigt und erfüllt werden.

Dazu bittet die Geschäftsführung die Supply Planung das Szenario zu simulieren, um zu sehen, ob Handlungsbedarf besteht.

Tabelle 7: Überblick über relevante Kennzahlen²⁶²

Kennzahl	Einheit	Erläuterung
<i>Consensus Demand</i>	Stück	Angeforderte oder prognostizierte Nachfrage nach einem Kundenprodukt
<i>Total Customer Receipts</i>	Stück	Gesamtmenge der pünktlich und verspätet gelieferten Kundenaufträge
<i>Dependent Demand</i>	Stück	Summe aller abhängigen Bedarfe (Kunden-, Standort- und Produktionsbedarf) für das Standortprodukt
<i>Net Demand</i>	Stück	Nachfrage, die für ein Standortprodukt befriedigt werden muss
<i>Supply</i>	Stück	Umfasst die Transport-, Kunden- und Komponentenversorgung
<i>Projected Stock</i>	Stück	Bestand an einem Standort, der am Ende einer Periode voraussichtlich vorhanden sein wird, wenn alle Zugänge und Lieferungen wie geplant eintreffen
<i>Production Receipts</i>	Stück	Eingänge eines Ausgangsprodukts nach einer Produktionsversorgungsquelle
<i>Capacity Supply</i>	Stück/ Schicht	Verfügbare Kapazität einer Ressource pro Periode
<i>Capacity Demand of Production Resource</i>	Stück/ Schicht	Kapazität, die benötigt wird, um die Nettonachfrage nach einem Standortprodukt zu produzieren
<i>Capacity Usage of Production Resource</i>	Stück/ Schicht	Kapazitätsangebot einer Ressource, die bei der Herstellung eines Produkts verbraucht wird
<i>Capacity Utilization</i>	Prozent	Kapazitätsauslastung
<i>Number of Products planned by Resource</i>	Anzahl	Anzahl geplanter Produkte nach Ressource

²⁶² Quelle: Eigene Darstellung.

Zur Visualisierung des Szenarios wird das *Add-in* von Microsoft Excel herangezogen, da es mit seinem Frontend sehr übersichtlich gestaltet ist. Zum besseren Verständnis sind vorab die wichtigsten Kennzahlen in der obenstehenden *Tabelle 7* erläutert.

Ergebnis ohne Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

Zuerst wird das Szenario des geplanten Shutdowns ohne die Anwendung resilienzsteigernder Maßnahmen betrachtet und ein Optimierungslauf mit den entsprechenden Beschränkungen durchgeführt. Durch den zweiwöchigen Produktionsstopp der *Bike4You GmbH* unmittelbar vor Einplanung des Kundenauftrages für den ungarischen Radsportverband kann die Nachfrage - wie in *Abbildung 18* zu sehen ist – laut Ergebnis des Planungslaufes nicht vollständig erfüllt werden. Anstatt der benötigten 1.000 Stück können bis Anfang April 2022 lediglich 600 Bikes geliefert werden. Davon erreichen den ungarischen Kunden 300 Stück in der geplanten Woche und weitere 300 werden mit einer Verspätung von zwei Wochen geliefert.

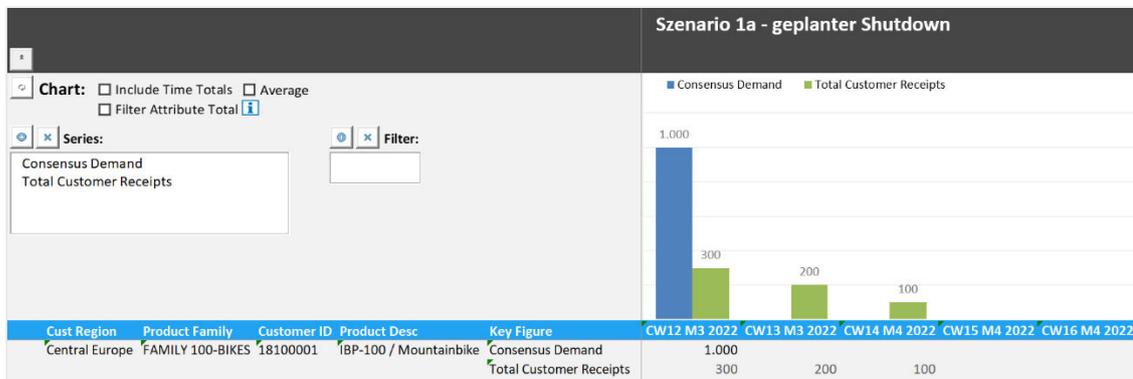


Abbildung 18: Kundenbedarf vs. pünktlich/verspätet gelieferte Kundenaufträge im Einschichtbetrieb²⁶³

Bei näherer Betrachtung der Produktionssicht (siehe *Abbildung 19*) ist zu erkennen, dass in der achten und neunten Kalenderwoche des Jahres 2022 aufgrund des Shutdowns die kapazitiv möglichen wöchentlichen 600 Stück nicht produziert werden können.

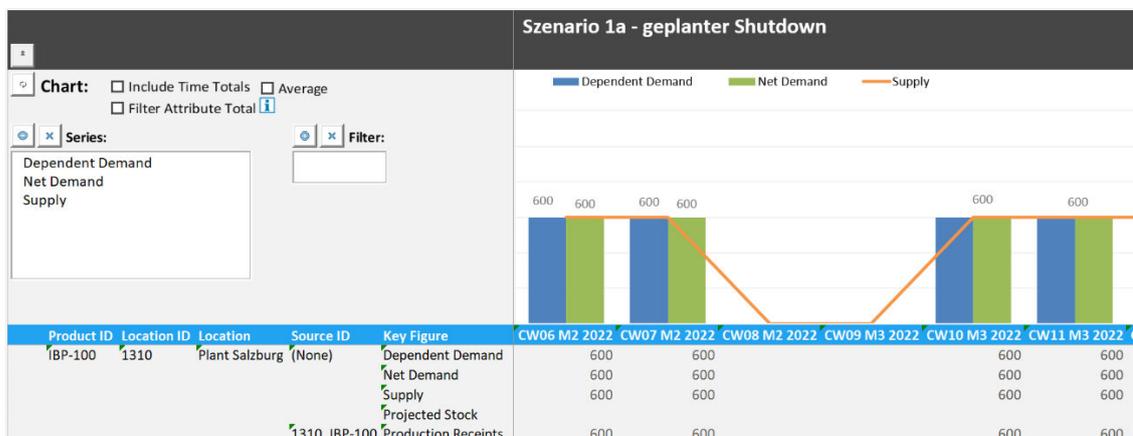


Abbildung 19: Produktionssicht im Einschichtbetrieb²⁶⁴

²⁶³ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁶⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

Dementsprechend ist auch in der Kapazitätssicht in *Abbildung 20* keine Kapazität in diesen beiden Wochen verfügbar. Im Normalbetrieb wird einschichtig produziert und es können 600 Mountainbikes pro Woche gefertigt werden. Da die Kapazität im Einschichtbetrieb zu 100 % ausgelastet ist, ist eine kapazitive Steigerung ohne Überstunden im Normalbetrieb sowie eine Deckung des Kundenbedarfs nicht möglich.

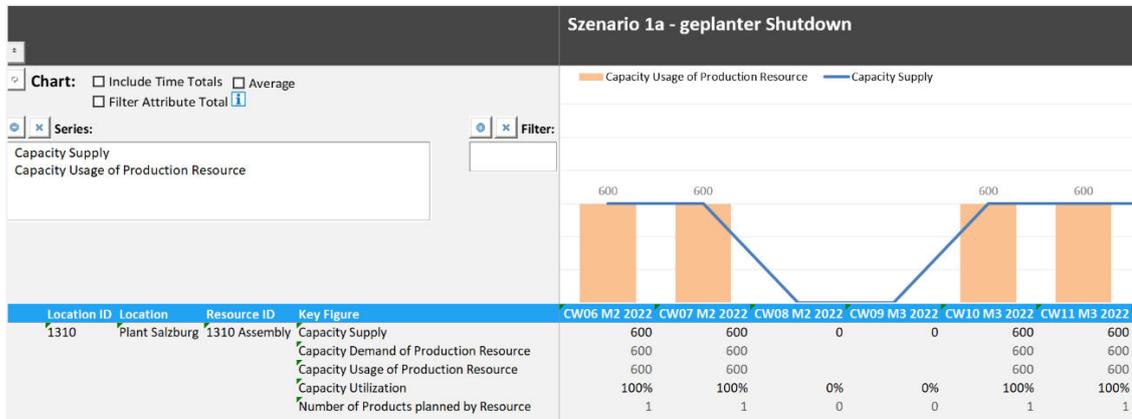


Abbildung 20: Kapazitätssicht im Einschichtbetrieb²⁶⁵

Neben dem *Add-in* bietet die *Intelligent Visibility*-App eine Übersicht über das gesamte Liefernetzwerk und zeigt, wo es Probleme in der Supply Chain gibt. Mittels eines Alerts (=Warnung) wird der User auch ohne Betrachtung des *Add-ins* von Microsoft Excel auf die Problematik aufmerksam gemacht (siehe *Abbildung 21*).

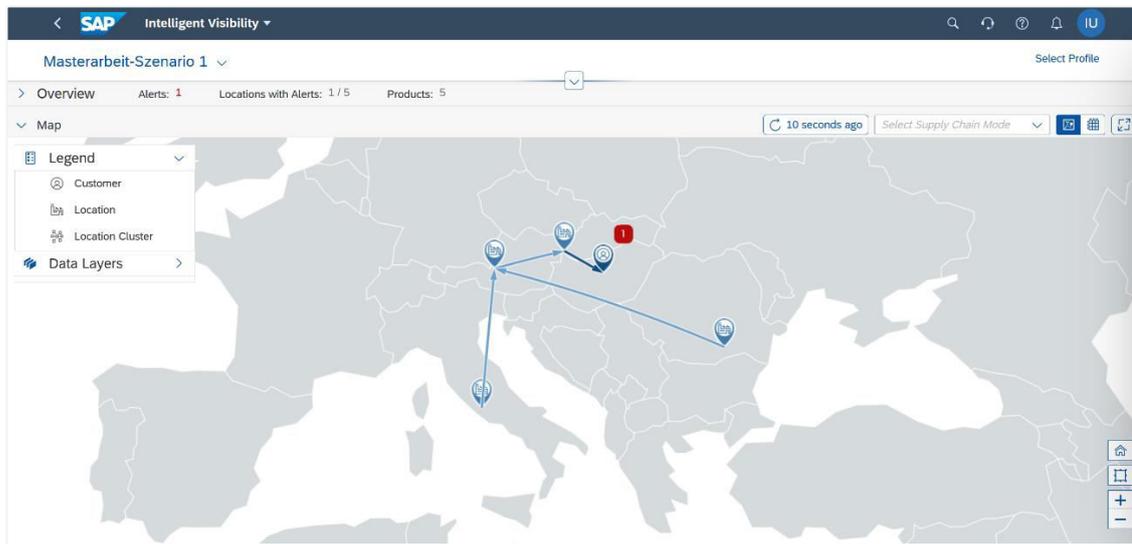


Abbildung 21: Alerts im Supply Chain Netzwerk²⁶⁶

Im Falle des ersten Szenarios weist ein Alert beim Kunden in Budapest auf einen möglichen Engpass hin. Bei detaillierter Betrachtung der Warnung – dargestellt in *Abbildung 22* - ist zu erkennen, dass in der zwölften Kalenderwoche im März 2022 der Kundenbedarf an Mountainbikes nicht erfüllt werden kann. Von den 1.000 benötigten

²⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁶⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Bikes sind in der betreffenden Woche nur 300 Stück verfügbar. Diese Information ist auch aus der *Abbildung 18* zu entnehmen, die zusätzlich zeigt, wie viele Stück in den darauffolgenden Wochen noch geliefert werden können.

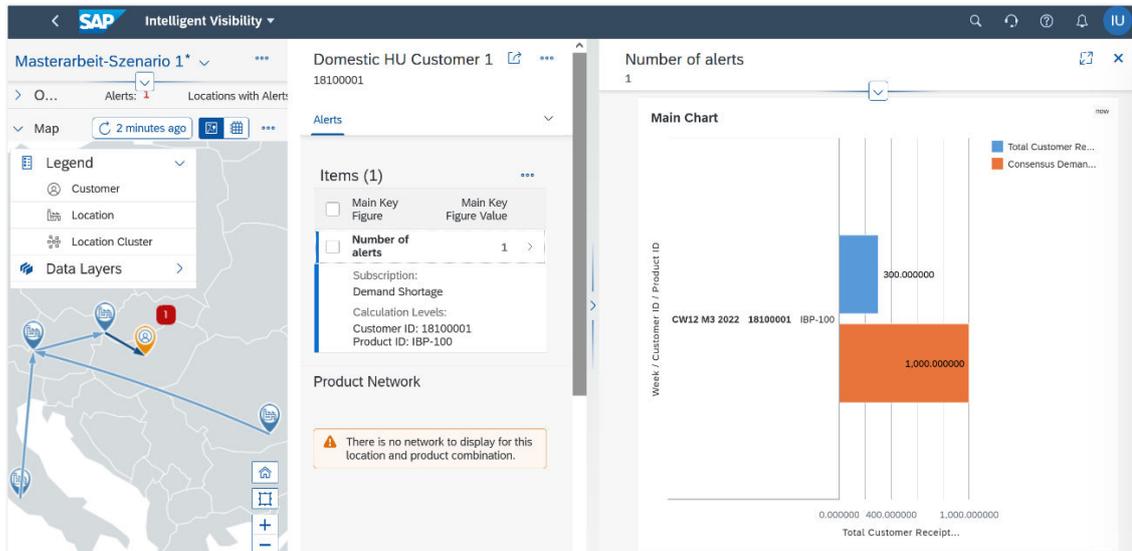


Abbildung 22: Erläuterung der Warnung²⁶⁷

Der Geschäftsführung gefällt die Idee der „Healthy Lifestyle“ Kampagne und darum ist sie gewillt, diese auch zu unterstützen. Dass nur 600 von den 1.000 Stück nach Ungarn geliefert werden können, stellt die Unternehmensleitung keineswegs zufrieden. Sie entschließt sich Maßnahmen zu setzen, damit alle Aufträge erfüllt werden können und bittet wiederum die Supply Planung das Szenario zu simulieren.

Ergebnis unter Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

Die Supply Planung der *Bike4You GmbH* schlägt dazu vor, die Kapazitäten vor dem Shutdown zu erhöhen und statt einschichtig für zwei Wochen zweischichtig zu produzieren. Pro Woche sollen nun 1.200 Stück gefertigt werden (siehe *Abbildung 23*). Basierend auf diesem Vorschlag wird abermals ein Optimierungslauf durchgeführt.

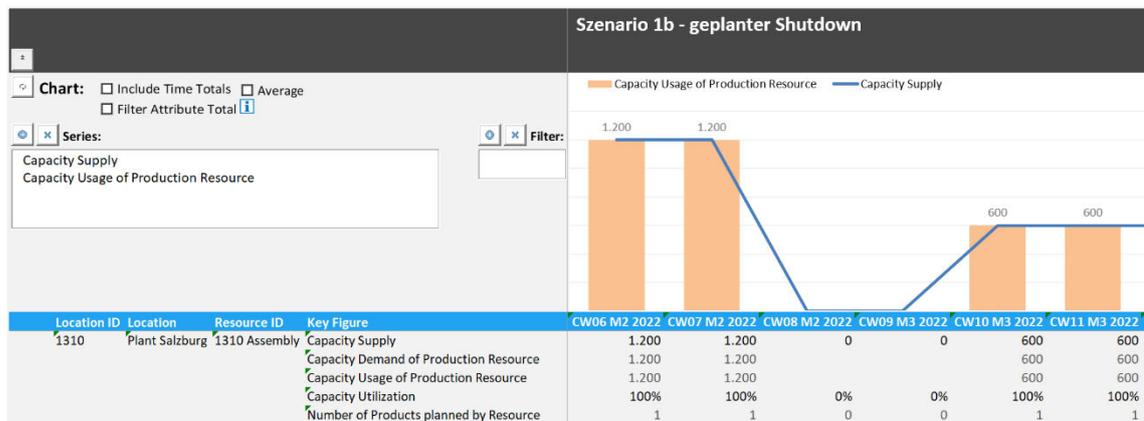


Abbildung 23: Kapazitätssicht mit Zweischichtauslastung vor dem Shutdown²⁶⁸

²⁶⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁶⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Ziel der Supply Planung ist es, durch die flexible Gestaltung der Kapazitätsauslastung vor dem Shutdown den unerfüllten Kundenaufträgen entgegenwirken zu können. In der Produktionssicht in *Abbildung 24* ist nach der Umstellung auf den Zweischichtbetrieb zu sehen, dass in den beiden Wochen vor dem Shutdown der Überschuss in der Fertigung (*Projected Stock*) auf Lager gelegt wird. Dieser aufgebaute Lagerbestand dient dazu, den Produktionsstopp von Ende Februar bis Anfang März überbrücken zu können.

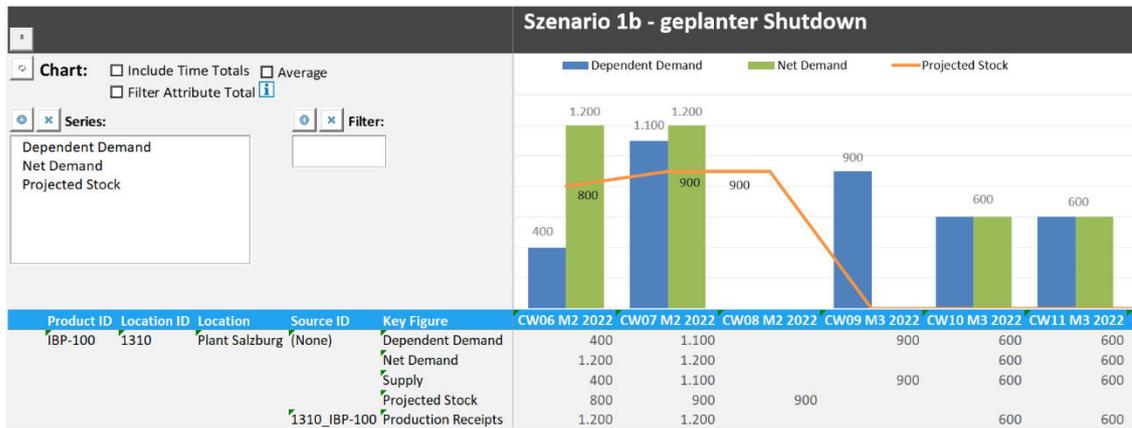


Abbildung 24: Produktionssicht im Zweischichtbetrieb vor dem Shutdown²⁶⁹

Wenn man nun abermals einen Blick auf die Ansicht der Kundenbedarfe vs. der pünktlich/verspätet gelieferten Kundenaufträge in *Abbildung 25* wirft, ist es nun möglich, die 1.000 Stück an Mountainbikes bis Ende März 2022 zu liefern.

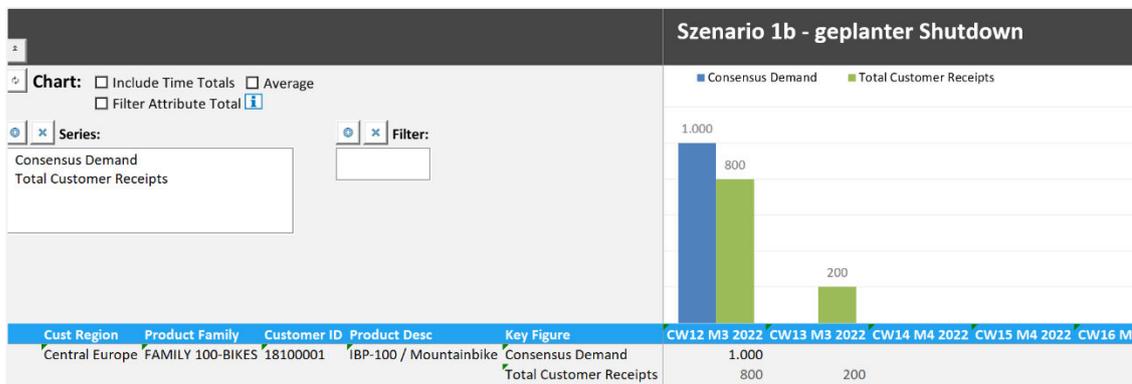


Abbildung 25: Kundenbedarf vs. pünktlich/verspätet gelieferte Kundenaufträge im Zweischichtbetrieb vor dem Shutdown²⁷⁰

Mit diesem Ergebnis ist die Geschäftsführung der *Bike4You GmbH* zufrieden, da neben dem Auftrag des ungarischen Radsportverbandes auch alle anderen erfüllt werden können. Durch die kapazitive Erhöhung und den Aufbau eines gewissen Lagerbestandes hat es die Supply Planung geschafft, die Herausforderung des Shutdowns zu bewältigen. Die Geschäftsführung kann nun anhand der Ergebnisse der Simulation Maßnahmen zugunsten des Unternehmens setzen.

²⁶⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung.

5.3.3 Szenario 2 – Naturkatastrophe

Die *Bike4You GmbH* benötigt für ihre Produktion der Mountainbikes wöchentlich 600 Stück an Rahmen. Aufgrund der niedrigeren Transportkosten werden derzeit 400 Stück des Lieferanten aus Rom und nur 200 Stück aus Bukarest bezogen. Völlig unerwartet kommt es Ende Jänner 2022 zu einer Naturkatastrophe. Ein Erdbeben der Stärke 7,2 auf der Richterskala hat in Italien verheerende Schäden angerichtet. Davon betroffen ist auch der Hauptlieferant der *Bike4You GmbH*. Der Lieferant namens *Bicicletta italiana* ist mit seinem Werk in der Nähe von Rom angesiedelt. Im Zuge des Erdbebens wurden viele Straßen beschädigt und auch Teile seiner Produktion zerstört. Aus diesen Gründen muss der Lieferant seine Produktion vorübergehend einstellen und kann für mindestens vier Wochen keine Ware an den Fahrradproduzenten in Salzburg liefern. Die Geschäftsführung der *Bike4You GmbH* wird über den Ausfall informiert und ist zeitnah zum Handeln aufgefordert. Sie bittet die Supply Planung, das Szenario zu simulieren, um Entscheidungen treffen zu können. Dazu sind die Kennzahlen, die ergänzend zu jenen in *Tabelle 7* benötigt werden, in *Tabelle 8* dargestellt.

Tabelle 8: Ergänzende Kennzahlen zum zweiten Szenario²⁷¹

Kennzahl	Einheit	Erläuterung
<i>Dependent Location Demand</i>	Stück	Transportbedarf
<i>Transport Supply</i>	Stück	Transportmengenbereitstellung
<i>Maximum Transport Supply</i>	Stück	Maximale Transportmengenbereitstellung
<i>Maximum External Receipts</i>	Stück	Limit für externe Empfänge

Ergebnis ohne Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

Zuerst führt die Supply Planung einen Planungslauf ohne die Menge des Lieferanten aus Italien durch. An der Auftragslage hat sich nichts geändert. Es werden nach wie vor 1.000 Stück des ungarischen Radsportverbandes bis Ende März benötigt.

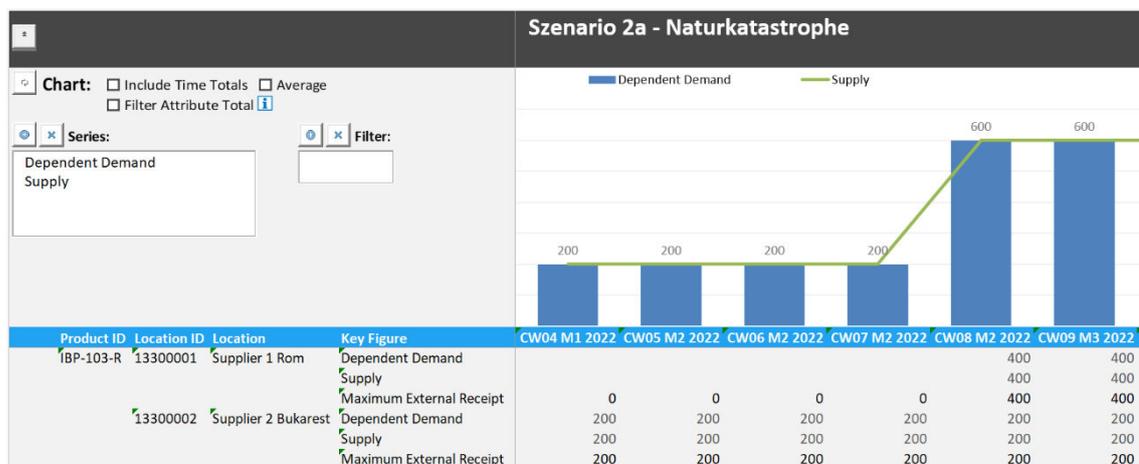


Abbildung 26: Vierwöchiger Ausfall der externen Empfänge des Lieferanten aus Rom²⁷²

²⁷¹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷² Quelle: Eigene Darstellung.

In der Sicht der externen Empfänge in *Abbildung 26* ist gut veranschaulicht, dass in den vier Wochen, in denen der Lieferant aus Rom keine Ware liefern kann, nur die 200 Stück von dem Lieferanten aus Bukarest bezogen werden.

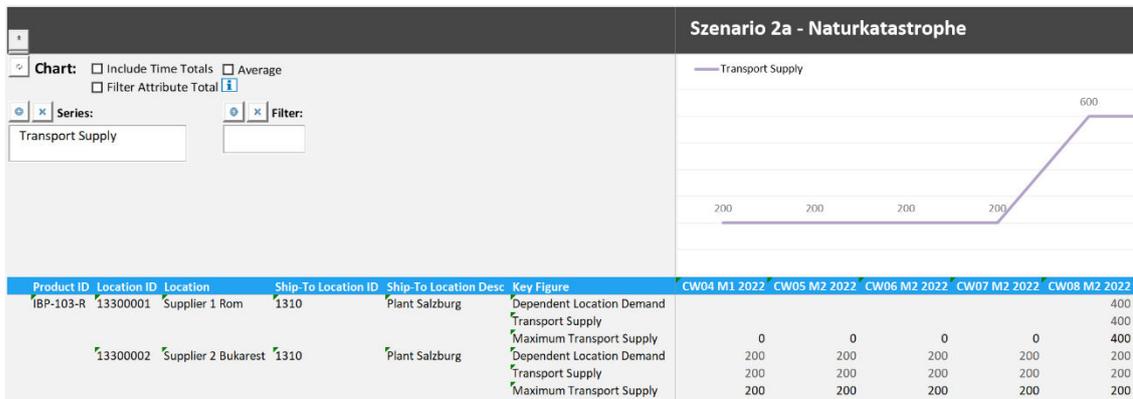


Abbildung 27: Transporte zwischen Lieferanten und Werk²⁷³

Das bedeutet zugleich, dass auch die Transportbereitstellung der Lieferanten beschränkt ist (siehe *Abbildung 27*). Während der rumänische Lieferant das Werk in Salzburg mit wöchentlich 200 Stück beliefern kann, ist der italienische Supplier von der vierten bis einschließlich der siebten Kalenderwoche nicht verfügbar und kann dementsprechend keine Rahmen beisteuern. Diese Information ist auch der *Intelligent Visibility*-App in *Abbildung 28* zu entnehmen, die es ermöglicht, ausgewählte Kennzahlen in einer bestimmten Woche in Form von farbigen Bubbles darzustellen. Größe und Farbe der Bubble richten sich demzufolge nach dem Wert der Kennzahl - je größer der Wert, desto größer die Bubble.

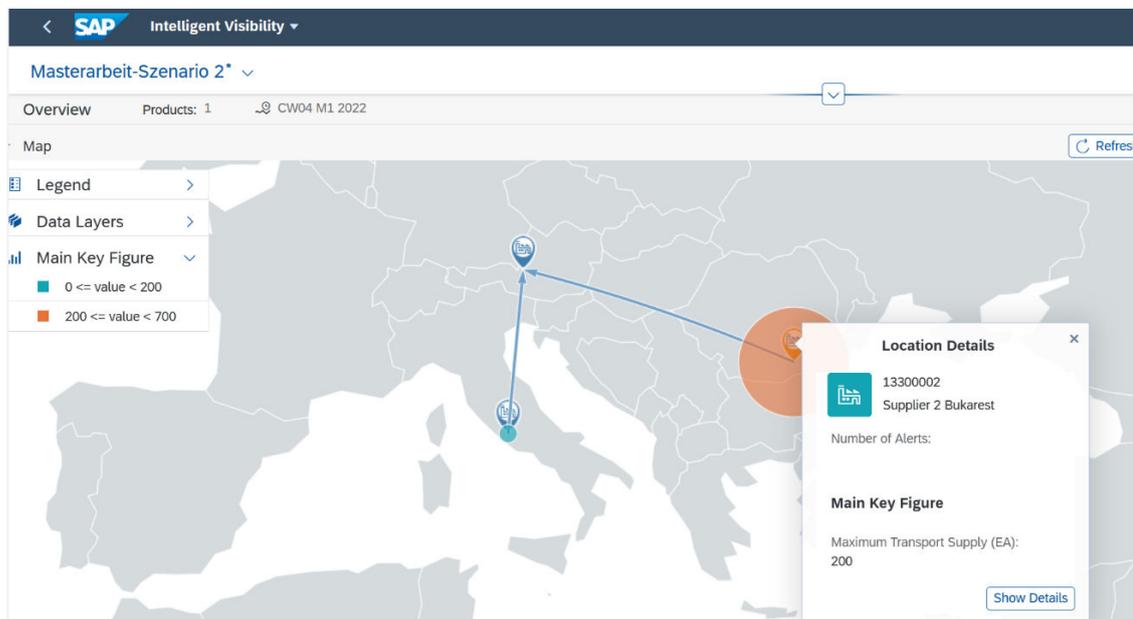


Abbildung 28: Veranschaulichung der maximalen Transportbereitstellung der Lieferanten²⁷⁴

²⁷³ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

Das Ergebnis des Optimierungslaufes unter den eben erwähnten Beschränkungen des Lieferanten aus Rom sieht nun wie folgt aus.

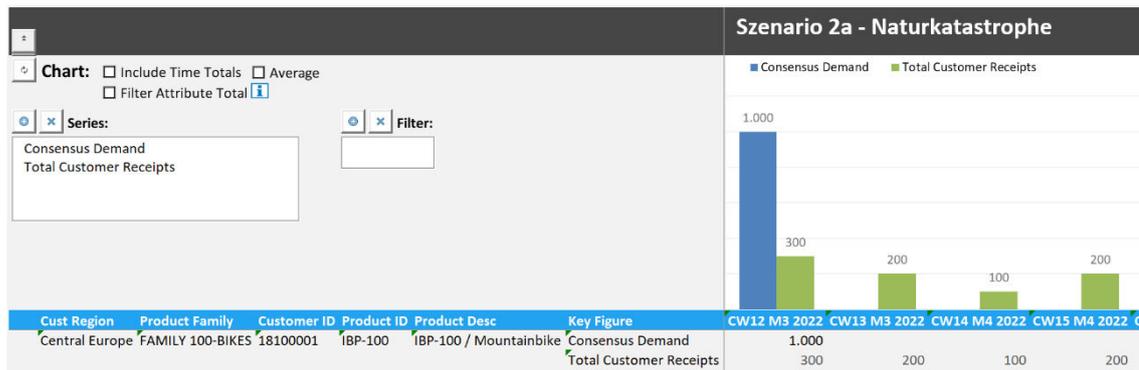


Abbildung 29: Unerfüllter Kundenauftrag des ungarischen Radsportverbandes²⁷⁵

Wie die Illustration der Kundenaufträge in *Abbildung 29* zeigt, werden von den benötigten 1.000 Stück lediglich 300 Stück pünktlich und weitere 500 Stück in den darauffolgenden Wochen geliefert. Die kapazitive Beschränkung der Produktion stellt in diesem Fall jedoch keinen limitierenden Faktor dar. Aufgrund des beschränkten Angebots an Rahmen ist die Produktion in den beiden Wochen vor Auslieferung der Mountainbikes an den ungarischen Radsportverbandes nur zu 33 % ausgelastet.

Dieses Ergebnis des Planungslaufes wird an die Unternehmensleitung weitergegeben. Unzufrieden, da der Kundenauftrag aus Ungarn nicht zeitgerecht erfüllt werden kann, beauftragt die Geschäftsführung die Supply Planung Maßnahmen zu ergreifen und unter Berücksichtigung dieser einen weiteren Simulationslauf zu starten, damit die Bedarfe trotz Ausfall des Lieferanten aus Roms befriedigt werden können.

Ergebnis unter Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

Die Supply Planung empfiehlt, die fehlende Menge an Rahmen zwischenzeitlich von dem Lieferanten in Bukarest zu beziehen, bis wieder welche aus Italien verfügbar sind.

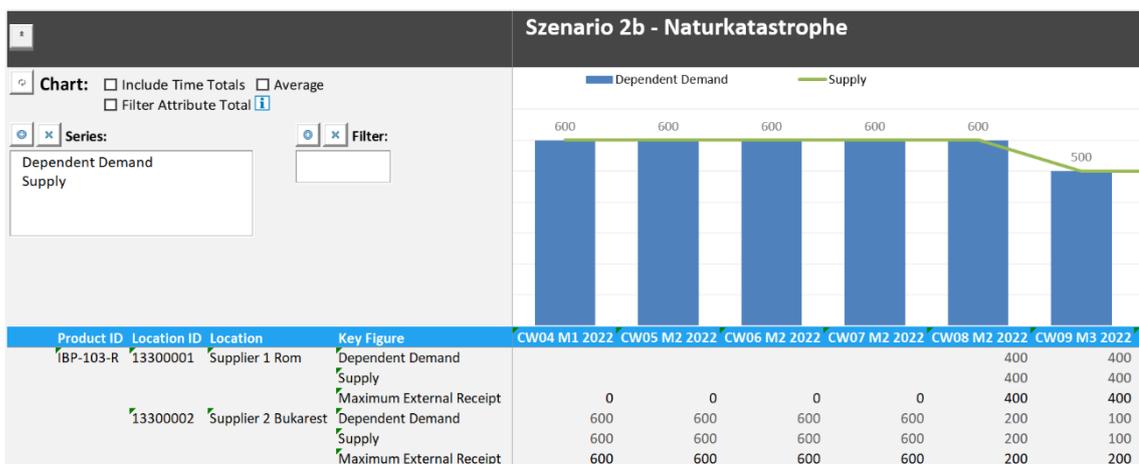


Abbildung 30: Aufgestockte externe Liefermengen des rumänischen Lieferanten²⁷⁶

²⁷⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Sprich, die Menge an gelieferten Rahmen des rumänischen Lieferanten soll aufgestockt werden, damit die Kundenaufträge erfüllt werden können. Anstatt der 200 Stück werden nun die vollen 600 Stück aus Rumänien bezogen (siehe *Abbildung 30*).

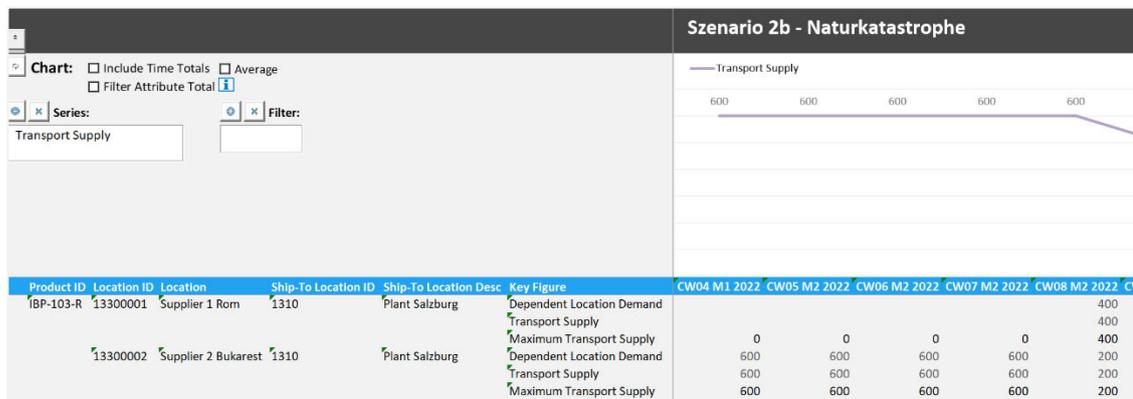


Abbildung 31: Erhöhte Transportmengen des rumänischen Lieferanten²⁷⁷

Dementsprechend erhöhen sich auch die Transportmengen des Lieferanten aus Bukarest von 200 auf 600 Stück in den Wochen, in denen der italienische Lieferant nicht verfügbar ist (siehe *Abbildung 31*). Mit diesen Änderungen wird wiederum ein Optimierungslauf durchgeführt.

Anhand der Ergebnisse des Simulationsdurchlaufs soll gezeigt werden, inwiefern und ob nun der Auftrag des ungarischen Radsportverbandes zur Zufriedenheit der Unternehmensleitung erfüllt werden kann. Dazu wird *Abbildung 32* herangezogen, in der die gelieferten beziehungsweise nicht gelieferten Kundenaufträge visualisiert sind.

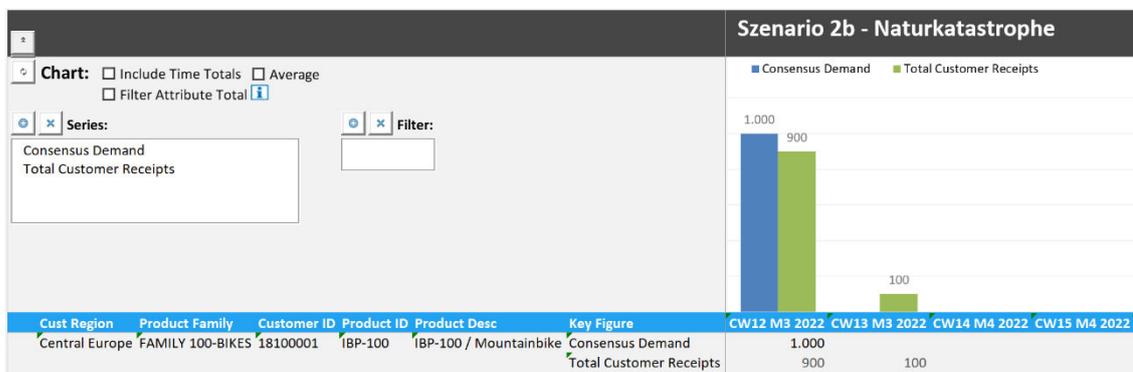


Abbildung 32: Erfüllter Kundenauftrag des ungarischen Radsportverbandes²⁷⁸

Nach Aufstockung der Mengen des rumänischen Lieferanten können die vollen 1.000 Stück - im Gegensatz zu vorher – bis Ende März an den Kunden ausgeliefert werden. Von den 1.000 benötigten Mountainbikes werden 900 Stück pünktlich und die restlichen 100 Stück Ende des Monats geliefert.

²⁷⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁷⁸ Quelle: Eigene Darstellung.

Wenn man nun erneut in die *Intelligent Visibility*-App blickt, müsste sich auch dort die Transportmenge des Lieferanten aus Bukarest von 200 auf 600 Stück verändert haben, was – wie in *Abbildung 33* zu sehen – der Fall ist.

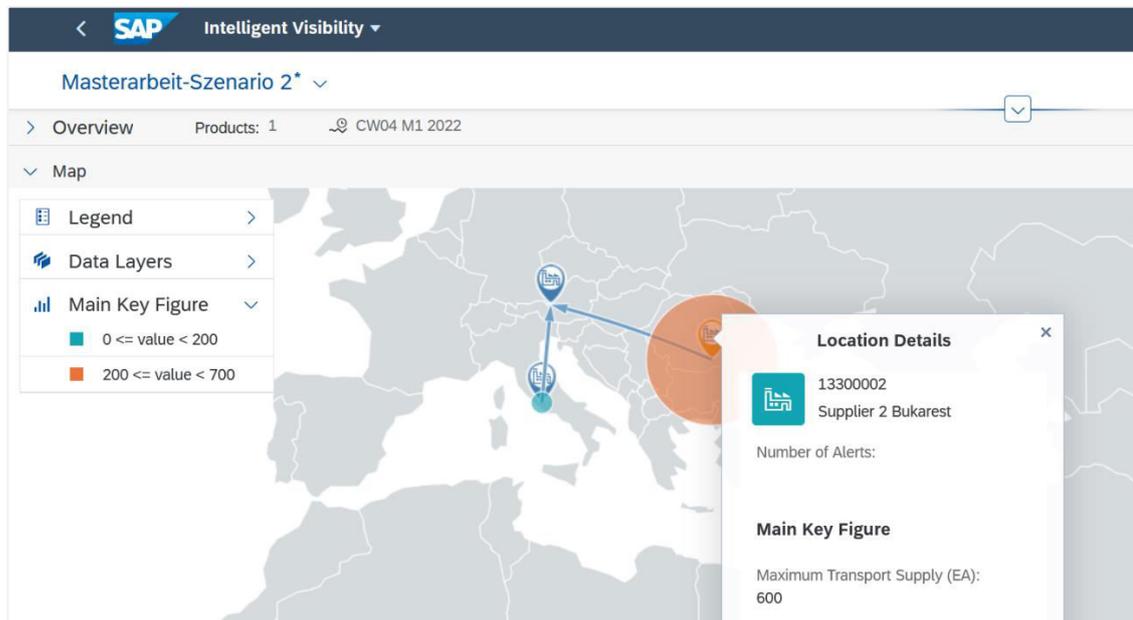


Abbildung 33: Veränderung der maximalen Transportbereitstellungsmenge nach Optimierungslauf²⁷⁹

Mit dem Ergebnis dieses Simulationslaufes ist die Geschäftsführung einverstanden, da alle Aufträge erfüllt und auch die Kapazitäten besser genutzt werden können.

5.3.4 Szenario 3 – neue CO₂-Steuer

Infolge einer Verschärfung des Klimaschutzgesetzes in Österreich, in dem eine neue CO₂-Regelung beziehungsweise erhöhte CO₂-Steuer vorgesehen ist, besteht für viele Unternehmen Handlungsbedarf. Davon betroffen ist auch die *Bike4You GmbH*, welche seine Komponenten bisher aus Kostengründen hauptsächlich von dem Lieferanten aus Rumänien bezog²⁸⁰. Trotz der höheren Transportkosten war es bis dato für den Fahrradhersteller aus Österreich, insbesondere aufgrund der billigen Fertigungskosten in Rumänien, insgesamt kostengünstiger von dem Supplier aus Bukarest die benötigten Rahmen zu beschaffen.

Die Geschäftsführung muss aus strategischen Gründen zeitnah eine Entscheidung für die zukünftige Lieferantenauswahl unter Berücksichtigung der CO₂-Emissionskosten treffen und bittet die Supply Planung darum, das Szenario zu simulieren. Um einen direkten Vergleich zu haben, soll aber zuerst ein Simulationslauf ohne Betrachtung der CO₂-Emissionskosten durchgeführt werden.

²⁷⁹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁸⁰ Wie bereits einleitend erwähnt sind die Szenarien nicht aufeinander aufbauend, sondern unabhängig voneinander.

Ergebnis ohne Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

In diesem ersten Simulationslauf erfolgt eine reine Kostenoptimierung ohne Berücksichtigung der CO₂-Emissionskosten. Das heißt, der Optimierungslauf versucht anhand der vorliegenden Transport-, Produktions- und Lagerkosten, die kostengünstigste Lösung zu generieren. Die Ausgangslage ist ident wie bei den anderen Szenarien und der Fokus der *Bike4You GmbH* liegt nach wie vor auf der Erfüllung aller Aufträge.

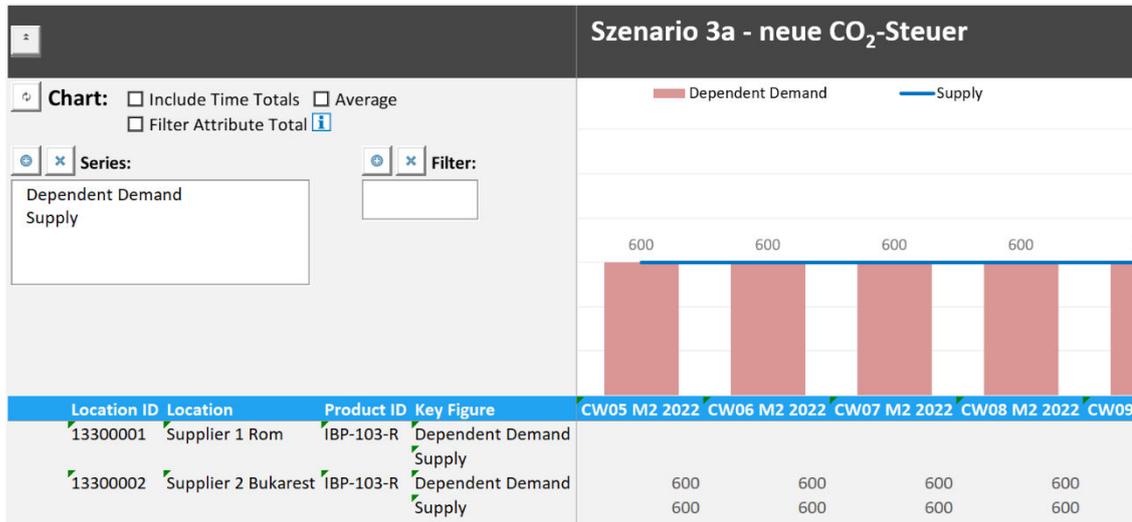


Abbildung 34: Komponentenbeschaffung ohne Betrachtung der CO₂-Kosten²⁸¹

Das Ergebnis nach Beendigung des Planungslaufes ist nicht überraschend für die Supply Planung. Da speziell die Produktionskosten wesentlich geringer sind als beim italienischen Lieferanten, werden die wöchentlich benötigten 600 Stück ausschließlich aus Rumänien beschafft, wie in *Abbildung 34* zu sehen ist. In der Transportsicht in *Abbildung 35* ist zu erkennen, dass noch keine Werte für die CO₂-Kosten eingetragen sind und es lediglich Transporte zwischen Bukarest und Salzburg gibt.

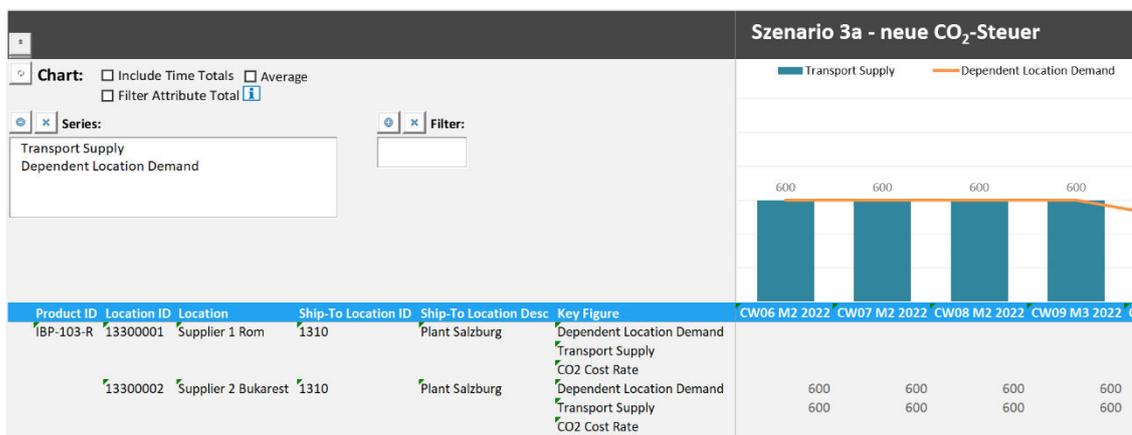


Abbildung 35: Transportsicht ohne Betrachtung der CO₂-Kosten²⁸²

²⁸¹ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁸² Quelle: Eigene Darstellung.

Dies ist auch in der *Intelligent Visibility*-App zu beobachten, in welcher die maximalen externen Empfänge und die Transportmengenbereitstellung der Lieferanten dargestellt sind. Die rosa Bubble deutet darauf hin, dass in der sechsten Kalenderwoche eine wesentlich größere Menge bei dem Lieferanten aus Bukarest bezogen wird als aus Italien (siehe *Abbildung 36*). Die genaue Menge von 600 Stück kann in weiterer Folge bei den Details abgelesen werden.

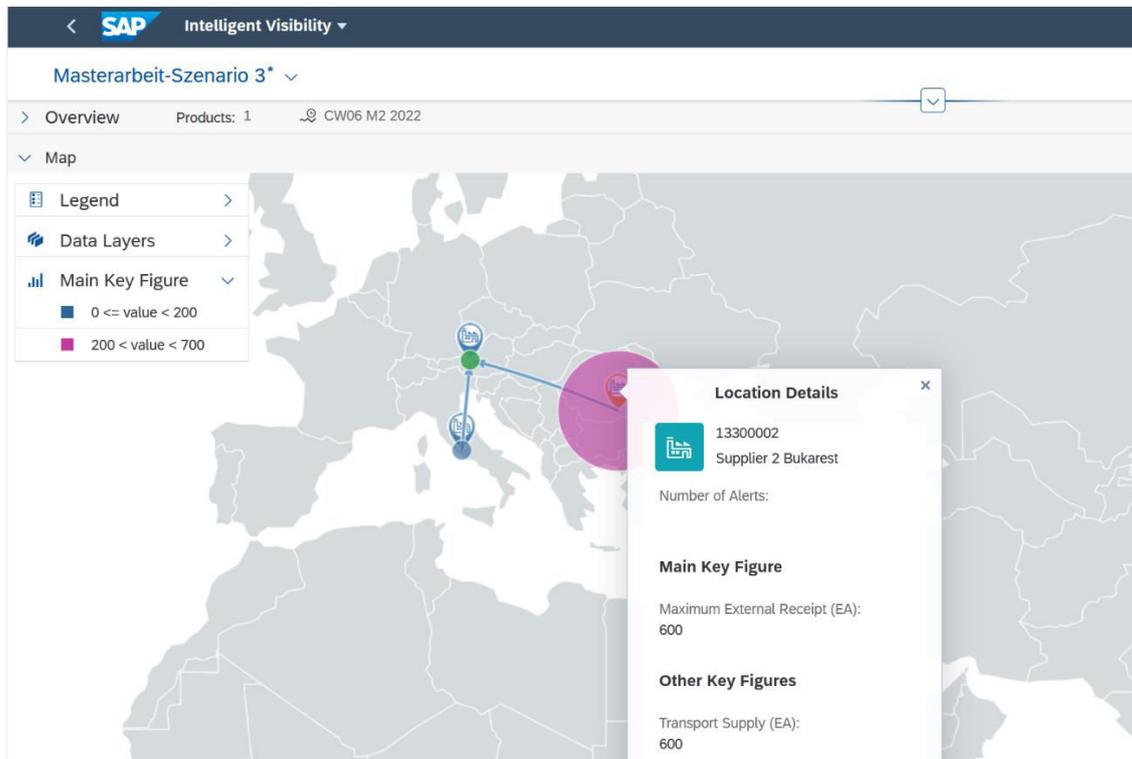


Abbildung 36: Maximalen externe Empfänge und Transportmengenbereitstellung des rumänischen Lieferanten²⁸³

Das Ergebnis des Planungslaufes ist wie erwartet. Alle Rahmen werden aus Rumänien bezogen und die Kundenaufträge können erfüllt werden. Die Unternehmensleitung möchte nun wissen, was sich ändert, wenn die CO₂-Kosten berücksichtigt werden.

Ergebnis unter Berücksichtigung resilienzsteigernder Maßnahmen

Dazu muss eingangs der verwendete CO₂-Verrechnungssatz (*CO₂ Cost Rate*) definiert werden. Zur Vereinfachung wird für diese CO₂-Bepreisung ein Wert genommen, der in die Berechnung der Transportkosten einfließt. Der CO₂-Verrechnungssatz richtet sich nach der Länge des Transportweges und den daraus resultierenden CO₂-Emissionen. Zudem berücksichtigt der Verrechnungssatz den per LKW zurückgelegten Streckenanteil, der von Bukarest aus höher ist. Für die Strecke von Bukarest nach Salzburg wurde dementsprechend ein Wert von 2,20 und für die Strecke von Italien nach

²⁸³ Quelle: Eigene Darstellung.

Salzburg ein Wert von 1,50 gewählt. Mit diesen zusätzlichen Daten wird der Optimierungslauf von Neuem gestartet.

Das Ergebnis des Planungslaufes hat sich aufgrund der Berücksichtigung der CO₂-Kosten deutlich verändert. Die 600 Stück, die bisher von dem rumänischen Lieferanten bezogen wurden, werden nun auf beide Lieferanten aufgeteilt. Während der italienische Lieferant infolge des niedrigeren CO₂-Verrechnungssatzes 400 Stück beisteuert, werden von dem Supplier aus Bukarest nur mehr 200 Stück geliefert (siehe *Abbildung 37*).

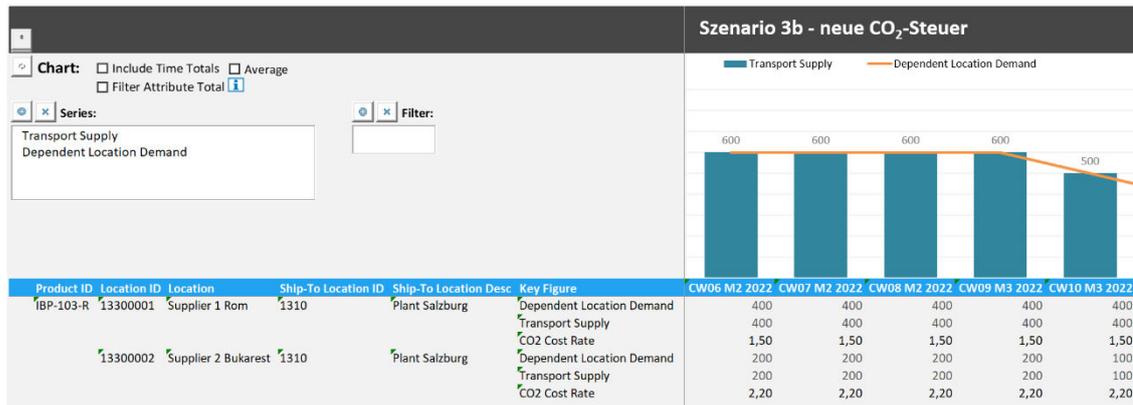


Abbildung 37: Transporte unter Berücksichtigung des CO₂-Verrechnungssatzes²⁸⁴

Dies bestätigt auch die Ansicht der externen Empfänge in *Abbildung 38*. Trotz der niedrigeren Produktionskosten in Rumänien wird in Anbetracht der CO₂-Bepreisung entschieden, die größere Menge an Rahmen aus Italien zu beschaffen.

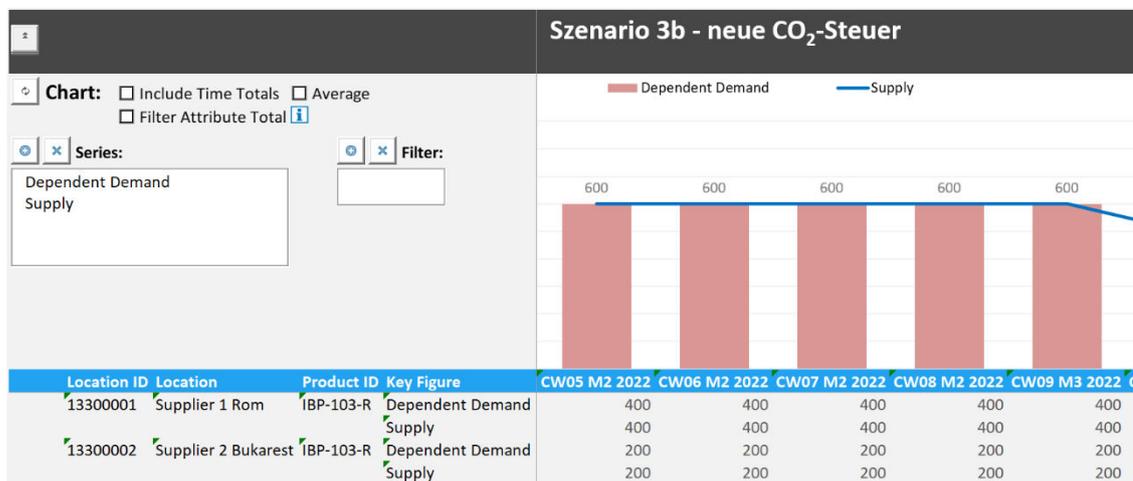


Abbildung 38: Externe Empfänge unter Berücksichtigung des CO₂-Verrechnungssatzes²⁸⁵

Zudem kann der Bedarf des ungarischen Radportverbandes nach wie vor pünktlich erfüllt und geliefert werden. Die Supply Planung übermittelt dieses Ergebnis an die Unternehmensleitung. Diese ist mit dem Simulationslauf zufrieden und möchte die

²⁸⁴ Quelle: Eigene Darstellung.

²⁸⁵ Quelle: Eigene Darstellung.

emissionsärmere Variante übernehmen. Dementsprechend werden die Rahmen zukünftig aus Italien und Rumänien bezogen. Da der Aufsichtsrat bereits seit geraumer Zeit einen umweltfreundlicheren Beschaffungsansatz einfordert, entscheidet sich die Geschäftsführung dazu die Ergebnisse des Simulationslaufs entsprechend in die Praxis umzusetzen.

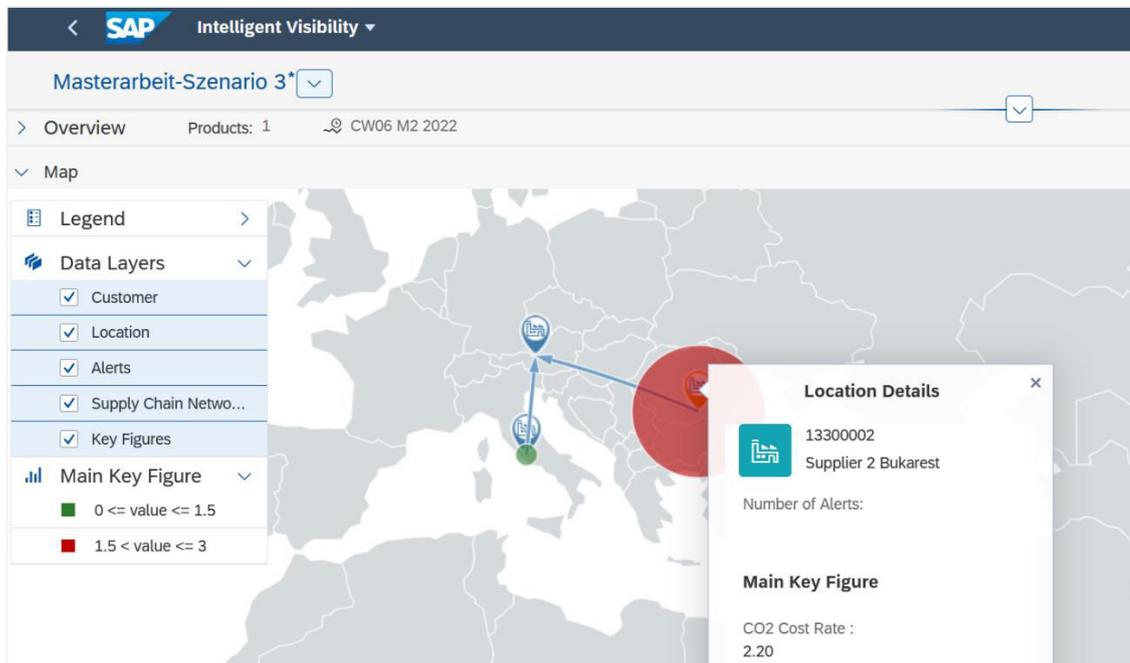


Abbildung 39: Vergleich der CO₂-Verrechnungssätze von Lieferanten²⁸⁶

Falls es die *Bike4You GmbH* in Betracht ziehen möchte, zusätzlich weitere Lieferanten bezüglich einer nachhaltigen Beschaffung zu vergleichen, bietet die *Intelligent Visibility*-App – dargestellt in *Abbildung 39* – einen optimalen Überblick über die unterschiedlichen CO₂-Verrechnungssätze.

5.4 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der drei simulierten Szenarien noch einmal zusammengefasst und mit den Ansätzen des ausgearbeiteten Kritikalitätstools im Theorieteil verglichen. Im Anschluss an diese Diskussion der Ergebnisse wird eine kurze Handlungsempfehlung abgegeben.

5.4.1 Vergleich Theorie mit Ergebnissen der Simulation

Grundsätzlich fällt in allen drei Szenarien auf, wie wichtig eine **gute Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Abteilungen** ist. Nicht nur der abteilungsübergreifende Austausch zwischen Planung und Geschäftsführung, sondern auch die zeitnahe Kommunikation der Änderung von Rahmenbedingungen in

²⁸⁶ Quelle: Eigene Darstellung.

Abteilungen wie Einkauf, Verkauf, Disposition oder Produktion ist von enormer Bedeutung. Durch den Austausch zwischen der Unternehmensleitung und der Supply Planung können beispielsweise die verschiedenen Alternativen simuliert und darauf basierende Entscheidungen getroffen werden. Die Wichtigkeit dieses Aspektes der Kommunikation wird auch in den beiden Dimensionen - *Transparenz und Planung* - des Kritikalitätstools betont. Der Informationsaustausch ist für die Gestaltung einer transparenten Lieferkette von enormer Bedeutung. Zudem müssen Veränderungen in der Produktion der Planung rechtzeitig mitgeteilt werden, um auf diese reagieren zu können. Indem die Geschäftsführung die Supply Planung über Veränderungen zeitnah informiert und sich die einzelnen Szenarien simulieren lässt, kann vor allem eine schnelle Reaktionsfähigkeit auf Ereignisse sichergestellt werden. Betrachtet man dies im Kritikalitätstool, kann die Frage, ob valide Entscheidungen auf Basis transparenter Informationen getroffen werden können, definitiv bejaht werden. Aus diesen Gründen befindet sich die *Bike4You GmbH* in den Dimensionen *Planung und Transparenz* gewiss in der optimierten Reifegradstufe.

Aber auch in den einzelnen Szenarien werden Ansätze des Kritikalitätstools verfolgt. Im ersten Szenario, bei dem ein Shutdown der Produktion geplant ist, nutzt die Supply Planung zur Bewältigung dieses Ereignisses die Strategie der **Kapazitäts- und Bestandserhöhung** der Dimension *Supply Chain Sicherheit/Schutz*. Durch die Umstellung auf den Zweischichtbetrieb in den Wochen vor dem Shutdown kann genügend Lagerbestand aufgebaut werden, um über die Wochen des Produktionsstopps hinweg trotzdem die Kundenaufträge erfüllen zu können. Ohne diese resilienzsteigernde Maßnahme hätte der Fahrradproduzent seine Kundenbedarfe nicht befriedigen können. Im Falle der *Bike4You GmbH* ist die Dimension *Supply Chain Sicherheit/Schutz* im Unternehmen dementsprechend mit Sicherheit integriert.

Im Vergleich dazu wird im zweiten Szenario, bei dem es völlig unerwartet zu einer Naturkatastrophe in Form eines Erdbebens kommt, die **flexible Beschaffung** der Dimension *Agilität* als Maßnahme ergriffen. Da ein Lieferant infolge der Schäden des Erdbebens für vier Wochen nicht mehr zur Verfügung steht, wird durch die Aufstockung der Menge des zweiten Lieferanten die Versorgung sichergestellt. Laut Ergebnis des ersten Simulationslaufs, in welchem keine resilienzsteigernde Maßnahme berücksichtigt wurde, hätte der Fahrradproduzent die Zeit des Lieferantenausfalls nicht überbrücken können. Durch die schnelle Reaktion der Geschäftsführung und die Fähigkeit der Umsetzung in der Supply Planung konnte die Herausforderung des unerwarteten Ereignisses gemeistert und alle Kundenaufträge pünktlich erfüllt werden. Betrachtet man die unterschiedlich ausgeprägten Reifegrade des Kritikalitätstools und die Lieferkette der *Bike4You GmbH*, wäre die Dual-Sourcing-Strategie im integrierten Bereich einzuordnen. Wenn größere Mengen über einen längeren Zeitraum benötigt werden, wäre es aus Kostengründen von Vorteil, sich auch noch nach anderen Lieferanten umzusehen.

Im dritten und letzten Szenario wird der Fahrradproduzent mit der Änderung des Klimaschutzgesetzes konfrontiert. Da eine neue CO₂-Steuer eingeführt wird, werden zusätzliche Emissionskosten verrechnet. Die Geschäftsführung reagiert auf diese Änderung und lässt die Supply Planung das Szenario simulieren. Durch die Maßnahme der **flexiblen Beschaffung** der Dimension *Agilität* können die CO₂-Emissionskosten im Rahmen der Möglichkeiten minimiert werden. Ähnlich wie im zweiten Szenario kann

durch den zweiten Supplier eine Optimierung angestrebt werden, ohne den Beschaffungsprozess grundlegend verändern zu müssen. Die Wahl zwischen zwei Lieferanten bietet eine gewisse Flexibilität, die das Unternehmen für kurzfristige Änderungen nutzen kann.

Da die Dimension des *Risikobewusstseins/Wissensmanagements* nur schwer durch Simulationen zu testen ist, werden anhand der Verhaltensweisen der einzelnen Beteiligten des Fahrradproduzenten in kritischen Fällen Rückschlüsse auf diese gezogen. Die Reaktion der Supply Planung deutet darauf hin, dass Trainings und Schulungen im Vorfeld durchgeführt wurden. Da für jedes Szenario ein passender Lösungsansatz bereitgestellt wurde, ist davon auszugehen, dass die Mitarbeiter in diesem Bereich bereits Erfahrungen gemacht haben. Gleiches gilt für die Geschäftsführung. Durch die Beauftragung der Simulationsläufe haben sie sich mit Sicherheit mit der Risikothematik auseinandergesetzt und sich Best-Practices bedient. Somit ist auch in dieser Dimension von einem integrierten Risikobewusstsein beziehungsweise Wissensmanagement auszugehen.

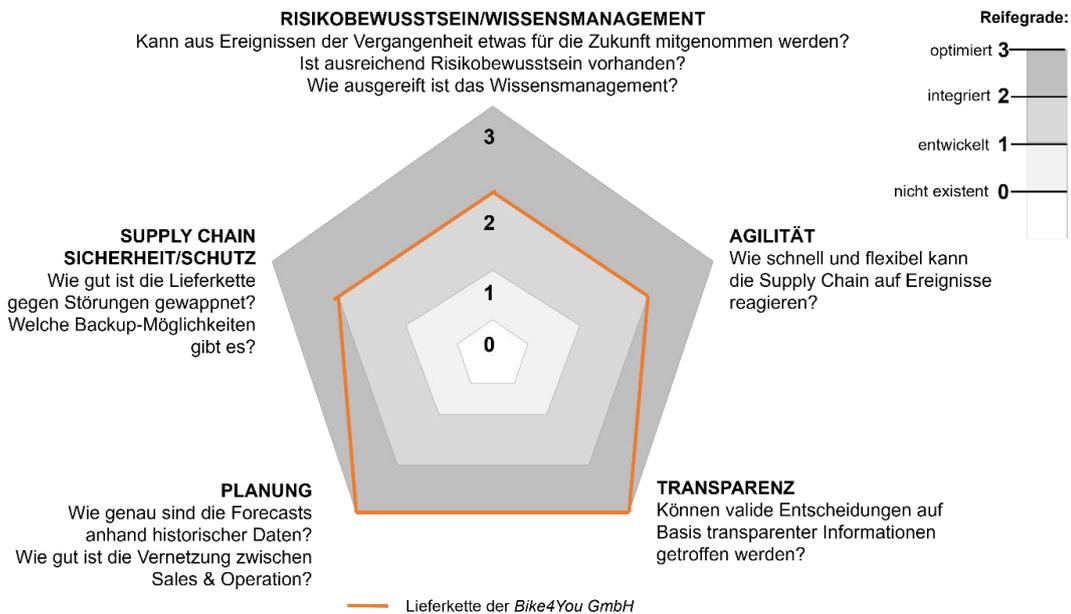


Abbildung 40: Bewertete Lieferkette der *Bike4You GmbH*²⁸⁷

In *Abbildung 40* ist die bewertete Lieferkette der *Bike4You GmbH* nochmals visualisiert. Sie zeigt, dass die Lieferkette durch die getroffenen Resilienzsteigernden Maßnahmen in allen Dimensionen zumindest einen integrierten Reifegrad vorweisen kann. Selbstverständlich gibt es stets Optimierungsbedarf, dennoch hat die Lieferkette des Fahrradproduzenten verschiedene Optionen, auf unerwartete Ereignisse zu reagieren. Im nächsten Abschnitt wird erläutert, welches Optimierungspotenzial in der Lieferkette der *Bike4You GmbH* noch steckt und wie es genutzt werden kann.

²⁸⁷ Quelle: Eigene Darstellung.

5.4.2 Handlungsempfehlung

Wie in *Abbildung 40* im bewerteten Kritikalitätstool zu sehen, ist das Potenzial der Lieferkette der *Bike4You GmbH* noch nicht vollständig ausgereizt. Vor allem in den Dimensionen *Agilität*, *Supply Chain Sicherheit/Schutz* und *Risikomanagement/Wissensmanagement* sind Optimierungen möglich. Durch eine Verbesserung der Dimensionen mit Potenzial kann im Falle des Eintritts eines unerwarteten Ereignisses die Vulnerabilität der Supply Chain zusätzlich durch weitere Resilienzsteigernde Maßnahmen minimiert werden.

In diesem Sinne ist es in der Dimension *Agilität* denkbar, die Flexibilität durch Anwendung ergänzender Maßnahmen noch weiter zu erhöhen. Zum Beispiel ist es im dritten Szenario erwägenswert, anstatt der Methode der flexiblen Beschaffung auch jene des **flexiblen Transports** anzuwenden. Durch einen Wechsel des Verkehrsträgers beispielsweise von Straße auf Schiene können ebenfalls CO₂-Emissionskosten eingespart und dennoch die volle Anzahl an Rahmen von dem Lieferanten aus Bukarest bezogen werden. Zudem ist es sinnvoll, weitere Lieferanten in Betracht zu ziehen, damit es im Worst-Case Szenario (Ausfall beider Lieferanten) Alternativen gibt. Dazu besteht die Möglichkeit, auch eine **inländische Beschaffung** als ergänzende Option zu sehen. Damit kann die Wiederbeschaffungszeit des Produktes durch die kurze Beschaffungszeit, insbesondere aufgrund des kurzen Transportweges, optimiert werden. Angesichts der Flexibilität im Beschaffungsprozess ist die Lieferkette weitaus strapazierfähiger und resilienter gegen Störungen.

Des Weiteren bieten sich auch weitere Maßnahmen in der Dimension *Supply Chain Sicherheit/Schutz* zur Optimierung des Reifegrads im Kritikalitätstool an. Neben der Nutzung von Extrakapazitäten ist, insbesondere im Bereich des **Pufferns in jeder Wertschöpfungsstufe**, beim Fahrradproduzenten noch Potenzial vorhanden. In den modellierten Szenarien werden die fremdbeschafften Rahmen eine Woche vor Produktion in der benötigten Menge, die sich nach dem Kundenbedarf richtet, geliefert und auf Lager gelegt. Sprich, wenn 500 Stück an Fahrrädern benötigt werden, werden auch nur 500 Rahmen bezogen, obwohl der Lieferant 600 Stück liefern könnte. Hier ist es eine denkbare Option, einen kleinen Puffer an Rahmenbestand vor der Produktion aufzubauen. Das reduziert das Risiko und lässt die *Bike4You GmbH* im Falle von Lieferschwierigkeiten des Lieferanten flexibler agieren. Dennoch gilt es bei einer solchen Risikoreduktion die richtige Balance zu finden, die auch Lager- und Kapitalbindungskosten entsprechend berücksichtigt. Dieser Ausbau der Backup-Möglichkeiten erhöht ebenfalls die Resilienz sowie Belastbarkeit der Supply Chain.

Wie bereits zuvor angeführt ist es eine Herausforderung anhand der vorliegenden durchgeführten Simulationsläufe die Dimension des *Risikobewusstseins/Wissensmanagement* zu bewerten. Dennoch gibt es in diesem Bereich mit Sicherheit noch Optimierungsmöglichkeiten. **Schulungen und Trainings** können regelmäßig durchgeführt werden, da durch die Globalisierung und Digitalisierung immer neue Risiken entstehen, die berücksichtigt werden müssen. Eine permanente Weiterentwicklung eines jeden Mitarbeiters ist erforderlich, um aktuellen Trends frühzeitig entgegenwirken und im Bereich des Risikomanagements immerzu auf dem neuesten Stand sein zu können. Des Weiteren benötigt es eine Sensibilisierung der

Mitarbeiter bezüglich der Wichtigkeit korrekter und aktueller Daten als elementare Basis für jegliche Planungsaktivitäten. Durch die kontinuierliche Anlehnung an **Best Practices** wird die Produktivität und Qualität der Organisation zusätzlich noch gesteigert. Zudem ist bereits bekannt, dass das Wissensmanagement nicht zwangsläufig an den Unternehmensgrenzen haltmacht. Der vermehrte Austausch mit den Lieferanten ermöglicht es, einen Mehrwert an Wissen zu generieren.

Auch wenn die beiden Dimensionen *Planung* und *Transparenz* den höchsten Reifegrad in der Bewertung erreicht haben, heißt es nicht, dass in diesen Bereichen keine Potenziale vorhanden sind. Um die Resilienz weiter zu erhöhen, sind beispielsweise **akkurate Bedarfsprognosen** von enormer Bedeutung. Dazu sind im Zuge des Praxisteils keine Simulationsläufe durchgeführt worden. Diese Thematik könnte aber im Rahmen von weiteren Simulationsläufen aufgegriffen und überprüft werden. Des Weiteren ist die Dimension der *Transparenz* ebenfalls weiter zu pflegen. Der **Informationsaustausch** muss weiterhin aufrechterhalten werden, um angemessen auf Störungen in der Supply Chain reagieren und die Sichtbarkeit der Lieferkette gewährleisten zu können.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die jüngsten Entwicklungen rund um *Covid-19* haben gezeigt, wie wichtig eine strapazierfähige Lieferkette ist und mit welchen Folgen Unternehmen zu kämpfen haben, deren Supply Chain den Belastungen nicht standhält. Die Problematik in der Lebensmittelbranche, der Chipmangel in der Automobil- und Elektronikindustrie sowie die Beeinträchtigungen in der Containerschifffahrt sind nur ein paar von unzähligen Auswirkungen der Pandemie auf die Wirtschaft und den Konsumenten, welche in dieser Arbeit angeschnitten wurden. Es existieren aber bereits Lösungen, die diesen Entwicklungen weitestgehend entgegenwirken können.

Wie in den durchgeführten Simulationsläufen der einzelnen Szenarien im Praxisteil veranschaulicht, stärkt die Anwendung resilienzsteigernder Maßnahmen die Belastbarkeit der Supply Chain und mindert das Risiko von Störungen oder Unterbrechungen entlang der Lieferkette. Darum wird Unternehmen zunehmend dazu geraten, den Fokus auf die Gestaltung einer resilienten Supply Chain zu legen.

Um den Horizont rund um diese Thematik zu erweitern, ergeben sich basierend auf dieser Masterarbeit weitere Forschungsthemen und unbeantwortete Fragen. Einige Vorschläge dazu werden in dem folgenden Abschnitt kurz erläutert.

Da die Arbeit das Hauptaugenmerk auf beschaffungsseitige Lieferketten gelegt hat, ist die Betrachtung von kritischen Themen entlang der kompletten Lieferkette – also von der Beschaffung bis hin zur Verteilung zum Kunden - mit Sicherheit ein neuer interessanter Forschungsansatz. Des Weiteren wurde im Rahmen der Arbeit die Lieferkette eines fiktiven Unternehmens analysiert und bewertet. Aus diesen Gründen bietet es sich an, die Simulationsläufe anhand der Daten von realen Unternehmen großflächig durchzuführen und anschließend zur Bewertung der Lieferkette das Kritikalitätstool heranzuziehen. Da das entwickelte Tool hauptsächlich zur Bewertung und Steuerung der Lieferkette herangezogen wird, wurde die Überwachung und Kontrolle, ob und inwiefern die ergriffenen Maßnahmen basierend auf den Ergebnissen der Simulationsläufe auch nachhaltig umgesetzt wurden, angenommen und somit nicht näher darauf eingegangen. Diese Thematik könnte aber in weiteren Forschungsansätzen aufgegriffen werden.

Bezüglich des Kritikalitätstools besteht auch die Möglichkeit der Implementierung in *SAP IBP* und es als Visualisierungstool in einem Dashboard anzubieten. Dies eröffnet die Option für Unternehmen, durch die Ergebnisse ausgewählter vollzogener Simulationsläufe den aktuellen Status der Supply Chain zu bestimmen. Basierend auf diesen Ergebnissen wird für das betreffende Unternehmen das Optimierungspotenzial in den einzelnen Dimensionen dargelegt. Anhand der Bewertung im Kritikalitätstool ist ein Benchmark mit Unternehmen aus ähnlichen Branchen möglich.

Zudem können die Dimensionen des Kritikalitätstools im Zuge eines neuen Forschungsansatzes beliebig erweitert und eventuell branchenspezifisch angepasst werden. Je nach Branche sind für den Erfolg des Unternehmens und für die Gestaltung einer resilienten Lieferkette andere kritische Faktoren zu betrachten und müssen somit

im Kritikalitätstool angepasst werden. Durch die Abänderung auf diverse Spezialvarianten des Tools ist es universell und branchenunabhängig einsetzbar. Es ist aber auch vorstellbar, das Kritikalitätstool allgemein im Risikomanagement zur Bewertung und Steuerung von Risiken einzusetzen.

Um noch einmal den Bogen zurück zu der Masterarbeit zu spannen und auf die Beantwortung der Forschungsfrage einzugehen, wird abschließend noch folgendes Studienergebnis über Supply Chains der Zukunft präsentiert, welches in diesem Kontext passend erscheint:

Laut der *Gartner Incorporated*, einem Anbieter von Marktforschungsergebnissen und Analysen über Entwicklungen in der Informationstechnologie, wird die Lieferkette der Zukunft aufgrund der zunehmenden Digitalisierung und dem nachhaltigen Wachstum vor allem eine gewisse Widerstandsfähigkeit und Agilität benötigen, um den zukünftigen Entwicklungen standzuhalten.²⁸⁸

Dieselben Schlüsse werden aus dieser Masterarbeit gezogen. Es benötigt die Anwendung der in *Kapitel 4.2* erwähnten Strategien und Maßnahmen, um die Resilienz der Lieferkette sicherstellen und in weiterer Folge die Anforderungen der Supply Chain der Zukunft erfüllen zu können.

²⁸⁸ Vgl. Uskert, M. (2020), S. 4–8.

Literaturverzeichnis

- Ali, M. H.; Suleiman, N.; Khalid, N.; Tan, K. H.; Tseng, M.-L.; Kumar, M. (2021): Supply chain resilience reactive strategies for food SMEs in coping to COVID-19 crisis. In: Trends in Food Science & Technology, Jg. 109, S. 94–102.
- Alter, H.; Feuerhake, J.; Jacob, S. (2021): Insolvenzstatistik in der Corona-Pandemie – aktuellere Ergebnisse durch Webscraping. In: Statistisches Bundesamt, o. Jg., Nr. 3, S. 58–71.
- Altuntas, M.; Uhl, P.; Schradin, H. R.; Görg, W. (2016): Industrielle Exzellenz in der Versicherungswirtschaft: Bestimmung der Industrialisierungsreife in einer zunehmend digitalisierten Welt. 1. Aufl. 2016, Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-12033-7.
- Bakalis, S.; Valdramidis, V. P.; Argyropoulos, D.; Ahrne, L.; Chen, J.; Cullen, P. J.; Cummins, E.; Datta, A. K.; Emmanouilidis, C.; Foster, T.; Fryer, P. J.; Gouseti, O.; Hospido, A.; Knoerzer, K.; LeBail, A.; Marangoni, A. G.; Rao, P.; Schlüter, O. K.; Taoukis, P.; Xanthakis, E.; Van Impe, J. F. M. (2020): Perspectives from CO+RE: How COVID-19 changed our food systems and food security paradigms. In: Current Research in Food Science, Jg. 3, S. 166–172.
- Baldwin, R. E.; Weder, B.; Centre for Economic Policy Research (Great Britain) (2020): Economics in the time of COVID-19, London: CEPR Press. 2020.
- Barman, A.; Das, R.; De, P. K. (2021): Impact of COVID-19 in food supply chain: Disruptions and recovery strategy. In: Current Research in Behavioral Sciences, Jg. 2, S. 100017.
- Barsch, T.; Hiemeyer, W.-D. (2019): Stand der Digitalisierung im B2B-Neukundenvertrieb: Entwicklung von Beurteilungskriterien und Erstellung eines Reifegradmodells. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-27393-4.
- Baur, A.; Flach, L.; Gröschl, J. (2021): Containerschifffahrt in stürmischen Zeiten - Analyse und Ausblick. In: ifo Schnelldienst, o. Jg., Nr. 5/2021, S. 59–65 (Strukturwandel in der Automobilindustrie - wirkt die Pandemie als Beschleuniger?).

- Bell, E.; Bryman, A.; Harley, B. (2019): Business research methods. ISBN 978-0-19-254590-9.
- Bendul, J. (2014): Integration of combined transport into supply chain concepts: simulation-based potential analysis and practical guidance. Springer Gabler. ISBN 978-3-8349-3957-9.
- Berylls (2021): Berylls. Berylls leanval automobilty leaders 100 index. URL: <https://www.berylls.com/en/automobility-index/> (Zugriff: 02.12.2021).
- Best-Werbunat, K. (2020): Corona und andere Krisen: Lieferketten werden sich global dramatisch verändern | McKinsey & Company. Mc Kinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.de/news/presse/2020-08-06-global-value-chains> (Zugriff: 13.08.2021).
- Bitkom e.V. (2021): Wirtschaftsschutz 2021. Berlin: Bitkom e.V. 05.08.2021.
- Brauweiler, H.-C. (2019): Risikomanagement in Unternehmen: ein grundlegender Überblick für die Management-Praxis. 2., erweiterte und ergänzte Auflage, Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-23480-5.
- Bundesverband des Deutschen Lebensmittelhandels e. V. (2020): Lebensmittelhandel in Zeiten der Corona-Pandemie. BVLH Handelsverband Lebensmittel. 25.07.2020.
- Campuzano, F.; Mula, J. (2011): Supply chain simulation: a system dynamics approach for improving performance. London; New York: Springer. ISBN 978-0-85729-718-1.
- Chowdhry, S.; Felbermayr, G.; Stamer, V. (2020): Der Covid-19 Handelsrückgang: Eine Perspektive aus Schifffahrt, EU und China. Kiel: Kiel Institute for the World Economy. URL: <http://hdl.handle.net/10419/218831> (Zugriff: 30.08.2021).
- Chowdhury, P.; Paul, S. K.; Kaiser, S.; Moktadir, Md. A. (2021): COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review. In: Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Jg. 148, S. 102271.
- Cook, T. A. (2018): Enterprise Risk Management in the Global Supply Chain. 1. Aufl., CRC Press. ISBN 978-1-315-11816-1.

- D'Apice, C.; Simone Göttlich; Herty, M.; Benedetto Piccoli (2010): Modeling, simulation, and optimization of supply chains: a continuous approach. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. ISBN 978-0-89871-700-6.
- Ebert, C. (2013): Risikomanagement kompakt: Risiken und Unsicherheiten bewerten und beherrschen. 2., überarb. und erw. Aufl, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-41048-2.
- El Baz, J.; Ruel, S. (2021): Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era. In: International Journal of Production Economics, Jg. 233, S. 107972.
- Elbert, R.; Scharf, K. (2015): Der Bullwhip Effekt. In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Jg. 44, Nr. 4, S. 211–214.
- Faisal, Mohd. N. (2009): Priorization of Risks in Supply Chain. In: Wu, T.; Blackhurst, J. (Hrsg.): Managing Supply Chain Risk and Vulnerability: Tools and Methods for Supply Chain Decision Makers. London; New York: Springer. ISBN 978-1-84882-633-5, S. 41–66.
- Freightos (2021): Freightos Baltic Container Freight Index (FBX). Freightos Baltic Index (FBX): Global Container Freight Index. URL: <https://fbx.freightos.com> (Zugriff: 01.09.2021).
- Gudehus, T. (2012): Logistik. 2: Netzwerke, Systeme und Lieferketten. Studienausg. der 4. aktualis. Aufl, Berlin Heidelberg: Springer Vieweg. ISBN 978-3-642-29376-4.
- Gurnani, H.; Mehrotra, A.; Ray, S. (2012): Supply Chain Disruptions: Theory and Practice of Managing Risk. London: Springer. ISBN 978-0-85729-777-8.
- Güller, M.; Henke, M. (2017): Resilience Assessment in Complex Supply Networks. In: Revisiting Supply Chain Risk. Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer. ISBN 978-3-030-03813-7 (Springer Series in Supply Chain Management)., S. 73–98.
- Görg, H.; Möhle, S. (2020): Globale Wertschöpfungsketten in Zeiten von (und nach) Covid-19. In: ifo Schnelldienst, Jg. 72, Nr. 05/2020, S. 3–7 (Neustart der Industrie unter dem Einfluss von Covid-19: Wie bereit ist die globale Lieferkette).

- Hanisch, M. (2020): Iran, Russland, Hongkong: Geopolitische Risiken belasten deutsche Wirtschaft. In: DIW Wochenbericht, Jg. 87, Nr. 6, S. 79–85 DIW - Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Hans Böckler Stiftung (2020): Corona-Krise: 14 Prozent in Kurzarbeit – 40 Prozent können finanziell maximal drei Monate durchhalten – Pandemie vergrößert Ungleichheiten. URL: <https://www.boeckler.de/de/pressemitteilungen-2675-23098.htm> (Zugriff: 12.07.2020).
- Hays, J. N. (2005): Epidemics and Pandemics: Their Impacts on Human History. Santa Barbara, Calif: ABC-CLIO. ISBN 978-1-85109-658-9.
- Heckmann, I. (2016): Towards Supply Chain Risk Analytics: Fundamentals, Simulation, Optimization. 1st ed. 2016, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden: Imprint: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-14870-6.
- Henke, M.; Eckstein, D.; Lasch, R.; Neumüller, C.; Blome, C. (2012): Supply Chain Agility - Strategische Anpassungsfähigkeit im Supply Chain Management. BME, BVL. 2012.
- Herget, J. (2020): Unternehmenskultur im Reifegrad-Modell. In: Unternehmenskultur gestalten. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-59500-8, S. 83–97.
- Hermes Redaktion (2021): SCM 2021: Transparenz, Risikomanagement, Nachhaltigkeit. Der Supply Chain Blog von Hermes Germany. URL: <https://www.hermes-supply-chain-blog.com/supply-chain-management-trends/> (Zugriff: 12.08.2021).
- Herzberg, N. (2021): Lieferketten: Erfolg durch Nähe und Nachhaltigkeit. Industrie of Things. URL: <https://www.industry-of-things.de/lieferketten-erfolg-durch-naehe-und-nachhaltigkeit-a-992683/> (Zugriff: 12.08.2021).
- Hobbs, J. E. (2021): The Covid-19 pandemic and meat supply chains. In: Meat Science, Jg. 181, S. 108459.
- Horváth & Partners (2017): CFO Studie: Finance Excellence 2020 - Digitalisierung im CFO Bereich. Competence Center Controlling & Finance. 05.2017.
- Iacoviello, M. (2021): Geopolitical Risk (GPR) Index. URL: <https://www.matteoiacoviello.com/gpr.htm> (Zugriff: 27.08.2021).

- ISO (2018): ISO. Online Browsing Platform (OBP) ISO 31000:2018(en) Risk management — Guidelines. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en> (Zugriff: 02.12.2021).
- Ivanov, D. (2018): Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management. 1st ed. 2018, Cham: Springer International Publishing: Imprint: Springer. ISBN 978-3-319-69305-7.
- Kaitwade, N. (2021): COVID-19 shatters global automotive industry; sales of metal powder take a nosedive amid wavering demand. In: Metal Powder Report, Jg. 76, Nr. 3, S. 137–139.
- Karidi, M.; Schneider, M.; Gutwald, R. (2018): Resilienz: interdisziplinäre Perspektiven zu Wandel und Transformation. Wiesbaden, Germany: Springer. ISBN 978-3-658-19222-8.
- Kavey, R.-E. W.; Kavey, A. B. (2021): Viral Pandemics: from Smallpox to COVID-19. ISBN 978-1-00-300680-0.
- Kaye, D. (2008): Managing Risk and Resilience in the Supply Chain. London [England]: BSI Business Information. ISBN 978-0-580-60726-4.
- Keogh, J. G. (2020): How to prevent disruptions in food supply chains after COVID-19. The Conversation. URL: <http://theconversation.com/how-to-prevent-disruptions-in-food-supply-chains-after-covid-19-144993> (Zugriff: 13.08.2021).
- Khan, O.; Zsidisin, G. A. (2012): Handbook for supply chain risk management: case studies, effective practices, and emerging trends. Ft. Lauderdale, Fla.: J. Ross Pub. ISBN 978-1-60427-725-8.
- Khojasteh, Y. (2017): Supply Chain Risk Management Advanced Tools, Models and Developments. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-981-10-4105-1.
- Kouvelis, P.; Dong, L.; Boyabatli, O.; Li (2012): The Handbook of Integrated Risk Management in Global Supply Chains. Hoboken, N.J.: Wiley. ISBN 978-0-470-53512-7.
- Kühnapfel, J. B. (2019): Vertriebsprognosen. 2., verbesserte Auflage, Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-24933-5.

- Köllner, C. (2020): So wirkt sich die Corona-Krise auf die Automobilindustrie aus. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/automobilproduktion/corona-krise/so-wirkt-sich-die-corona-krise-auf-die-automobilindustrie-aus/17831442> (Zugriff: 24.08.2021).
- Li, Y.; Zobel, C. W.; Russell, R. S. (2017): Value of supply disruption information and information accuracy. In: Journal of Purchasing and Supply Management, Jg. 23, Nr. 3, S. 191–201.
- Liu, Y.; Hareland, S. (2011): Supply Chain Control: A Perspective from Design for Reliability and Manufacturability Utilizing Simulations. In: Supply Chain Management - Applications and Simulations. Rijeka, Croatia: InTech. ISBN 978-953-307-250-0, S. 35–58.
- Lund, S.; Maryika, J.; Woetzel, J.; Barriball, E.; Krishnan, M.; Alicke, K.; Birshan, M.; George, K.; Smit, S.; Swan, D.; Hutzler, K. (2020): Risk, resilience, and rebalancing in global value chains. McKinsey Global Institute. 08.2020.
- Maier, B. (2021): Freier Wille oder Zwang-Nachhaltigkeit in der Lieferkette. In: Carl Hanser Verlag, Jg. 66.
- Manners-Bell, J. (2014): Supply chain risk: understanding emerging threats to global supply chains. London: Kogan Page. ISBN 978-0-7494-7110-1.
- Matthias Soyka (2021): Die Zeche zahlt der Kunde. In: Matthias Soyka, o. Jg., Nr. 3/2021, S. 8–9 (Stadt Land Hafen).
- Meier, S. (2020): Viele Forecasts sind unpräzise. springerprofessional.de. URL: <https://www.springerprofessional.de/vertriebsplanung/vertriebssteuerung/viele-forecasts-sind-unpraezise/17843694> (Zugriff: 08.11.2021).
- Narasimha, P. T.; Jena, P. R.; Majhi, R. (2021): Impact of COVID-19 on the Indian seaport transportation and maritime supply chain. In: Transport Policy, Jg. 110, S. 191–203.
- Nickels, L. (2021): Automotive composites post-Covid – highs and lows. In: Reinforced Plastics, Jg. 65, Nr. 1, S. 45–47.
- North, K. (2016): Wissensorientierte Unternehmensführung: Wissensmanagement gestalten. 6., aktualisierte und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-11643-9.

- Olle, W. (2021): Handlungsdruck für Automobilhersteller und -zulieferer nimmt deutlich zu. In: ifo Schnelldienst, o. Jg., Nr. 5/2021, S. 6–9 (Strukturwandel in der Automobilindustrie - wirkt die Pandemie als Beschleuniger?).
- Olson, D. L. (2014): Supply Chain Risk Management: Tools for Analysis. Second Edition. ISBN 978-1-63157-058-2.
- Ortner, G.; Schirl-Böck, I. (2017): Erfolgreiches Management von Unsicherheit in Projekten. In: University of Applied Sciences BFI Vienna, o. Jg., Nr. 96, S. 24 (Working Paper Series).
- Osterkamp, R.; Leibfritz, W.; Nierhaus, W.; Schönherr, S. (2001): Die Terroranschläge in den USA und die Folgen für die Weltwirtschaft. In: Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich, Jg. 54, Nr. 18, S. 11–21.
- Petersen, T. (2020): Globale Lieferketten zwischen Effizienz und Resilienz. In: ifo Schnelldienst, Jg. 72, Nr. 05/2020, S. 7–10 (Neustart der Industrie unter dem Einfluss von Covid-19: Wie bereit ist die globale Lieferkette).
- Pires, M. C.; Frazzon, E. M.; Carreirão Danielli, A. M.; Kück, M.; Freitag, M. (2018): Towards a simulation-based optimization approach to integrate supply chain planning and control. In: Procedia CIRP, Jg. 72, S. 520–525.
- Prexl, L. (2016): Wissenschaftliches Arbeiten 2.0 - Digitale Quellen korrekt zitieren. In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, Jg. 45, Nr. 5, S. 268–271.
- Proff, H. (2021): Die Pandemie als Beschleuniger des Strukturwandels in der Automobilbranche. In: ifo Schnelldienst, o. Jg., Nr. 5/2021, S. 9–12 (Strukturwandel in der Automobilindustrie - wirkt die Pandemie als Beschleuniger?).
- Rabe, M.; Spieckermann, S.; Wenzel, S. (2008): Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken. 1. Aufl, Berlin Heidelberg: Springer. ISBN 978-3-540-35281-5.
- Rajesh, R. (2021): Optimal trade-offs in decision-making for sustainability and resilience in manufacturing supply chains. In: Journal of Cleaner Production, Jg. 313, S. 127596.

- Reindl, S.; Wottge, A. (2021): Covid-19-Pandemie als Auslöser der Situation in der Automobilindustrie? In: ifo Schnelldienst, o. Jg., Nr. 5/2021, S. 19–23 (Strukturwandel in der Automobilindustrie - wirkt die Pandemie als Beschleuniger?).
- Romeike, F. (2018): Risikomanagement. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-13952-0.
- Rosenberg, S. (2018): The Global Supply Chain and Risk Management. Business Expert Press. ISBN 978-1-63157-958-5.
- SAP Österreich GmbH SAP. Was ist SAP? URL: <https://www.sap.com/austria/about/company/what-is-sap.html> (Zugriff: 17.11.2021).
- SAP Österreich GmbH SAP. SAP IBP Integrated Business Planning. URL: <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning.html> (Zugriff: 17.11.2021).
- SAP Österreich GmbH SAP. Features. URL: <https://www.sap.com/austria/products/integrated-business-planning/features.html> (Zugriff: 17.11.2021).
- scc EDV-Beratung AG scc EDV-Beratung AG. scc- Über uns. URL: <https://www.scc.at/ueber-scc/ueber-uns> (Zugriff: 17.11.2021).
- scc EDV-Beratung AG scc EDV-Beratung AG. scc- Solutions. URL: <https://www.scc.at/solutions> (Zugriff: 17.11.2021).
- Schlegel, G. L.; Trent, R. J. (2015): Supply Chain Risk Management: An emerging Discipline. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 978-1-4822-0597-8.
- Schröder, M. (2019): Entwicklung einer Methode zur strukturierten Verbesserung des Supply Chain Risikomanagements. In: Strukturierte Verbesserung des Supply Chain Risikomanagements. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-26772-8, S. 135–218.
- Schwab, K.; Malleret, T. (2020): Covid-19: The Great Reset. ISBN 978-2-940631-11-7.
- Scopus (2021): ScienceDirect. Results Covid-19. URL: <https://www.sciencedirect.com/search?q=covid-19>.

- Siegmeth, F. J. (2021a): Industrielles Risikomanagement - Grundlagen des Risikomanagements - Teil 1 [Vorlesungsfolien]. Vorlesung, Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften Leoben. 2021.
- Siegmeth, F. J. (2021b): Industrielles Risikomanagement - Grundlagen des Risikomanagements - Teil 2 [Vorlesungsfolien], Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften Leoben. 2021.
- Sodhi, M. S.; Tang, C. S. (2012): Managing supply chain risk. New York: Springer. ISBN 978-1-4614-3238-8.
- Soyka, M. (2021): 6,4 Prozent weniger Umschlag. In: Matthias Soyka, o. Jg., Nr. 3/2021, S. 4–5 (Stadt Land Hafen).
- Spieske, A.; Birkel, H. (2021): Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. In: Computers & Industrial Engineering, Jg. 158, S. 107452.
- Standard Verlagsgesellschaft m.b.H. (2021): Studie: Fünf Millionen Neuwagen weniger weltweit durch Chipmangel. DER STANDARD. URL: <https://www.derstandard.at/story/2000128112561/studie-fuenf-millionen-neuwagen-weniger-weltweit-durch-chipmangel-studie> (Zugriff: 25.08.2021).
- Thomas, C.; Chermack, T. (2019): Using Scenario Planning to Supplement Supply Chain Risk Assessments. In: Revisiting Supply Chain Risk. Switzerland: Springer International Publishing: Imprint: Springer. ISBN 978-3-030-03812-0 (Springer Series in Supply Chain Management; 7), S. 37–52.
- Trending Topics (2021): Trending Topics. Corona-Wirtschaftskrise: Das sind die größten Insolvenzen [KW 50]. URL: <https://www.trendingtopics.eu/insolvenz-ticker-2020/> (Zugriff: 20.12.2021).
- Uskert, M. (2020): Future of Supply Chain. Gartner Inc. Gartner for Supply Chain. 2020.
- Voß, P. H. (2015): Logistik - eine Industrie, die (sich) bewegt: Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0. 1. Aufl. 2015, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-10609-6.
- Waldmann, K.-H.; Helm, W. E. (2016): Ereignisorientierte Simulation. In: Simulation stochastischer Systeme. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-49757-9, S. 75–108.

- Waters, C. D. J. (2007): Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics. London; Philadelphia: Kogan Page. ISBN 978-0-7494-4854-7.
- Wellenreuther, C. (2020): Der Einfluss von COVID-19 auf die Rohstoffmärkte. In: Wirtschaftsdienst, Jg. 100, Nr. 8, S. 643–644.
- Weyer, J.; Roos, M. (2017): Agentenbasierte Modellierung und Simulation: Instrument prospektiver Technikfolgenabschätzung. In: TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis, Jg. 26, Nr. 3, S. 11–16.
- Wilensky, U. NetLogo Home Page. URL: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (Zugriff: 27.09.2021).
- Wälder, K.; Wälder, O. (2017): Methoden zur Risikomodellierung und des Risikomanagements. Wiesbaden [Heidelberg]: Springer Vieweg. ISBN 978-3-658-13973-5.
- Zimmermann, R. (2021): Transformation zur resilienten Lieferkette für Einzelhandel und Konsumgüterhersteller. Capgemini Deutschland. URL: <https://www.capgemini.com/de-de/2021/06/wenn-die-lieferkette-belastbar-und-nachhaltig-ist/> (Zugriff: 12.08.2021).
- Zwick, D.; Kunz, A. (2021): Chipmangel: Der Autoindustrie drohen massive Einbußen. In: DIE WELT 10.07.2021.