

# Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

FSt. 2, TU Darmstadt - Fachgebiet Unternehmensführung und Logistik

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur  
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16397 N**

***Management robuster Distributionssysteme***

(Bevilligungszeitraum: 01.04.2010 - 31.03.2013)

der AiF-Forschungsvereinigung

Logistik

Darmstadt, den 15.07.2013

Ort, Datum

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)  
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Zusammenfassung der erreichten Forschungsergebnisse

Ziel des Forschungsvorhabens „Management robuster Distributionssysteme“ war es, ein wissenschaftlich fundiertes und praxistaugliches Managementkonzept für Kooperationen in komplexen Distributionssystemen zu entwickeln. Dadurch soll das Logistikmanagement der Akteure im Distributionssystem zur Vermeidung bzw. Reduzierung von internen und externen Risiken beitragen und die Robustheit des Gesamtsystems dadurch maßgeblich steigern.

Insbesondere wurde das Distributionssystem kleiner und mittelständischer Unternehmen<sup>1</sup> (KMU) betrachtet, um bedingt durch die Unternehmensgröße spezifische Herausforderungen an die Schaffung eines robusten Distributionssystems herauszuarbeiten und Lösungsmöglichkeiten zu entwickeln. Dabei wurden Potentiale der Kooperation zwischen den KMU und mit Logistikdienstleistern untersucht. Für den zweckmäßigen Einsatz in der Unternehmenspraxis wurden handhabbare Instrumente entwickelt werden, die die Akteure im Logistikmanagement in der unternehmerischen Praxis anwenden können.

Im Projekt wurden zwei grundlegende Möglichkeiten zur Robustheitssteigerung entwickelt. Der Aufbau eines Frühwarnsystems zur Identifikation und Bemessung zukünftiger potentiell störender Einflüsse und Unternehmenskooperation zur Abwehr bzw. Abmilderung solcher Einflüsse.

Durch die im Frühwarnsystem gewonnenen Kenntnisse lassen sich frühzeitig und zielgerichtet Strategien zur Schadensabwehr entwickeln. Als Beispiele der zu erkennenden Ereignisse lassen sich Schwankungen in der Nachfrage oder Störungen in der Transportkette anführen. KMU sind von solchen Schwankungen besonders getroffen, da sie anders als Großkonzerne über weniger Reservekapazitäten verfügen. Umgekehrt erfordert der Aufbau eines Frühwarnsystems finanzielle und personelle Ressourcen sowie strategisches Know-How, welche KMU bedingt durch ihre Größe nur schwer leisten können. Im besonderen Fokus des Projekts stand daher das Potential einer strategischen Kooperation zur Minderung der genannten Nachteile. Mittels mehrerer theoriegeleiteter wirtschaftswissenschaftlicher Experimente, gestützt durch Literaturrecherche und Experteninterviews mit Vertretern der Praxis, wurde das Kooperationsverhalten näher untersucht. Als Ergebnis lassen sich Aussagen über den Kooperationswillen sowie die Kooperationseffektivität zwischen KMU zur Robustheitssteigerung treffen. So konnte unserer Kenntnis nach erstmals gezeigt werden, wie die horizontale Kooperation zwischen Unternehmen zu einer Robustheitssteigerung des logistischen Gesamtsystems und insbesondere des Distributionssystems erzielt werden kann. Die Ergebnisse, visuell und interaktiv dargestellt in einem Demonstrator, liefern damit eine fundierte Entscheidungsgrundlage für KMU, die Auswahl und Implementierung von Instrumenten und Maßnahmen zur Robustheitssteigerung anstreben.

Nach Einschätzung der Projektbeteiligten wurde das Ziel des Vorhabens damit uneingeschränkt erreicht.

---

<sup>1</sup> Zugrunde gelegt wird die Definition der Kommission der Europäischen Gemeinschaft aus dem Jahr 2003. Als kleines oder mittleres Unternehmen (KMU) wird demnach ein Unternehmen bezeichnet, welches weniger als 250 Personen beschäftigt und welches entweder einen Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. EUR erzielt oder deren Jahresbilanzsumme sich auf höchstens 43 Mio. EUR beläuft. Nicht mit einbezogen werden Kleinunternehmen mit weniger als 10 Beschäftigten und einem Jahresumsatz bzw. einer Jahresbilanzsumme von weniger als 2 Mio. EUR.

# Ausführlicher Sachbericht des Forschungsvorhabens

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1. Vorbemerkungen	6
2. Durchführung und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete	7
1.1. Arbeitspaket 1: Modellbildung	7
1.2. Arbeitspaket 2: Konzeptentwicklung	15
1.3. Arbeitspaket 3: Entwicklung der Instrumente	17
1.4. Arbeitspaket 4: Gestaltung und Ausarbeitung der Instrumente	19
1.5. Arbeitspaket 5: Demonstrator	25
3. Bewertung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten	27
4. Ergebnistransfer in die Wirtschaft	28
5. Zusammenfassung und abschließende Bewertung	31
Literaturverzeichnis	32

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse der Literaturrecherche - Bedeutende Forschungsfelder im Bereich "Robuste Logistik" .....	9
Abbildung 2: Modell der Robustheitsdeterminanten in Anlehnung an Wallenburg/Wieland.....	11
Abbildung 3: Modell des Risikobegriffs .....	12
Abbildung 4: Vorgehensmodell zur Robustheitssteigerung und der dabei zu verwendenden Methoden .....	17
Abbildung 5: Wirkbedingungen und Güterarten der bei horizontaler Kooperation zur Robustheitssteigerung .....	19
Abbildung 6: Durchschnittliche Ineffizienz (hier vereinfacht dargestellt als Summe aller Lieferrückstände und Bestände) je Unternehmen und Periode in Abhängigkeit davon, ob ein Informationsaustausch zwischen den Unternehmen zustande kommt. ....	21
Abbildung 7: Durchschnittliche Ineffizienz je Unternehmen und Periode in Abhängigkeit davon, ob der horizontale Handel mit Produktivgütern möglich war.....	23
Abbildung 8: Durchschnittliche Höhe der vom mit Unsicherheit belasteten Spieler abgelehnten Angebote.....	25
Abbildung 9: Vorgeschlagene Gewinnverteilung (Dargestellt ist der dem Gegenspieler zugestandene prozentuale Anteil am Kooperationsgewinn).....	25
Abbildung 10: Screenshot Demonstrator .....	26

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Anzahl der analysierten Beiträge bzw. Journals differenziert nach Journalranking .....	8
Tabelle 2: Strategien zur Robustheitssteigerung .....	11
Tabelle 3: Klassifizierung der Störfaktoren .....	14
Tabelle 4: Bereits erfolgte Transfermaßnahmen während der Projektlaufzeit.....	29
Tabelle 5: Transfermaßnahmen nach Projektabschluss .....	30

## 1. Vorbemerkungen

Das Forschungsvorhaben „Methoden und Instrumente zum Management robuster Distributionssysteme“ (Kurztitel „Management robuster Distributionssysteme“) wurde im Förderzeitraum vom 1. April 2010 bis zum 31. März 2013 unter der Leitung von Prof. Dr. Ralf Elbert und Jan Tränkner (beide Fachgebiet Unternehmensführung und Logistik der Technischen Universität Darmstadt) durchgeführt. Daran waren außerdem ein weiterer Mitarbeiter des Fachgebiets, sechs studentische Mitarbeiter, sieben Studierende im Rahmen von Bachelor-, Master-, Studien- und Diplomarbeiten, 32 Studierende im Rahmen von Seminararbeiten sowie 299 Studierende im Rahmen der durchgeführten wirtschaftswissenschaftlichen Experimente beteiligt. Im Rahmen des Projekts wurden mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses sowie mit insgesamt 32 Experten aus der unternehmerischen Praxis jeweils mehrere Interviews und Gespräche zur Datenerhebung und zur Sicherstellung einer praxistauglichen und transferierbaren Zielverfolgung und Ergebnisauswertung durchgeführt. Im April 2011 erfolgte bedingt durch den Umzug der am Projekt beteiligten Forscher die Übertragung des Projekts von der Technischen Universität Berlin (FSt. 1) auf die Technische Universität Darmstadt (FSt. 2).

Das IGF-Vorhaben 16397 N der Forschungsvereinigung Logistik wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Erforschung der im Projektantrag gestellten und zu Beginn der Laufzeit konkretisierten und spezifizierten Aufgabenstellung erfolgte entsprechend dem Projektplan in den Arbeitspaketen Modellbildung, Konzeptentwicklung, Entwicklung der Instrumente, Gestaltung und Ausarbeitung der Instrumente und Entwicklung eines Demonstrators. Die Beschreibung der einzelnen Arbeitspakete und der daraus erzielten Ergebnisse erfolgt in Kapitel 2 dieses Berichts. Im dritten Kapitel erfolgt eine Bewertung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten. Auf den Transfer der Ergebnisse wird in Kapitel 4 eingegangen.

## 2. Durchführung und Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete

### 1.1. Arbeitspaket 1: Modellbildung

Arbeitspaket 1 sieht die Erarbeitung eines qualitativen Modells vor, anhand dessen sich die Auswirkungen interner und externer Störungen auf das Logistiksystem – und insbesondere das Distributionssystem – untersuchen lassen. Das Arbeitspaket wurde dazu in drei Teilpakete untergliedert.

#### *AP 1.1 Recherche zum Stand der Forschung „Robuste Distributionssysteme“*

Das Teilarbeitspaket dient zur Erfassung der bisher auf dem Gebiet durchgeführten Forschungsaktivitäten. Durch die Erarbeitung des aktuellen Forschungsstandes soll sichergestellt werden, tatsächliche und für die Weiterentwicklung des Forschungsgebiets relevante Forschungslücken zu identifizieren und für die weitere Projektbearbeitung begründet auszuwählen. Zu diesem Zweck wurden alle Veröffentlichungen in Fachzeitschriften aus dem Teilranking Logistik des „VHB-Jourquals“ (Journalranking des Verbandes für Hochschullehrer für Betriebswirtschaft) seit dem Jahr 2000 durchsucht. Die Auswahl der zu analysierenden Artikel erfolgte auf eines Stichwortkatalogs<sup>2</sup> basierend auf der sich aus dem Projektantrag ergebenden Themenabgrenzung sowie einer von den Untersuchern durchgeführten Relevanzbewertung anhand der Abstracts. Die Veröffentlichungen wurden auf Aspekte der Robustheit und Widerstandsfähigkeit von Logistiksystemen und Supply Chains hin analysiert und anschließend verschiedene Forschungsströme identifiziert. In Tabelle 1 ist eine Auflistung der Ergebnisse (Anzahl der Beiträge bzw. Journals nach Journalranking) nach der Stichwortsuche (verbunden mit einer Bewertung der Artikelrelevanz anhand des Abstracts) und nach einer Ergebniskondensierung durch die Inhaltsanalyse dargestellt. Am Ende wurden insgesamt 91 Publikationen aus Journals mit einem VHB-Ranking  $\geq$  D als wissenschaftlich relevant für das Forschungsprojekt identifiziert. Darüber wurde eine große Zahl an Beiträgen aus praxisnahen Fachzeitschriften zur Festigung der wirtschaftlichen Relevanz der Forschung herangezogen.

---

<sup>2</sup> Als Stichwörter wurden „robust“, „robustness“, „resilient“, „resilience“, „flexibility“ und „agility“ jeweils in Verbindung mit „distribution“, „logistics“ und „supply chain“ verwendet.

Journal (Ranking)	Ursprüngliche Literaturlbasis nach Stichwortsuche und Relevanzbewertung des Abstracts <i>Beiträge (Journals)</i>	Literaturlbasis nach Inhaltsanalyse <i>Beiträge (Journals)</i>
A/A+	14	13
B	37	22
C	89	35
D	145	21
Ohne Ranking	317	

Tabelle 1: Anzahl der analysierten Beiträge bzw. Journals differenziert nach Journalranking

Mit Hilfe der gewonnenen Ergebnisse konnte unter anderem eine Begriffsdefinition für die Robustheit erarbeitet werden, welche als Grundlage für die weitere Forschung im Projekt dient und die Forschungsrichtung ihr entsprechend eingrenzt. Demnach ist ein System dann als robust anzusehen, wenn es unter dem Einfluss externer und/oder interner Störungen weiterhin innerhalb gesetzter Grenzen funktioniert. Robuste Systeme ertragen diese Störungen, ohne dass Änderungen an den Systemparametern vorgenommen werden müssen (CONBOY & FITZGERALD, 2004). Dem gegenüber stehen agile Systeme, die Störungen durch eine schnelle Anpassung ihrer Eigenschaften an die neuen Bedingungen überwinden (PRATER u. a., 2001). Maßnahmen, die die Robustheit des Systems steigern, sind folglich rein präventiver Natur, dienen also der Risikovermeidung und Risikoreduzierung. Der Schwerpunkt der weiteren Projektforschung wurde daher auf solchen präventiven Maßnahmen gelegt, während reaktive Maßnahmen der Risikobeherrschung folgerichtig nicht im Fokus stehen.

Die Notwendigkeit robuster Systeme für eine effiziente Ausgestaltung der Logistiknetzwerke und im speziellen der Distribution ist dabei sowohl durch die Literatur zu Störungen und Störfaktoren in den Netzwerken als auch durch Aussagen der im Rahmen des Projektes interviewten Experten belegbar. So ist zwar das Auftreten der Störungen nicht neu, die Frequenz und Intensität hat jedoch laut den befragten Unternehmen in den letzten Jahren zugenommen. Als Gründe lassen sich hier zum einen die Konzepte der produktionssynchronen Produktivgüterbereitstellung wie Just-In-Time und Just-In-Sequenz und Ansätze des Lean-Managements nennen, die auf Störungen wesentlich sensibler reagieren, da weniger Puffermöglichkeiten vorhanden sind, und dementsprechend die Störauswirkungen steigen (CRAIGHEAD u. a., 2007; SVENSSON, 2000; WAGNER & BODE, 2007). Zum anderen führen die global aufgestellten Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsnetzwerke zu einer größeren Wahrscheinlichkeit, von einer Störung betroffen zu sein, sowie zu dem erschwerten Problem



einer sich im Netzwerk propagierenden Störung. Beispiele solcher sich im Störfall negativ auswirkender Abhängigkeiten ließen sich in den letzten Jahren im Zusammenhang mit dem Vulkanausbruch in Island, dem Tsunami und dem Reaktorunglück in Japan, dem Hurrikan Katrina oder der jüngsten Wirtschaftskrise beobachten (AGGARWAL & BOHINC, 2011; CANIS, 2011; JÜTTNER & MAKLAN, 2011; NIGRO & ABBATE, 2011; WATERS, 2011).

Der überwiegende Teil der identifizierten Literatur (dargestellt in Abbildung 1) widmet sich dem Design robuster Supply Chains, also der Entwicklung von Konzepten, Modellen und Instrumenten zum Entwurf robuster Supply Chains (ex-ante). Ein ähnlich großer Anteil hat die topologische Netzwerkanalyse, welche einen graphentheoretischen Ansatz zur Untersuchung des Leistungsvermögens komplexer Netzwerke darstellt. Ein kleinerer Forschungsanteil entfällt auf die Entwicklung von Planungs- und Prognosemodellen unter Unsicherheit. Die geringste Anzahl an Veröffentlichungen (von reinen Begriffsklärungen abgesehen) erstreckt sich auf die Strategieentwicklung zur Steigerung der Robustheit von Logistiksystemen und Supply Chains. Gerade dieser Bereich ist jedoch für KMU von hoher Bedeutung, da diese auf Grund ihrer im Vergleich zu Großunternehmen oft geringeren Machtposition in den Wertschöpfungsketten nicht alleine auf Ex-ante-Gestaltungsmöglichkeiten zum Aufbau robuster Systeme vertrauen können, sondern insbesondere in existierenden Umgebungen Strategien und Maßnahmen zur Robustheitssteigerungen entwickeln müssen. Die besondere Relevanz dieses Themas in Zusammenhang mit der sich aus der Recherche abzuleitenden bisher geringen Beachtung begründet die Ausrichtung des Forschungsprojekts.

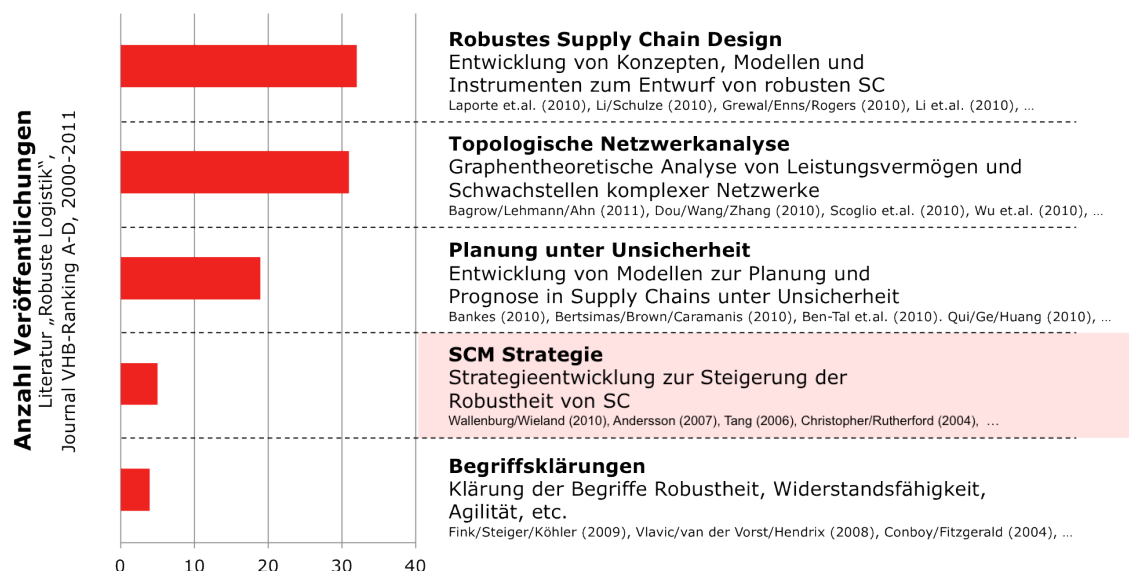


Abbildung 1: Ergebnisse der Literaturrecherche - Bedeutende Forschungsfelder im Bereich "Robuste Logistik"

Durch die Literaturrecherche konnte ein detaillierter Überblick über den Forschungsstand zum Thema robuste Distribution erarbeitet werden. Durch die Aufarbeitung der verschiedenen in der

Literatur behandelten Thematiken wurde die Entwicklung von Strategien zur Robustheitssteigerung insbesondere durch rechtzeitige Erkennung potentiell störender Einflüsse und deren zielgerichteten Abmilderung als Forschungslücke identifiziert, welche die Grundlage für das weitere Vorgehen im Projekt darstellen. Weiterhin lieferte die Literaturrecherche Input für die Wirkungsbezüge, die für die Modellbildung von entscheidender Bedeutung sind.

#### *AP 1.2 Erarbeitung eines Modells zur Robustheitsdeterminierung*

Das in AP 1.1 erarbeitete genaue Begriffsverständnis der Robustheit erforderte eine Modellbildung des Robustheitskonstrukts. Als Grundlage wurden sowohl Veröffentlichungen aus der Forschung wie auch Aussagen aus der Praxis herangezogen. Ziel war die Identifizierung von Ansatzpunkten von robustheitssteigernden Maßnahmen sowie die Einordnung und Bewertung bereits existierender Maßnahmen in Hinblick auf ihre Potentiale, eine Steigerung der Robustheit der Logistiksysteme zu bewirken. Diese bilden die Grundlage für das in AP 2 entwickelte Konzept und insbesondere auch für die Entwicklung der Instrumente zum Management robuster Distributionssysteme in AP 3.

Dem Verständnis der Logistikforschung nach bestehen logistische Netzwerke aus Knoten und Kanten, wobei Knoten Punkte der Güterproduktion, -verwendung, -lagerung und des -umschlags darstellen, während Kanten für den Gütertransport zwischen den Knoten stehen. In Konsequenz können Maßnahmen zur Robustheitssteigerung entweder in Knoten, d.h. in Prozessen der Produktion und des Lagers, oder an Kanten (d.h. im Transport) ansetzen.

Eine Steigerung der Robustheit lässt sich nach Wallenburg/Wieland durch eine Intensivierung der „Robustheitsdeterminanten“ Verlässlichkeit (Prozesse oder Elemente sind so gestaltet, dass sie bis zu einem bestimmten Grad resistent gegen Störungen sind) und Redundanz (Prozesse oder Elemente der Aufgabenerfüllung sind mehrfach vorhanden und können bei Störungen substituiert werden) erzielen (WALLENBURG & WIELAND, 2010). Basierend auf diesem in Abbildung 2 dargestellten Modell wurden verschiedene Strategien zur Robustheitssteigerung untersucht und entsprechend ihres Anwendungsbereichs klassifiziert.

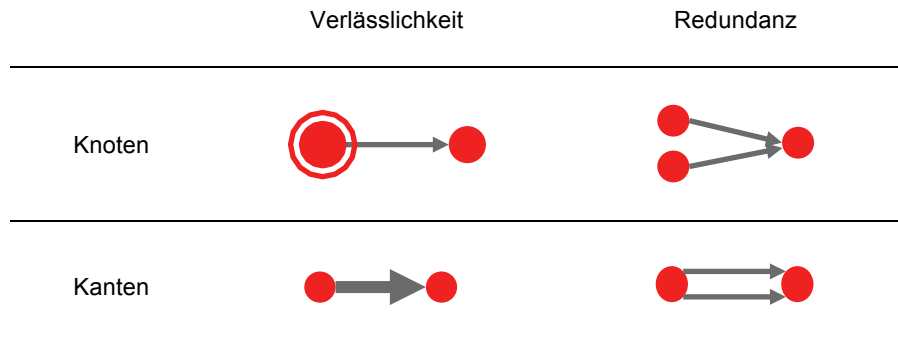


Abbildung 2: Modell der Robustheitsdeterminanten in Anlehnung an Wallenburg/Wieland (WALLENBURG & WIELAND, 2010)

Die in der Literaturrecherche gefundenen Maßnahmen zur Robustheitssteigerung werden in Tabelle 2 entsprechend ihres Ansatzpunkt (Kante oder Knoten) und ihrer Ansatzweise (Redundanz oder Verlässlichkeit) klassifiziert. Zentral ist dabei die Strategie der Kooperation, welche multiple Ansatzpunkte zur Steigerung der Robustheit liefert und sich in allen Feldern der gewählten Klassifizierung wiederfindet.

	Prozesse in Produktion und Lager (Knoten)	Prozesse im Transport (Kanten)
Redundanz	Multiple Sourcing Sicherheitsbestände Make-and-Buy	Transportflexibilität
Zuverlässigkeit	Qualifiziertes Personal Strategic Stock Postponement Nachfrage- und Versorgungssteuerung	Local Sourcing Qualifiziertes Personal

Kooperationen

Tabelle 2: Strategien zur Robustheitssteigerung

### AP 1.3 Untersuchung und Klassifizierung möglicher Störfaktoren

Robuste Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass sie trotz innerer und äußerer Störungen ohne korrigierenden Eingriff weiterhin innerhalb gesetzter Grenzen funktionieren. Zur robusten

Gestaltung logistischer Systeme ist daher die Kenntnis potentieller Störfaktoren und der daraus ggf. entstehenden Störungen wichtig. In AP 1.3 wurde eine Klassifizierung der Störfaktoren vorgenommen, anhand derer sich daraus folgende Störungen ableiten und Empfehlungen zur Strategiewahl geben lassen. Ebenfalls wurde ein Modell erarbeitet, welches darstellt, unter welchen Bedingungen Supply Chain Störfaktoren bei vorhandenen Anfälligkeiten der Supply Chain ein Risiko darstellen.

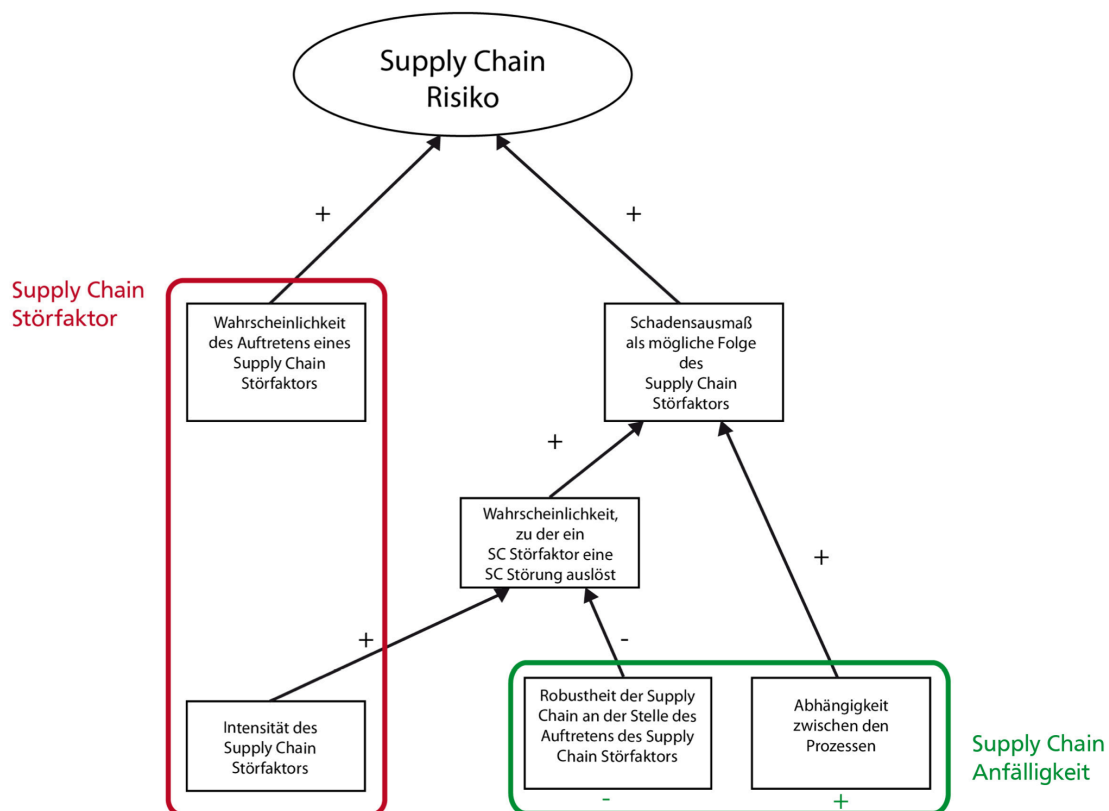


Abbildung 3: Modell des Risikobegriffs

Zum Verständnis der Beziehungen zwischen den mit der Robustheit in Zusammenhang stehenden Größen wurde ein Modell (vereinfacht dargestellt in Abbildung 3) des Risikobegriffs entwickelt, welches die Wirkungszusammenhänge zwischen Störfaktor, Anfälligkeit, Robustheit und Risiko abbildet. Risiko wird in der wissenschaftlichen Literatur in zwei gebräuchlichen Definitionen verwendet. So wird darunter zum einen die mögliche Abweichung von einem vorgegeben Zielwert verstanden und umfasst dementsprechend sowohl positive als auch negative Konsequenzen (JÜTTNER u. a., 2003). Im Einklang mit dem allgemeinen Sprachgebrauch wird jedoch in dem überwiegenden Teil der untersuchten Literatur lediglich die Gefahr von unmittelbar negativen Auswirkungen verwendet (WAGNER & BODE, 2008; ZSIDISIN, 2006). Diese Definition findet auch im Folgenden Verwendung. Risikoquellen sind demnach die Ursachen für mögliche, potentiell mit negativen Folgen belastete Abweichungen von einem angestrebten Ergebnis. Entsprechend dieser Definition sind Risikoquellen synonym zu dem

ebenfalls in der Literatur zu findenden Begriff Störfaktoren zu verwenden. Störungen stellen die tatsächlich eingetretene Abweichung, und damit ein realisiertes Risiko bzw. einen realisierten Störfaktor dar. Dabei ist zu beachten, dass eine Störung im relativ zum Zielwert gesehen wird, also einen stark situationsabhängigen und durch die Zielvorgabe subjektiv geprägten Charakter hat.

Entsprechend dem vorgestellten Modell kann in einem robusten System eine Risikoreduzierung sowohl durch die Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit einer Störung als auch durch die Reduzierung des potentiellen Schadensausmaßes realisiert werden. Letzteres ist wiederum abhängig von der Verminderung des Auftretens einer initialen Störung (lokale Robustheit des Systems) und der Verminderung der Schadenspropagierung im Netzwerk (prozedurale Robustheit des Systems).

„Gegenspieler“ der Robustheit stellen die Störfaktoren dar, die in diesem Arbeitspaket klassifiziert wurden. Ziel der Klassifizierung war – neben einer dadurch ermöglichten Fokussierung des Forschungsvorhabens auf bestimmte Störfaktorklassen – eine zweckmäßige Einteilung der Störfaktoren, um daraus generische Methoden zur Risikobewertung und Strategien zur Risikovermeidung bzw. Risikoreduzierung ableiten zu können. Diese multikriterielle Klassifizierung (Typologie) erfolgte dabei in Anlehnung an die monokriteriellen intensionale Klassifizierungen durch Wagner/Bode (WAGNER & BODE, 2008) (Klassifizierung nach Quelle) und die monokriterielle extensionale Klassifizierung durch Mitroff (MITROFF & ALPASLAN, 2003) (Klassifizierung nach Art).

Als Quelle der Störung kann dabei nach Wagner/Bode in beschaffungsseitige, absatzseitige, rechtlich/regulatorisch/bürokratische, infrastrukturelle sowie katastrophale Quellen unterschieden werden. Beschaffungsseitige Risikoquellen umfassen Störfaktoren, die sich im Beschaffungsnetzwerk<sup>3</sup> betrachteten Unternehmens finden. So kann eine Ressourcenknappheit bei benötigten Produktivgütern genauso zu einer folgenreichen Störung führen, wie mangelhafte Zukaufsteile oder starke Preisschwankungen. Unter absatzseitigen Risikoquellen werden solche Störfaktoren zusammengefasst, die sich kundenseitig z.B. durch Schwankungen in der Endverbrauchernachfrage oder Störungen im Distributionsnetzwerk manifestieren. Der Bereich der rechtlichen, regulatorischen und bürokratischen Risikoquellen beinhaltet das Risiko negativer Auswirkungen rechtlicher, politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen wie etwa Handelsbeschränkungen (als externes Risiko), aber auch schwieriger Durchsetzbarkeit von Unternehmensinteressen entlang der Supply Chain (als internes Risiko / Compliance). Infrastrukturelle Störfaktoren umfassen die aus der vom Unternehmen eingesetzten Technologie und genutzten Infrastruktur entstehenden Quellen für Risiko, während Katastrophen die Quellen überregionaler, schwerwiegender Störungen ganzer Prozesse

---

<sup>3</sup> Auch wenn in diesem Forschungsprojekt die Robustheit der Distributionsnetzwerke im Mittelpunkt steht, ist die Betrachtung von Störfaktoren in anderen Abschnitten der logistischen Kette notwendig und sinnvoll, da sich daraus unmittelbare Einflüsse auf die Distribution ergeben können.

darstellen. In Erweiterung zu der von Wagner vorgestellte Klassifizierung wurde eine zusätzliche Klasse „Wettbewerb“ eingeführt, um Risiken zu erfassen, die sich aus dem Agieren der Wettbewerber am Markt ergeben.

Die Klassifizierungsdimension nach Art wird in normale, anomale und naturbedingte Störungen unterteilt. Dabei entstehen „normale“ Störungen unbeabsichtigt und unvermeidbar auf Grund der Systemkomplexität. „Anomale“ Störungen hingegen werden durch ein beabsichtigtes und gezielt störendes Ereignis hervorgerufen. Naturbedingte Störungen sind die Konsequenz aus unvermeidbaren Naturereignissen, wie beispielsweise Feuer oder Erdbeben.

Die Einzelnen, hier angegebenen Störfaktoren, wurden anhand der sich aus dem Kreuzprodukt der Klassen ergebenden Typendefinitionen typisiert. Dabei wurden beispielsweise Streiks im Rahmen von Arbeitskämpfmassnahmen anders als bei Wagner der rechtlichen, bürokratischen und regulatorischen Klasse zugeordnet, anstatt der Infrastrukturklasse.

Die grundlegenden Ergebnisse des Klassifizierungssystems sind in Tabelle 3 dargestellt.

Quelle	Art		
	Normal	Anomal	Naturbedingt
Absatzseitig	Rezession, Aktiencrash, ...	Imagebeschädigung, ...	Feuer, Vulkanausbruch, ... in den Absatzwegen
Führt zu Peitschenhiebeeffect, Absatzproblemen			
Beschaffungsseitig	Produktfehler, Kapazitätsengpässe, Preisschwankungen, ...	Produktfälschungen, ...	Feuer, Vulkanausbruch, ... in den Beschaffungswegen
Führt zu Versorgungsengpässen, Produktionsstillstand			
Rechtlich, Bürokratisch, Regulatorisch	Regularien und Gesetze, Streiks, Mitarbeiterkündigung, ...	Regierungsumbrüche, Krieg, ...	
Führt zu lokal verringertem Handlungsspielraum			
Infrastruktur	Industrieunfälle, Stromausfall,...	Lokale Terrorakte, Manipulationen, ...	
Führt zu Produktionszusammenbruch			
Wettbewerb	Änderung der Marktanteile, Preiskampf, ...	Sabotageakte, Industriespionage, ...	
Führt zu Strategie-Fehlanpassung			
Katastrophen		Global Terrorakte, ...	Großflächige Naturkatastrophen (Erdbeben, Tsunami, ...)
Führt zu Supply Chain-Zusammenbruch			

Tabelle 3: Klassifizierung der Störfaktoren

## 1.2. Arbeitspaket 2: Konzeptentwicklung

In Arbeitspaket 2 wurde das Konzept für Robustheitssteigerung in Distributionssystemen entwickelt. Basierend aus den theoretischen und empirischen Erkenntnissen des vorangegangenen Arbeitspaketes wurden in den Modellen die Ansatzpunkte Reduzierung der Schadenseintrittswahrscheinlichkeit und Reduzierung der Schadensausmaßes für entsprechende Instrumente und Maßnahmen zur Robustheitssteigerung identifiziert. In Gesprächen mit Experten aus der unternehmerischen Praxis wurden von den Ansatzpunkten zwei getrennte Strategien zur Steigerung der Robustheit abgeleitet: Die Vermeidung des Störungseintritts durch Frühwarnung vor Störfaktoren (lokale Robustheit) und die Reduzierung von Anfälligkeit durch Unternehmenskooperationen (prozedurale Robustheit). Diese ergeben sich direkt aus dem in Abbildung 3 vereinfacht dargestellten Risikomodells, welches als Haupteinflussfaktoren für das Risiko Störfaktoren und Anfälligkeiten aufzeigt.

Die Strategie **zur Vermeidung des Störungseintritts** sieht den Aufbau eines logistischen Frühwarnsystems vor. Dazu wurden Frühwarnsysteme aus dem IT- und Finanzbereich analysiert und auf ihre Übertragbarkeit auf die Logistik überprüft. Dabei wurden die Indikatorenentwicklung, die Struktur der zugrunde liegenden Daten, der Zeithorizont, das Prognosemodell und die Art der gewonnenen Aussagen analysiert und deren Eignung hinsichtlich der Anforderungen (Literaturrecherche), Struktur (Logistikkonzeption nach PFOHL, 2004) und Einflussgrößen (Modell der Logistikvariablen nach PFOHL, 2004) überprüft. Dabei wurden bei den im Finanzbereich verbreiteten Frühwarnsystemen Modelle zur Identifikation von Frühwarnindikatoren und zur Prognose identifiziert, die ein hohes Transferpotential auf logistische Problemstellungen haben. Die Prognose- und Identifikationsmodelle der Finanz-Frühwarnsysteme stellen die Methodenebene der Frühwarnsysteme dar. Sie beschreiben die Werkzeuge, die genutzt werden, um zukünftige Entwicklungen zu prognostizieren und relevante Variablen zu identifizieren. Als geeignete Prognosemodelle wurden das Probitmodell, neuronale Netzwerke und das logistische Regressionsmodell identifiziert, während für die Identifikationsmodelle das Clustering, das Fuzzy Clustering und den Diffusionsindex als geeignet eingestuft wurden. Der Nutzen der betrachteten Prognose- und Identifikationsmodelle liegt in der Risikoanalyse. Die Identifikationsmodelle erlauben die Bestimmung von Indikatoren für die ermittelten Risiken, falls kein Kausalzusammenhang zu erkennen ist. Die Prognosemodelle können bei ausreichender Datenlage die zukünftige Entwicklung bestimmter Bereiche abschätzen. Dabei sind die Anwendung der einzelnen Modelle und deren Operationalisierung von der konkreten Ausgestaltung der Logistiksysteme abhängig. Diese zeichnen sich im Unterschied zu den Finanzsystemen vor allem dadurch aus, dass die zu analysierenden Datenmengen in vielen Fällen nur dezentral anfallen und für aussagekräftige Ergebnisse aus den Teilsystemen aggregiert werden müssen. Während sich IT

Frühwarnsysteme in der Art der Datenerhebung und Prognose nicht auf Logistikfrühwarnsysteme übertragen lassen, finden sich hier jedoch interessante Ansätze der Aggregation dezentral zur Verfügung stehender Daten. So lassen sich im individuellen Fall Topologievergleiche zwischen dem logistischen Netzwerk und dem IT-Netzwerk anstellen, um geeignete Organisationsformen der Datenaggregation auszuwählen. Auf Grundlage der oben gegebenen Klassifizierung der Störfaktoren muss eine situationsabhängige Auswertung der konkreten Störfahren erfolgen, wobei die dazu notwendigen Parameter mit den vorgestellten Modellen identifiziert und eine Prognose abgeleitet werden kann.

Die Strategie der **Kooperation** wurde identifiziert, da sie zum einen von allen in Abbildung 2 dargestellten Strategien die vielfältigsten Ansatzpunkte zur Robustheitssteigerung darstellt. Zum anderen ist sie besonders für kleine und mittlere Unternehmen relevant, da diese anders als beispielsweise Großkonzerne über signifikant weniger Redundanzen im Sinne der Robustheitssteigerung (z.B. Kapazitätsausgleich zwischen verschiedenen Standorten) und weniger Investitionskapital zum Aufbau robustheitssteigernder Maßnahmen verfügen. Während vertikale Kooperationskonzepte ein integraler Bestandteil des Supply Chain Managements sind, sind Konzepte der horizontalen Kooperation nur selten unter dem Blickwinkel der Robustheit betrachtet worden. Bisher vorgestellte Untersuchungen horizontaler Kooperation heben stattdessen insbesondere Produktivitätssteigerungen durch Skaleneffekte hervor. Das Konzept sieht die Entwicklung von Methoden und Instrumenten zur Anbahnung, Aufrechterhaltung und Evaluation von horizontalen Unternehmenskooperationen mit dem Ziel der Steigerung der Robustheit im Logistiksystem der beteiligten Unternehmen vor.

Die beiden hier vorgestellten Strategien und die dazu aufgeführten Methoden lassen sich zu einem Vorgehensmodell zur Robustheitssteigerung im Logistiksystem (und im speziellen im Distributionssystem) zusammenfügen. Dieses ist in Abbildung 4 dargestellt. So erhalten die Unternehmen eine strukturierte Herangehensweise und gleichzeitig einen Methodensatz, um in der situativen Umwelt, die sich durch charakteristische Systemtopografien und -beziehungen und individuelle Risiken auszeichnet, fundierte Maßnahmen zur Robustheitssteigerung zu ergreifen.



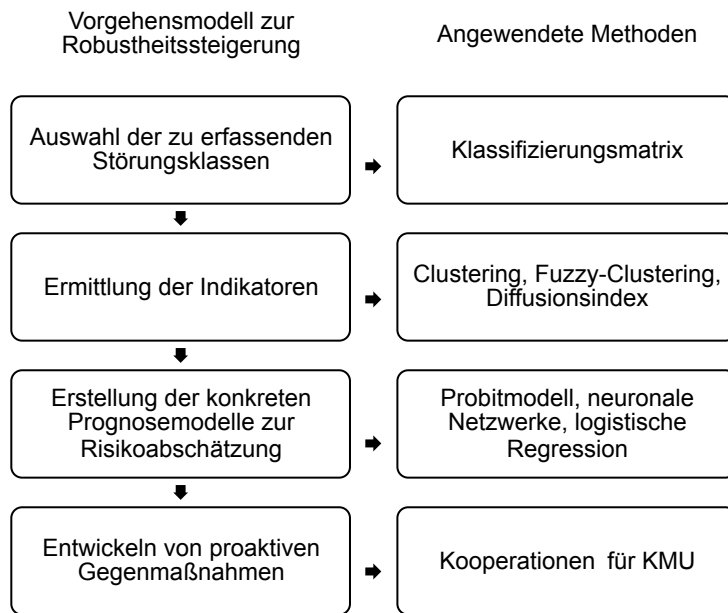


Abbildung 4: Vorgehensmodell zur Robustheitssteigerung und der dabei zu verwendenden Methoden

### 1.3. Arbeitspaket 3: Entwicklung der Instrumente

Arbeitspaket 3 hatte zum Ziel, Instrumente zu erarbeiten, die kollektive Problemlösungen im Distributionsnetzwerk unter Berücksichtigung mehrdimensionaler, komplexer Faktoren ermöglichen. Es sollen Maßnahmen und Aktionspläne abgeleitet werden, die zu robusten Handlungsroutrinen und Praktiken beitragen. Basierend auf dem im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Vorgehensmodell wurde insbesondere dessen letzter Schritt – die Entwicklung von proaktiven Gegenmaßnahmen – genauer untersucht. In AP 1.2 wurden die Kooperation zwischen Unternehmen durch das dort angewandte Modell der Systemrobustheit als zentrale Strategie zur Robustheitssteigerung identifiziert. Sie ermöglichen bei effektivem Kooperationsmanagement gleichzeitig eine Erhöhung der Zuverlässigkeit und Redundanz und nutzt damit die beiden gegebenen grundlegenden Ansatzpunkte zur Steigerung der Systemrobustheit. Außerdem sind kooperative Strategien sowohl auf die Netzwerkkanten, als auch auf die Netzwerkknoten anwendbar. Kooperationen stellen sich damit in der von uns aufgestellten Strategienklassifizierung die einzige Universalstrategie dar, die jedoch durch individuelle Ausgestaltung der jeweiligen speziellen Ausprägung eines Logistiksystems gerecht werden kann. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen, die auf Grund ihrer geringen Größe und Machtposition in Supply Chains nicht über die Möglichkeiten von größeren Unternehmen verfügen (Risikodifferenzierung durch Netzwerk aus Standorten, finanzielle Ausstattung für risikosenkende Investitionen, strategisches Know-How, Finanzpolster zur Abmilderung von Störereignissen), bieten Kooperationen große Chancen zur proaktiven

Reduzierungen von Störungen und deren Auswirkungen auf die Logistiksysteme. Der Fokus des Forschungsprojekts wurde auf horizontale Kooperationen gelegt. KMU treten oft als Zulieferer zu großen Original Equipment Manufacturers (OEM) auf (Tier 1, Tier 2 etc.), so dass ihre Lieferfähigkeit einerseits eine Schlüsselstellung für die Robustheit ganzer Wertschöpfungsketten einnimmt, andererseits aber eine geringe Machtposition gegenüber den Kunden besteht und sich so robustheitssteigernde Maßnahmen, die die Integration der Kunden erfordern, nur schwierig durchsetzen lassen. Horizontale Kooperationen erlauben durch den Zusammenschluss mehrerer Unternehmen auf der gleichen Wertschöpfungsstufe zum einen, diese Machtdefizite zu vermindern und gleichzeitig als „Zusammenarbeit unter Gleichen“ kooperative Lösungsansätze zu entwickeln.

Im Folgenden wurde untersucht, welche Logistikfunktionen und -prozesse für eine Kooperation geeignet sind. Dabei wurde die Distribution als phasenspezifisches Subsystem der Logistik entsprechend ihrer verrichtungsspezifischen Subsysteme in einzelne Standardprozesse und Funktionen aufgegliedert. Diese wurden jeweils durch eine Recherche von bisherigen Forschungsvorhaben zu darauf angewendeten kooperativen Ansätzen und durch eine Potentialbewertung mit den Experten der Praxis als geeignet oder nicht geeignet eingestuft. Als geeignet identifiziert wurden Prozesse in den Bereichen Lagerhaus, Lagerhaltung und Transport. Insbesondere gemeinsam genutzte Lager (Multi User Logistics Facilities) und gemeinsam genutzte Transporte wurden als wichtig für die weitere Untersuchung eingestuft. Die Vielzahl der Kooperationsmöglichkeiten wurde zum besseren Verständnis und zur Gewinnung generalisierter und damit übertragbarer Ergebnisse abstrahiert und zwei grundlegende Kooperationsformen unterschieden. So können Kooperationen durch die gemeinsame Nutzung von realen und durch die gemeinsame Nutzung virtueller Güter zustande kommen. Während virtuelle Güter beliebig repliziert werden können, sind reale Güter in der zur Verfügung stehenden Zahl beschränkt, d.h. die Mitbenutzung dieser Güter durch andere führt unweigerlich zu einer Nutzungseinschränkung beim ursprünglichen Nutzer. Bei realen Gütern ist dabei vorrangig die Aufteilung von Bedeutung, während bei virtuellen Gütern das Vertrauen in die Kooperationspartner im Vordergrund steht. Als Beispiel für diese Güterklassen, anhand deren die kooperative Nutzung im Projekt untersucht wurde, wurden für virtuelle Güter Informationen und für reale Güter Produktivgüter gewählt. Die Forschung erstreckte sich dabei auf zwei untersuchte Wirkbedingungen. Zum einen wurde die Effektivität der jeweiligen Kooperationen in Hinblick auf die Robustheitssteigerung (Kooperationseffektivität) gemessen, zum anderen wurde aber auch untersucht, in wie weit die Teilnehmer überhaupt bereit sind, solche Kooperationen einzugehen (Kooperationsbereitschaft). So sollte sichergestellt werden, dass die entwickelten Instrumente an diesen, für eine Robustheitssteigerung beide notwendigen Bedingungen greifen. Die Verknüpfung der Wirkbedingungen und der beiden Güterarten ist als Hypothesenkonstrukt der Untersuchung in Abbildung 7 dargestellt.

	Virtuelle Güter Geteilte Information	Reale Güter Geteilte Produktionsfaktoren
Kooperationsbereitschaft Einsatz der geteilten Güter	H1,1: Horizontal geteilte Information wird von den Akteuren mit dem Zweck der Robustheitssteigerung eingesetzt.	H2,1: Horizontaler Handel mit Produktionsfaktoren wird von den Akteuren mit dem Zweck der Robustheitssteigerung eingesetzt.
Kooperations-effektivität Nutzen aus dem Einsatz	H1,2: Der Einsatz horizontal geteilter Information führt zu einer Robustheitssteigerung	H2,2: Der horizontale Handel mit Produktionsfaktoren führt zu einer Robustheitssteigerung

Abbildung 5: Wirkbedingungen und Güterarten der bei horizontaler Kooperation zur Robustheitssteigerung

#### 1.4. Arbeitspaket 4: Gestaltung und Ausarbeitung der Instrumente

Ziel des vierten Arbeitspakets war es, in Folge an den in den vorangegangenen Arbeitspaketen erfolgten Konzeptentwurf und Instrumentenentwicklung, eine konkrete Realisierung dieser Instrumente umzusetzen. Die Untersuchung der zu klärenden Fragestellungen wurde die Methode der wirtschaftswissenschaftlichen Experimente gewählt. Diese erlauben durch die Kontrolle sämtlicher externer Variablen die Erforschung von Ursache-Wirkungszusammenhängen, welche in der komplexen Realität nicht eindeutig zu identifizieren wären. So wird eine hohe interne Validität sichergestellt, welche gleichermaßen durch die Einbindung der Praxispartner zur Sicherstellung der Generalisierbarkeit ohne Verlust der externen Validität erzielt werden kann. Im Gegensatz zu Experimenten in anderen Wissenschaftsbereichen zeichnen sich wirtschaftswissenschaftliche durch monetäre Anreize als Primärmotivation der Beteiligten aus. So wird eine weitestgehend von allen Studienteilnehmern gleichbewertete Anreizstruktur geschaffen, die eine Untersuchung des Entscheidungsverhaltens unabhängig vom Hauptmotiv zulässt. Zu den bekanntesten Beispielen aus dem Bereich der experimentellen Logistik zählt das von Forrester vorgestellte Beer Distribution Game zur Veranschaulichung des Peitschenhiebeeffekts (Bullwhip Effect).

Basierend auf dem Kooperationsinstrument wird ein konkretes Experimentendesign entwickelt, um die Umstände, unter denen eine Kooperation zwischen KMU zur Steigerung der Systemrobustheit zustande kommen kann und welche Konsequenzen sich daraus ergeben, näher zu untersuchen. In Verbindung mit dem Instrument der Risikoauswertung (Störfaktoren und Frühwarnung in Supply Chains) wird ein weiteres Experimentendesign zur Untersuchung der relevanten Entscheidungsgrößen ausgearbeitet.

Entsprechend der verschiedenen zu untersuchenden Güterarten wurden zwei unterschiedliche Experimente durchgeführt, die sich in den Arbeitspaketen 4.1 und 4.2 wiederfinden. Zusätzlich

wurde ein weiteres Experiment zur Betrachtung des Einflusses von Unsicherheit (also ein noch nicht quantifiziertes Risiko) in Arbeitspaket 4.3 bearbeitet.

Die Experimente wurden mit Studierenden der Technischen Universität Darmstadt durchgeführt. Diese nahmen die Rolle von Entscheidern in mehreren, in einer Supply Chain agierenden Unternehmen ein, deren Reaktion und Maßnahmen auf eine nicht vorhersehbare Änderung beobachtet wurden. Die Experimente wurden als Randomized Controlled Trial mit 30 Teilnehmern je Gruppe und Experiment durchgeführt. Innerhalb einer Gruppe wurden zehn Supply Chain mit drei Wertschöpfungsstufen modelliert, die Zulieferung der Produktivgüter für die letzte Stufe sowie die Endkundennachfrage wurde von den Autoren vorgegeben. Die Endkundennachfrage entwickelte sich für alle Supply Chains identisch. Die Übertragbarkeit des beobachteten Entscheidungsverhaltens bei Studenten auf andere Bevölkerungsgruppen und insbesondere Entscheider in Unternehmen wurde in der wissenschaftlichen Literatur bestätigt (SIEMSEN, 2011; STEVENS, 2011; THOMAS, 2011).

#### *AP 4.1 Experiment zur Untersuchung der Bereitschaft und Auswirkung horizontaler Informationsweitergabe*

Mit Hilfe mehrerer wirtschaftswissenschaftlicher Experimente wurde die Bereitschaft zur Weitergabe von Nachfragedaten an kooperierende Unternehmen der gleichen Wertschöpfungsstufe getestet und gleichzeitig Aussagen über deren Wirksamkeit zur Verbesserung der Lieferfähigkeit unter Störungen als Maß für die gesteigerte Systemrobustheit gewonnen. Das Experimentendesign setze an dem grundlegenden Design des in Forschung und Lehre häufig eingesetzten „Beer Distribution Game“ an (CROSON u. a., 2004; GUPTA u. a., 2002; STECKEL u. a., 2004; STERMAN, 1989). Während bisherige Experimente jedoch ausschließlich die vertikale Kooperation über die Stufen der Supply Chain betrachten, wurde das Design im Forschungsprojekt so modifiziert, dass die horizontale Kooperation der Unternehmen einer Wertschöpfungsstufe untersucht werden konnte. Simuliert wurde die Störung als sprunghafter Anstieg der Endkundennachfrage in einer modellierten Supply Chain, welcher definitionsgemäß zum Auftreten eines Bullwhip-Effekts (dem über die Wertschöpfungsstufen hinweg zunehmend auftretenden Missverhältnis zwischen Lieferfähigkeit und Kundennachfrage) führt. Beobachtet werden konnten deutlich abgemilderte Schwankungen in der Lieferfähigkeit der Unternehmen, wenn ein horizontaler Informationsaustausch wie beschrieben stattfand. In Abbildung 6 sind als ein Ergebnis die durchschnittlichen Ineffizienzen (hier vereinfacht als Summe aller Lieferrückstände und Bestände) je Unternehmen und Periode dargestellt. Dabei lassen sich deutlich geringere Ineffizienzsituationen bei Informationsaustausch als im Fall ohne Informationsaustausch erkennen.

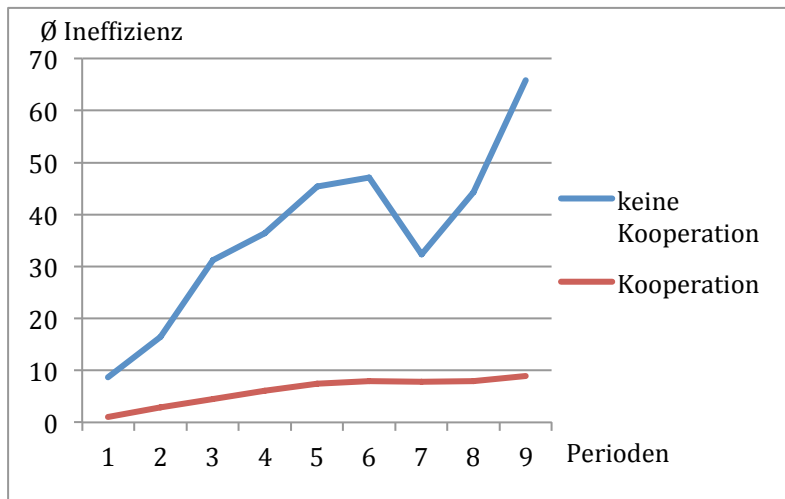


Abbildung 6: Durchschnittliche Ineffizienz (hier vereinfacht dargestellt als Summe aller Lieferrückstände und Bestände) je Unternehmen und Periode in Abhängigkeit davon, ob ein Informationsaustausch zwischen den Unternehmen zustande kommt.

Der Informationsaustausch führt zu einem geänderten Bestellverhalten der einzelnen Teilnehmer, welches dadurch wesentlich genauer die tatsächliche Nachfrage des Endkunden widerspiegelt. Durch die anschließende Befragung der Teilnehmer konnten zwei zentrale Motive in der Änderung des Bestellverhaltens identifiziert werden. So trägt zum einen eine bessere Abschätzung der Endkundennachfrage zu einer geringeren Verstärkung des Bullwhipeffekts über die Wertschöpfungsstufen bei. Fehleinschätzungen der Endnachfrage durch die vorgelagerte Wertschöpfungsstufe können mit der zusätzlichen Information kompensiert werden, und so langfristig eine der tatsächlichen Nachfrage entsprechende Bevorratung bzw. Beschaffung dienen. Dadurch werden sowohl zu hohe Bestände als auch Lieferunfähigkeiten vermieden. Als zweites Motiv lässt sich ein gesteigertes Sicherheitsgefühl durch die zusätzliche Information identifizieren. In dem Bewusstsein, ein akkuratere Kenntnis der Nachfrageentwicklung zu besitzen, wird insbesondere bei risikoaversen und daher zu hohen Sicherheitsbeständen neigenden Akteuren ein geringerer Sicherheitsbestand aufgebaut und eine geringere Kapitalbindung erzielt.

Auch zur Bereitschaft, den entsprechenden Informationen der jeweiligen Kooperationspartner Vertrauen zu schenken und diese in die eigenen Entscheidungen mit einzubeziehen, konnte im Experiment bestätigt werden: So wurden in 70% aller Entscheidungsfälle durch das Vorhandensein der zusätzlichen Informationen andere Entscheidungen getroffen. Durch diese Bereitschaft und die Auswirkungen lässt sich ein positiver Beitrag zur Steigerung der Robustheit der Distributionssysteme beobachten.

#### *AP 4.2 Experiment zur Untersuchung der Bereitschaft und Auswirkung horizontaler Kooperation*

In einem weiteren Experiment wurde der Austausch realer Gütern getestet, wobei deren Eigenschaft, nicht ohne Einschränkungen der eigenen Nutzung an andere übertragen werden zu können, der definierende Unterschied zum vorangegangenen Experiment darstellt. In den Experimenten wurden als Beispielressource zwischen den Unternehmen austauschbare Produktivgüter genutzt, die gewonnenen Ergebnisse sind jedoch auch auf andere Ressourcen übertragbar. Als interessantes Beispiel sind logistische Kapazitäten wie die bereits angesprochenen Lager- und Transportkapazitäten zu nennen, da sie dieselben grundlegenden und in den Experimenten modellierten Eigenschaften besitzen.

In dem Versuchsaufbau wurde davon ausgegangen, dass die Unternehmen einer Wertschöpfungsstufe ihre Produktivgüter ohne technische Probleme untereinander austauschen können, da bei den Untersuchungen verhaltensbezogene und nicht technische Aspekte im Vordergrund standen. Für diesen horizontalen Handel wurde ein Güterpreis vorgegeben, der exakt in der Mitte zwischen Einkaufs- und Verkaufspreis lag. Auf eine Preisverhandlung zwischen den Akteuren wurde zu Gunsten einer Komplexitätsreduktion verzichtet, zumal nicht das Verhandlungsgeschick, sondern die Kooperationsbereitschaft und -effektivität untersucht werden sollte. Zu den wissenschaftlichen Aussagen über solche Verhandlungslösungen existieren zudem zahlreiche Veröffentlichungen auf dem Gebiet der kooperativen Spieltheorie.

In den Experimenten konnte nachgewiesen werden, dass sowohl die Bereitschaft der Kooperationspartner, eine solche Kooperation einzugehen, gegeben ist, als auch dass diese ein effektives Mittel der Robustheitssteigerung und Risikoreduktion für Unternehmen in der Wertschöpfungskette darstellt. In Abbildung 7 sind analog zum vorangegangenen Experiment die durchschnittlichen Ineffizienzen aufgetragen, die durch die Kooperation deutlich geringer ausfallen als in der Kontrollgruppe ohne Kooperation. In den Experimenten wurde jeder sechste Zukauf bzw. Verkauf auf dem horizontalen Markt getätigt, die Kooperation spielte also eine beachtenswerte Rolle in der Korrektur der Bestände bzw. Fehlmengen und erklärt die erzielte Verbesserung. 93% der Teilnehmer wählten im Experiment die Möglichkeit, mit Unternehmen der gleichen Wertschöpfungsstufe Bestände auszugleichen.

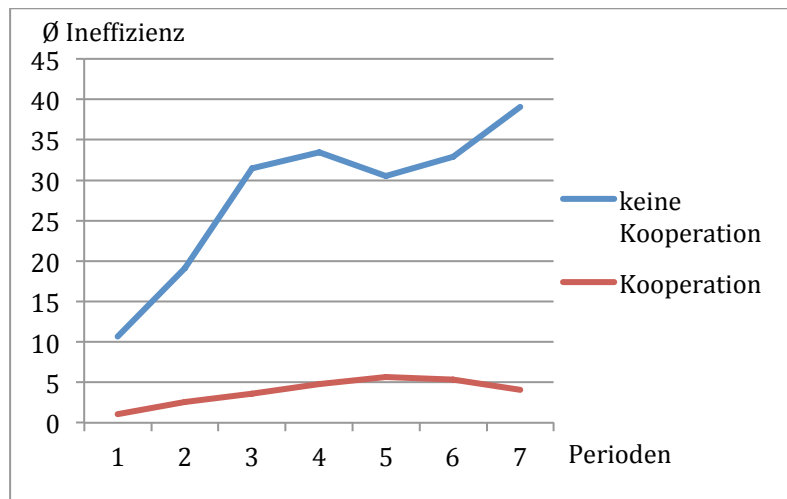


Abbildung 7: Durchschnittliche Ineffizienz je Unternehmen und Periode in Abhängigkeit davon, ob der horizontale Handel mit Produktivgütern möglich war

Die neu eröffnete Möglichkeit der horizontalen Kooperation in Form der gemeinsamen Nutzung realer Güter führt jedoch auch zum einem weiteren, in den Experimenten bestätigten Effekt. Durch den vorhandenen formalen Rahmen, die Güter horizontal zu handeln bietet sich den einzelnen Unternehmen ein zusätzlicher, wenn auch weniger profitabler, Markt, den es unter der Absicht, seine Absätze zu steigern, zu erschließen versuchen kann. Dies hatte im Experiment bei den Akteuren, die diese Strategie verfolgten, die Konsequenz, dass höhere Bestände in der Erwartung aufgebaut wurden, diese auf dem „horizontalen Markt“ an Unternehmen gleicher Wertschöpfungsstufe zu veräußern und so eine Umsatzsteigerung zu erzielen. Dadurch wurden die positiven Effekte der Kooperation zu einem Teil wieder gemindert. Um diese Fehlanreize zur zusätzlichen horizontalen Vermarktung der Ressourcen abzumindern und die uneingeschränkte Steigerung der Robustheit zu erreichen, sind im gewählten Modell zielgerichtete Gegenmaßnahmen notwendig. So wäre beispielsweise eine Verpflichtungserklärung der kooperierenden Unternehmen oder eine mengenmäßige Beschränkung der horizontalen Verkäufe denkbar. In der Realität wäre durch den von Angebot und Nachfrage bestimmten horizontalen Abverkaufspreis ein weiterer Mechanismus gegen eine den ursprünglichen Intentionen widersprechende Ausnutzung der Kooperation gegeben.

#### *AP 4.3 Experiment zur Untersuchung von horizontalen Kooperationen unter einseitiger Unsicherheit*

Bei den bisher vorgestellten Experimenten wurde immer symmetrisches, d.h. beide Verhandlungspartner gleichermaßen betreffende Unsicherheit ausgegangen. Da die jeweils herrschende Unsicherheit stark von der individuellen Situation des Unternehmens abhängt, ist jedoch die Auswirkung einer asymmetrischen Unsicherheit auf die Kooperationsbereitschaft zu untersuchen. Unter einem ähnlichen Experimentendesign wie in den vorangegangenen

Arbeitspaketen wurden daher die Auswirkungen einer maximal asymmetrischen (d.h. nur für einen Spieler herrschenden) Unsicherheit beobachtet. Durch dieses Experiment wurden die beiden Themenfelder „Störfaktoren“ und „Kooperation“ auch in der Empirie miteinander verknüpft.

In den Experimenten wurde eine Verhandlungssituation über die Aufteilung einer Ressource bzw. eines Kooperationsgewinns modelliert. Als Grundlage diente hier das Ultimatum Spiel, welches seit vielen Jahren in der Wissenschaft zur Untersuchung von Gewinnaufteilungen genutzt wird (CAMERER & THALER, 1995; GÜTH & TIETZ, 1990; GÜTH & VAN DAMME, 1998; LEE & LAU, 2013; NOWAK u. a., 2000). Neu wurde jedoch der Aspekt der einseitigen Unsicherheit inkorporiert. Während der das Angebot unterbreitende Spieler seinen Gewinn im Kooperationsfall sicher realisieren konnte, war sein Gegenspieler der Gefahr ausgesetzt, einen Teil seines Gewinns zu verlieren. Von Interesse bei der Untersuchung war nun, wie die herrschende Unsicherheit das Angebot des ersten Spielers und die Kooperationsbereitschaft des Gegenspielers beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass der mit der Unsicherheit bedrohte Spieler seine Verhandlungsstrategie ändert. Die Ablehnungsschwelle für Angebote steigt signifikant; als zu gering empfundene Verteilungsvorschläge werden deutlich häufiger abgelehnt als im Fall ohne Unsicherheit. Die bedrohten Spieler verlangen demnach eine teilweise Übernahme des aus der Unsicherheit resultierenden Risikos durch den Kooperationspartner. Annahmen, Spieler würden im Fall der Unsicherheit auch geringere Angebote akzeptieren („er nimmt, was er bekommen kann“), mussten hingegen verworfen werden. Dies zeigt, dass sich die drohende Unsicherheit für den einen Spielers nicht durch den anderen ausnutzen lässt. Bei den Untersuchungen wurde eine Fallunterscheidung vorgenommen, ob über den Eintritt des Verlustfalls nach jeder Periode einzeln oder am Ende über alle Perioden insgesamt entschieden wurde, d.h. die Unsicherheit regelmäßig einen Teil des Gewinns oder kumuliert rückwirkend den Gesamtgewinn bedrohte. Obwohl der Erwartungswert des Verlusts in beiden Fällen identisch war, führte die rückwirkende Bedrohung des Gesamtgewinns zu deutlich gestiegenen Ablehnungsquoten. Die Unsicherheit wird von den Spielern als bedeutender eingeschätzt und eine größere Übernahme durch den Kooperationspartner gefordert, je später im Kooperationsverlauf deren Auswirkungen bekannt werden.

Mit den Ergebnissen konnte ebenfalls gezeigt werden, dass der von der Unsicherheit nicht betroffene Spieler bereit ist, einen größeren Anteil des Gewinns an seinen Gegenspieler abzutreten und damit einen Teil des aus der Unsicherheit resultierenden Risikos zu übernehmen. Die durchschnittlichen Angebote an den Gegenspieler sind in Abbildung 9 dargestellt. Dies ist sogar in den Fällen evident, in denen noch keine Verhandlung zwischen den Spielern stattfand und von einer geringeren Kooperationsbereitschaft des Gegenspielers ausgegangen werden musste. Dies lässt auf einen antizipativen Charakter der Bereitschaft der



Risikoübernahme schließen und beruht nicht allein auf der veränderten Verhandlungstaktik des Gegenspielers. Dieser Effekt unterschied sich jedoch nicht in Bezug auf den Zeitpunkt, zu dem sich der Eintritt der negativen Auswirkungen entschied. Anders als von den von der Unsicherheit bedrohten Spielern gefordert zeigten die Kooperationspartner keine höhere Bereitschaft zur Risikoübernahme, wenn der Verlust rückwirkend eintritt.

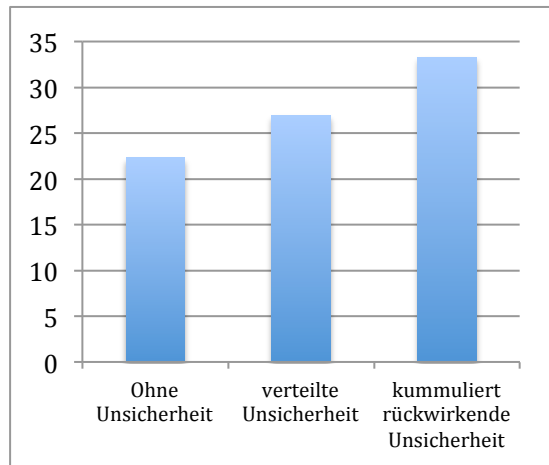


Abbildung 8: Durchschnittliche Höhe der vom mit Unsicherheit belasteten Spieler abgelehnten Angebote

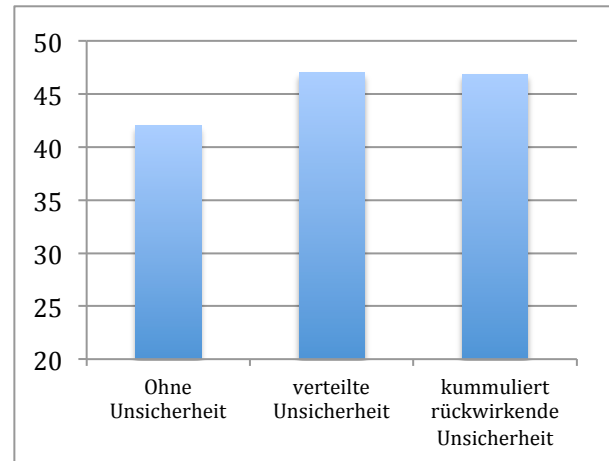


Abbildung 9: Vorgeschlagene Gewinnverteilung (Dargestellt ist der dem Gegenspieler zugestandene prozentuale Anteil am Kooperationsgewinn)

### 1.5. Arbeitspaket 5: Demonstrator

Um die im Projekt erarbeiteten Forschungsergebnisse zu veranschaulichen sowie konkrete und umsetzbare Erkenntnisse für die Praxis zu vermitteln, werden diese in Form eines Demonstrators im Rahmen der im Internet öffentlich zugänglichen Ergebnisdokumentation dargestellt. Hier wird es dem Besucher möglich sein, konkrete Entscheidungssituationen zu simulieren und deren Auswirkungen direkt zu beobachten. Der Demonstrator enthält zusätzlich einen Leitfaden, der mittels einer strukturierten und umfangreichen Darstellung die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse über Supply Chain Risiken und Störungen, die Frühwarnung und Unternehmenskooperationen interessierten KMU Chancen, Hemmnisse und Strategien in der Gestaltung robuster Distributionsnetzwerke vermittelt. Die Interaktivität des Webauftritts erlaubt dabei multidimensionale Zugangsmöglichkeiten zu den geschilderten Problematiken, so dass im Gegensatz zu linear aufgebauten Berichten eine benutzerspezifische Präsentation der Ergebnisse möglich ist. Besonderen Stellenwert hat die in den Webauftritt integrierte Simulationsumgebung, in der die Entscheidungssituationen der Unternehmer realistisch nachempfunden werden. Der Nutzer nimmt dabei die Rolle des Entscheiders eines in eine Supply Chain eingebetteten KMUs wahr, welcher über einen mehrperiodischen Zeitraum Entscheidungen bezüglich der logistischen Strategie treffen muss. Dabei steht er sowohl in

Verbindung mit den Zulieferern und Kunden, als auch anderen KMU gleicher Wertschöpfungsstufe, die je nach Strategie als Kooperationspartner oder Wettbewerber betrachtet werden können. Die Reaktion der anderen Akteure werden dabei entsprechend der im Projekt gewonnenen Ergebnisse simuliert, so dass ein Transfer der Entscheidungskonsequenzen auf eine Realsituation sichergestellt und wissenschaftlich fundiert ist. Der Nutzer erhält somit ein Live-Feedback zu den von ihm getroffenen Entscheidungen und kann so die Auswirkungen seines Handelns beobachten und Entscheidungsstrategien erlernen. Die Vor- und Nachteile bestimmter Strategiealternativen sollen so bewusster wahrgenommen und verinnerlicht werden. Der Demonstrator bietet damit einen deutlichen Mehrwert gegenüber anderen Formen der Ergebniskommunikation.

Die Benutzer können die in den drei durchgeführten Experimenten simulierten Rahmenbedingungen als Setting auswählen und jederzeit die Auswirkungen Ihrer Entscheidungen beobachten. Die Einstiegsseite zu den drei Settings ist in Abbildung 10 dargestellt.

TU | WI | **Unternehmensführung und Logistik** | Aktuelles | Team | Lehre | Forschung | Public Relations | Intern

TU Darmstadt » WI » Unternehmensführung und Logistik » Intern

**Unternehmensführung und Logistik**

**Einführung**

**Projektdateien**

**Stand der Forschung**

**Modell der Robustheit**

**Konzepte zur Robustheitssteigerung**

**Demonstratoren**

- Informationsaustausch
- Gemeinsame Nutzung von Produktionsfaktoren
- Einfluss der Unsicherheit

**Management robuster Distributionssysteme Demonstratoren**

Um die Forschungsergebnisse zur robustheitssteigerung in Logistiksystemen anschaulich zu vermitteln, bieten wir mit drei Demonstratoren die Möglichkeit, die Auswirkungen von Managerentscheidungen im Experiment zu erleben.

Sie können dabei die Rolle des Entscheiders eines Unternehmens in einer Supply Chain einnehmen. Sie interagieren dabei mit anderen Unternehmen, die durch den Computer simuliert werden, deren Spielverhalten aber dem in echten Experimenten gewonnenen Ergebnissen entspricht.

**Auswirkung des Informationsaustauschs**

In diesem Experiment wird den Spielern die Möglichkeit geboten, Informationen mit anderen Unternehmen der gleichen Wertschöpfungsstufe zu teilen, um zu einer besseren Einschätzung der Endkundennachfrage zu gelangen.

[Zum Experiment](#)

**Auswirkungen von gemeinsamen Nutzen von Produktionsfaktoren**

Die Spieler erhalten nun die Möglichkeit, Produktionsfaktoren mit anderen Unternehmen der gleichen Wertschöpfungsstufe gemeinsam zu nutzen. In dem Beispiel wird das durch den Handel mit Produktivgütern simuliert, welcher Abhilfe bei Fehlmengen oder zu großen Beständen schaffen kann.

[Zum Experiment](#)

**Auswirkungen von einseitiger Unsicherheit**

In diesem Experiment können die Auswirkungen einer nicht alle Kooperationspartner in gleichem Maße betreffenden Unsicherheit bezüglich der Umweltbedingung interaktiv beobachtet und deren Einfluss auf das Kooperationsverhalten festgestellt werden.

[Zum Experiment](#)

Abbildung 10: Screenshot Demonstrator

### **3. Bewertung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten**

Die beiden Strategien zur Robustheitssteigerung – Frühwarnung und Kooperation – wurden unter Beteiligung der Praxispartner aufgrund eines von den Unternehmen bekundeten Interesses als Hauptziele des Forschungsvorhabens definiert. Durch das vorgestellte Vorgehensmodell wurden beide Strategien zu einer übergeordneten Strategie vereint, die so strukturierte Maßnahmen zur Steigerung der Robustheit des Logistiksystems im Allgemeinen und des Distributionssystems im Speziellen zulässt. Der individuellen Ausgestaltung der Logistiksysteme wurde durch einen flexiblen Methodensatz Rechnung getragen, so dass ein Transfer auf die unterschiedlichst gestalteten Distributionssysteme und vorherrschenden Risiken gelingt. Die zentrale Strategie der horizontalen Kooperationen bietet dabei gerade KMU die Chance, auf Grund der geringeren Unternehmensgröße bestehende Hemmnisse zu überwinden und nachhaltig robuste Systeme zu etablieren. Durch strategische Aufstellung mit weniger störungsanfälligen und damit besser planbaren Prozessen kann den Unternehmen eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit gelingen.

Sowohl horizontale Kooperationen als auch die besonderen Herausforderungen von KMU bei der Steigerung der Systemrobustheit sind nach dem Wissen der Autoren, welches auf den umfangreichen, im Projekt durchgeführten Literaturstudien beruht, bisher wissenschaftlich nur am Rande untersucht. Mit den gewählten Forschungsmethoden, insbesondere den wirtschaftswissenschaftlichen Experimenten, konnten zum einen neue Erkenntnisse in diesem wenig beforschten Feld gewonnen werden. Zum anderen erlaubt das anschauliche und praxisnahe Design der jeweiligen Experimente die direkte Übertragung der Erkenntnisse auf reale Entscheidungssituationen in KMU, so dass der Anspruch einer anwendungsorientierten Forschung erfüllt wurde. Die erarbeiteten Modelle und Methodensätze als Instrument der Entscheidungsunterstützung ermöglichen den KMU, wissenschaftlich belegte Erkenntnisse auf die aktuelle Situation anzupassen und in die Managementprozesse einfließen zu lassen. Die bearbeiteten Themen werden nach Einschätzung der beteiligten Forscher und Unternehmen in Zukunft an Bedeutung zunehmen. Das Projekt liefert damit innovative Impulse im strategischen Logistikmanagement speziell für KMU.

#### 4. Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Der Transfer der im Projekt erzielten Ergebnisse erfolgte in Teilen bereits während der Projektlaufzeit und wurde bzw. wird jedoch nach Projektabschluss entsprechend der bereits in den Zwischenberichten dargelegten Planung vorangetrieben. Die Transferstrategie stützt sich dabei auf die Maßnahmen der schriftlichen Veröffentlichung, Vorträge durch die Projektmitarbeiter, Expertengespräche, den bereits vorgestellten Demonstrator mitsamt der kompletten, interaktiven Ergebnispräsentation sowie einer Multiplikationswirkung durch Wirtschaftsverbände und Industrie- und Handelskammern.

Bereits schriftlich veröffentlicht wurden Beiträge mit Projektergebnissen in den Beitragsbänden der Konferenzen Logistikmanagement 2011 (ELBERT & TRÄNKNER, 2011) und International Scientific Symposium for Logistics 2012 (ELBERT u. a., 2012b), die sowohl von Wissenschaftlern als auch von Vertretern der Praxis besucht werden. In den Fachzeitschriften LOG.kompass (ELBERT & TRÄNKNER, 2012a), LogReal.direkt (ELBERT u. a., 2012a), die sich direkt an Unternehmen der Logistikbranche richten, und dem Sammelband der Zukunftsinitiative Rheinland Pfalz (ELBERT & TRÄNKNER, 2012b), ebenfalls mit unternehmerischem Fokus, wurden ebenfalls Beiträge mit Projektergebnissen veröffentlicht. Nach Projektabschluss ist die Veröffentlichung in zwei weiteren Fachzeitschriften sowie im Jahrbuch Logistik angestrebt und aktuell in Arbeit.

Vorträge durch die am Projekt beteiligten Wissenschaftler wurden bei den oben aufgeführten Konferenzen sowie im Rahmen eines Unternehmertreffens der Logistikbranche bei der Industrie- und Handelskammer Aschaffenburg gehalten. Ein weiterer Vortrag ist im Rahmen eines Unternehmertreffens bei der Industrie- und Handelskammer Darmstadt mit Vertretern aus der Logistik- und Mobilitätsbranche geplant.

Während der Projektlaufzeit wurden Gespräche mit über 30 Vertretern aus der Praxis geführt. Auf Anregung der Beteiligten fanden diese überwiegend zum Ende der Projektlaufzeit statt, so dass die Ergebnisse mit den Experten reflektiert und auch bereits in die Praxis transferiert werden konnten. Die im Projekt erzielten Ergebnisse fallen in den vom Fachgebiet Unternehmensführung und Logistik auch weiterhin verfolgten Forschungsschwerpunkt der Kooperationen im Bereich der Logistik, so dass hier in der weiteren Forschung Expertengespräche mit Praxisvertretern anstehen, in denen die Ergebnisse vorgestellt bzw. auf die im Internet zugängliche Ergebnisdokumentation und den Demonstrator hingewiesen wird.

Der Demonstrator selbst stellt auf Grund der interaktiven Ergebnispräsentation und der konkret durchzuspielenden Entscheidungssituationen eine der effektivsten Transferoptionen der Projektergebnisse da. Genauere Details hierzu finden sich im Abschnitt 2.5. Der Demonstrator wird dabei für die Öffentlichkeit zugänglich gemeinsam mit einer strukturierten und leicht

verständlichen Ergebnisdokumentation auf einer Internetpräsenz zur Verfügung gestellt.

Um die Bekanntheit der aufgeführten Veröffentlichungen und insbesondere des Demonstrators zu erhöhen, sollen die Ergebnisse auch durch die Bundesvereinigung Logistik sowie die IHK Aschaffenburg und Darmstadt verbreitet werden. Dies geschieht beispielsweise durch einen Hinweis auf der entsprechenden Verbands- bzw. Kammerhomepage sowie durch Newsletter.

Bereits erfolgte Maßnahmen in Bezug auf den Ergebnistransfer (Tabelle 4):

<b>Maßnahme</b>	<b>Ziel</b>	<b>Rahmen</b>
<b>A Schriftliche Veröffentlichung</b>	Ergebnistransfer in die Wirtschaft und Austausch mit Forschern	<b>A1</b> ZIRP <b>A2</b> LM 2011 <b>A3</b> ISSL 2012 <b>A4</b> LOG.kompass <b>A5</b> LogReal.direkt
<b>B Vorträge</b>	Diskussion der Zwischenergebnisse mit Wissenschaft und Praxis	<b>B1</b> LM 2011 <b>B2</b> ISSL 2012 <b>B3</b> IHK Aschaffenburg
<b>C Expertengespräche</b>	Problemverständnis der Wirtschaft aufgreifen und Ergebnistransfer in die Wirtschaft	<b>C1</b> Experteninterviews und Gespräche mit Wirtschaftskontakten des Fachgebiets werden gezielt genutzt, um Ergebnisse in die Wirtschaft zu übertragen
<b>D Arbeitskreise</b>	Reflexion von Teilergebnissen durch die Wirtschaft	<b>D1</b> Workshops mit beteiligten Unternehmen (Ausschuss, Interviewpartnern, Vertretern der IHK) zur Diskussion der bisherigen Ergebnisse und des weiteren Vorgehens

Tabelle 4: Bereits erfolgte Transfermaßnahmen während der Projektlaufzeit

Maßnahmen nach Projektabschluss (Tabelle 5):

<b>E Schriftliche Veröffentlichung</b>	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	<b>E1</b> Veröffentlichung auf der Webseite der FSt. / Webseite der TU Darmstadt	Nach Projektabschluss
--	------------------------------------	--	-----------------------

		<p><b>E2</b> Veröffentlichungen in der Fachzeitschrift „Journal of Business Logistics“</p> <p><b>E3</b> Veröffentlichung im Jahrbuch Logistik</p>	
<b>F Demonstrator</b>	Interaktiver, individueller Ergebnistransfer in die Wirtschaft	<p><b>F1</b> Webplattform zum Ergebnistransfer „Störfaktoren und Gegenstrategien“</p> <p><b>F2</b> Webplattform zum Ergebnistransfer „Kooperationen zur Robustheitssteigerung“</p>	Verfügbarkeit des Webplattform für mindestens 6 Jahre nach Projektabschluss
<b>G Arbeitskreise</b>	Ergebnistransfer in die Wirtschaft	<b>G1</b> Workshop mit beteiligten Unternehmen (Ausschuss, Interviewpartnern, Untersuchungsteilnehmern) zur Diskussion der abschließend Ergebnisse	Andauernd durch weitere Forschung dem Bereich
<b>H Transfer durch Verbände</b>	Multiplikatoreffekt im Ergebnistransfer	<p>Zusammenfassender Ergebnisbericht veröffentlicht bei:</p> <p><b>H1</b> Bundesvereinigung Logistik</p> <p><b>H2</b> Vereinigung Hessischer Unternehmerverbände</p> <p><b>H3</b> Industrie- und Handelskammern</p>	Nach Projektabschluss

Tabelle 5: Transfermaßnahmen nach Projektabschluss

## **5. Zusammenfassung und abschließende Bewertung**

Im Projekt „Management robuster Distributionssysteme“ wurden zwei Strategien zur Robustheitssteigerung theoretisch und empirisch erforscht. Zum einen wurde durch eine Ausarbeitung und Klassifizierung möglicher Störfaktoren, sowie der Erarbeitung mehrerer Modelle und Auswahl geeigneter Methoden und Instrumente die Grundlage zum Aufbau von Frühwarnsystemen zur Identifizierung und frühzeitigen Abwendung bzw. Minderung von Störungen im Distributionssystem geschaffen. Des Weiteren wurde untersucht und aufgezeigt, wie und in welchen Fällen eine Kooperation zwischen KMU der gleichen Wertschöpfungsstufe eine positive Auswirkung auf die Systemrobustheit haben und wie diese konkret zwischen den Unternehmen ausgestaltet werden kann. Die Ergebnisse stützen sich dabei auf mehrere von der Forschungsstelle durchgeführte, wirtschaftswissenschaftliche Experimente, qualitative Interviews mit Experten aus der Praxis sowie umfangreichen Literaturrecherchen. Durch die Veröffentlichung der Ergebnisse in mehreren Fachzeitschriften, Vorträgen, Expertengesprächen sowie den online zugängigen interaktiven Demonstrator wird ein umfangreicher und zielorientierter Transfer der Ergebnisse in die Wirtschaft sichergestellt. Die während des Projekts durchgeführten Treffen mit den Praxisvertretern stellten zu jederzeit eine an aktuellen Anforderungen orientierte und praxisrelevante Projektausrichtung bei gleichzeitig wissenschaftlich fundierten Methoden sicher. Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden nach Einschätzung der Forscher und der beteiligten Praxispartner uneingeschränkt erreicht.

## Literaturverzeichnis

- AGGARWAL, RAJ ; BOHINC, JERRY: Black swans and supply chain strategic necessity. In: *Journal of Transportation Security* Bd. 5, Springer US (2011), Nr. 1, S. 39–49
- ANDERSON, JOHN C: A Path Analytic Model of a Theory of Quality Management Underlying the Deming Management Method: Preliminary Empirical Findings (2007), S. 1–22
- BAGROW, J P ; LEHMANN, S ; AHN, Y Y: Robustness and modular structure in networks. In: *arXiv.org* (2011)
- BANKES, S: Robustness, adaptivity, and resiliency analysis. In: , 2010
- BEN-TAL, A ; CHUNG, B D ; MANDALA, S R ; YAO, T: Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains. In: *Transportation Research Part B: Methodological* (2011)
- BERTSIMAS, D ; BROWN, D B ; CARAMANIS, C: Theory and applications of robust optimization. In: *SIAM review* (2011)
- CAMERER, COLIN F ; THALER, R H: Anomalies: Ultimatums, Dictators and Manners. In: *The Journal of Economic Perspectives* Bd. 9 (1995), Nr. 2, S. 209–219
- CANIS, B: Motor Vehicle Supply Chain: Effects of the Japanese Earthquake and Tsunami - Bill Canis - Google Books. In: *Congressional Research Service* (2011)
- CHRISTOPHER, MARTIN ; PECK, HELEN: Building the resilient supply chain. In: *The International Journal of Logistics Management* Bd. 15, Emerald Group Publishing Limited (2004), Nr. 2, S. 1–14
- CONBOY, KIERAN ; FITZGERALD, BRIAN: Toward a conceptual framework of agile methods: a study of agility in different disciplines. In: *Proceedings of the 2004 ACM workshop on Interdisciplinary software engineering research*, ACM (2004), S. 37–44
- CRAIGHEAD, CHRISTOPHER W ; BLACKHURST, JENNIFER ; RUNGTUSANATHAM, M JOHNNY ; HANDFIELD, ROBERT B: The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. In: *Decision Sciences* Bd. 38 (2007), Nr. 1, S. 131–156
- CROSON, RACHEL T A ; DONOHUE, KAREN LISA ; KATOK, ELENA ; STERMAN, JOHN D: Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock. In: *SSRN Electronic Journal* (2004)
- DOU, B L ; WANG, X G ; ZHANG, S Y: Robustness of networks against cascading failures. In: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* (2010)
- ELBERT, RALF ; BOGUSCH, CORA ; TRÄNKNER, JAN: Urbane Wertschöpfung: Produktion, Versorgung und Distribution in Ballungszentren. In: *LOGreal.direkt*, Darmstadt Technical University, Department of Business Administration, Economics and Law, Institute for Business Studies (BWL) (2012a), Nr. 4, S. 34–35
- ELBERT, RALF ; TRÄNKNER, JAN: Frühwarnsystem: Robuste Logistiksysteme durch Kooperation in Netzwerken. In: SUCKY, E. ; ASDECKER, B. ; DOBHAN, A. ; HAAS, S. ; WIESE, J. (Hrsg.): *Logistikmanagement 2011 – Herausforderungen, Chancen & Lösungen*. Bd. III. Bamberg, 2011, S. 271–286



- ELBERT, RALF ; TRÄNKNER, JAN: Robuste Kooperation. In: *LOG.kompass* (2012a), Nr. 10, S. 44–45
- ELBERT, RALF ; TRÄNKNER, JAN: Robuste Prozesse durch strategische Kooperationen in Clustern. In: WEINGARTEN, J. (Hrsg.): *Infrastruktur für Wissen und Wirtschaft*. Idar-Oberstein, 2012b, S. 131–136
- ELBERT, RALF ; TRÄNKNER, JAN ; ÖZSUCU, ÖZHAN: Achieving Supply Chain Robustness by Horizontal Cooperation. In: : Darmstadt Technical University, Department of Business Administration, Economics and Law, Institute for Business Studies (BWL), 2012b
- FINK, G ; STEIGER, R ; KÖHLER, J: Definition of Robustness and related terms. In:, 2009
- GUPTA, S ; STECKEL, J H ; BANERJI, A: Dynamic decision making in marketing channels - An Experimental Study of Cycle Time, Shared Information, and Customer Demand Patterns. In: RAPOPORT, A. ; ZWICK, R. (Hrsg.): *Experimental Business Research*. Boston, 2002
- GÜTH, WERNER ; TIETZ, REINHARD: Ultimatum bargaining behavior: A survey and comparison of experimental results. In: *Journal of Economic Psychology* Bd. 11, Elsevier (1990), Nr. 3, S. 417–449
- GÜTH, WERNER ; VAN DAMME, E: Information, strategic behavior, and fairness in ultimatum bargaining: An experimental study. In: *Journal of Mathematical Psychology* (1998)
- JÜTTNER, UTA ; MAKLAN, STAN: Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. In: *Supply Chain Management: An International Journal* Bd. 16 (2011), Nr. 4, S. 246–259
- JÜTTNER, UTA ; PECK, HELEN ; CHRISTOPHER, MARTIN: Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. In: *International Journal of Logistics: Research and Applications* Bd. 6, Taylor & Francis (2003), Nr. 4, S. 197–210
- LAPORTE, G ; MESA, J A ; PEREA, F ; MARIN, A: Designing robust rapid transit networks with alternative routes. In: *Journal of Advanced Transportation* (2000), Nr. 45, S. 54–65
- LEE, CHING CHYI ; LAU, WILLIAM K: Information in Repeated Ultimatum Game with Unknown Pie Size. In: *Economics Research International* Bd. 2013, Hindawi Publishing Corporation (2013), Nr. 2, S. 1–8
- LI, LI ; SCHULZE, LOTHAR: Uncertainty in logistics network design: a review. In:, 2011
- MITROFF, I I ; ALPASLAN, M C: Preparing for evil, Harvard Business School Pub. (2003), S. 1–9
- NIGRO, LO, GIOVANNA ; ABBATE, LORENZO: Risk assessment and profit sharing in business networks. In: *International Journal of Production Economics* Bd. 131 (2011), Nr. 1, S. 234–241
- NOWAK, M A ; PAGE, K M ; SIGMUND, K: Fairness versus reason in the ultimatum game. In: *Science* (2000)
- PFOHL, HANS-CHRISTIAN: *Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen*. 2. Aufl. Berlin : Springer DE, 2004
- PRATER, EDMUND ; BIEHL, M ; SMITH, M A: International supply chain agility. In: *International Journal of Operations & Production Management* Bd. 21, MCB UP Ltd (2001), Nr. 5/6, S. 823–839
- RUO-ZHEN, QIU ; RU-GANG, GE ; XIAO-YUAN, HUANG: The Supply Chain Robust Coordination Strategy Based on Data-Driven Approach. In:, 2010, S. 1–4
- SIEMSEN, ENNO: The usefulness of behavioral laboratory experiments in supply chain management

research. In: *Journal of Supply Chain Management* Bd. 47 (2011), Nr. 3, S. 17–18

- STECKEL, JOEL H ; GUPTA, SUNIL ; BANERJI, ANIRVAN: *Supply Chain Decision Making: Will Shorter Cycle Times and Shared Point-of-Sale Information Necessarily Help?* URL <http://www.jstor.org/discover/10.2307/30046085?uid=37933&uid=3737864&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=3&uid=67&uid=62&uid=37932&uid=5910216&sid=21101328579717>. - abgerufen 2012-10-17. — *Management Science*
- STERMAN, JOHN D: Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. In: *Management Science* Bd. 35, INFORMS (1989), Nr. 3, S. 321–339
- STEVENS, CANTHIA KAY: Questions to Consider when Selecting Student Samples. In: *Journal of Supply Chain Management* Bd. 47, Wiley Online Library (2011), Nr. 3, S. 19–21
- SVENSSON, GÖRAN: A conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* Bd. 30 (2000), Nr. 9, S. 731–750
- SYDNEY, A ; SCOGLIO, C ; YOUSSEF, M ; SCHUMM, P: Characterising the robustness of complex networks. In: *International Journal of Internet Technology and Secured Transactions* Bd. 2 (2010), Nr. 3/4, S. 291
- TANG, C S: Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. In: *International Journal of Logistics: Research and Applications* (2006)
- THOMAS, RODNEY W: When student samples make sense in logistics research. In: *Journal of Business Logistics* Bd. 32, Wiley Online Library (2011), Nr. 3, S. 287–290
- VLAJIC, J V ; VAN DER VORST, J ; HENDRIX, EMT: Food supply chain network robustness: a literature review and research agenda. In: *Discussion Paper Nr.42, Mansholt Graduate School of Social Science* (2008)
- WAGNER, STEPHAN ; BODE, CHRISTIAN: An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. In: *Journal of Business Logistics* Bd. 29 (2008), Nr. 1, S. 307–325
- WAGNER, STEPHAN ; BODE, CHRISTOPH: Hilfe zur Suche Empirische Untersuchung von SC-Risiken und SC-Risikomanagement in Deutschland. In: AMANN, M. ; VAHRENKAMP, R. (Hrsg.): *Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren*. Berlin : E. Schmidt, 2007, S. 59–79
- WALLENBURG, CARL MARCUS ; WIELAND, ANDREAS: Widerstandsfähige Logistiknetze durch robuste und agile Supply-Chain-Strategien. In: KLUTHAUSEN, H. (Hrsg.): *Jahrbuch Logistik 2010*. Korschbroich, 2010, S. 52–56
- WALLENBURG, CARL MARCUS ; WIELAND, ANDREAS: Wie sich Supply Chains gegen Dynamik und Komplexität wappnen können. In: WOLF-KLUTHAUSEN, H. (Hrsg.): *Jahrbuch Logistik 2011*. Korschbroich, 2011, S. 80–85
- WATERS, D: *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*. London : Kogan Page, 2011
- WU, J ; BARAHONA, M ; TAN, Y ; DENG, H: Robustness of random graphs based on natural connectivity. In: *arXiv.org* (2010)
- ZSIDISIN, G A: Managerial perceptions of supply risk. In: *Journal of Supply Chain Management* Bd. 39, Wiley Online Library (2006), Nr. 1, S. 14–26