

# Monetäre Quantifizierung von Risiken bei der Produktbeschaffung

Philipp von Cube<sup>1</sup>, Bahoz Abbas<sup>2</sup>, Robert Schmitt<sup>1</sup>, Rene Vossen<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

<sup>2</sup> Institut für Unternehmenskybernetik e.V. (IfU) der RWTH Aachen University



# Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

***Monetäre Quantifizierung von Risiken bei der Produktbeschaffung***

der Forschungsstelle(n)

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

An-Institut für Unternehmenskybernetik IfU

Das IGF-Vorhaben 17177 N/1 der Forschungsvereinigung An-Institut für Unternehmenskybernetik wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Aachen, den 23.04.2014

Ort, Datum

Philipp von Cube

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



## Kurzfassung

Der globale Wandel zwingt KMU, ihre Geschäftsprozesse effizienter und reaktionsfähiger zu gestalten. In Bezug auf Themen der Supply Chain bedeutet dies für Unternehmen zumeist eine Hinwendung zu Managementkonzepten wie Lean Production, Global Sourcing oder Just-in-Time. Hierdurch werden Effizienz- und Effektivitätsverbesserungen erzielt, gleichzeitig nimmt aber auch die Abhängigkeit der Unternehmen voneinander zu.

KMU stehen bezüglich des Aufwands zur Bestimmung der Nonkonformitätskosten eines Beschaffungsrisikos vor dem Problem, nicht über das nötige Know-how zur monetären Risikobewertung und die benötigten personellen Ressourcen zu verfügen. Hinzu kommt häufig die mangelnde Erfahrung in der Beschaffung von Zukaufteilen. Bei der Bewertung von Strategien der Risikobehandlung besteht zudem das Problem, dass der monetäre Aufwand der Umsetzung einer Risikobehandlungsstrategie und der zu erwartende finanzielle Nutzen nicht quantifiziert werden.

Im Rahmen des von der AiF geförderten Projekts wurde eine praxisnahe Vorgehensweise entwickelt, um Beschaffungsrisiken zu identifizieren, analysieren, bewerten und zu bewältigen (bspw. vermindern oder vermeiden). Durch die Vorgehensweise können die wichtigsten Größen (Einzelrisiken, Risikofolgen, Chancen und risikobehandelnde Maßnahmen) des Risikomanagements exakt identifiziert und monetär bewertet, Einsparpotenziale identifiziert, die Entscheidungsbasis für das Top-Management vergrößert und die Kommunikation zu Kunden und Lieferanten aufgrund der quantifizierten Risikobewertung unterstützt werden.

Die Projektergebnisse sind durch den vorliegenden Abschlussbericht und die dazugehörige CD-ROM dokumentiert.

---

Forschungsthema	Monetäre Quantifizierung von Risiken bei der Produktbeschaffung
AiF-Projekt-Nr.	171777 N/1
Beginn/ Ende des Projektes	01.01.2012 – 31.12.2013
Forschungsstellen	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT An-Institut für Unternehmenskybernetik IFU
Leiter der Forschungsstellen	Prof. Dr.-Ing. Robert Schmitt (IPT) Prof. Prof. Dr. rer. nat. Sabina Jeschke (IFU)
Projektbearbeiter/ Verfasser	Dipl.-Ing. Philipp von Cube, MBA (IPT) Dipl.-Inf. Bahoz Abbas (IFU)

Das IGF-Vorhaben 17177 N/1 der Forschungsvereinigung An-Institut für Unternehmenskybernetik (IFU), Technologiezentrum am Europaplatz, Dennewartstraße 27, 52068 Aachen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses der Deutschen Bundestages gefördert.

# I Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>i</b>
<b>II</b>	<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>iii</b>
<b>III</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>v</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>7</b>
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung .....	7
1.1.1	Ausgangssituation .....	7
1.1.2	Probleme des Risikomanagements in der Beschaffung .....	8
1.2	Forschungsziel und Lösungsweg .....	10
1.2.1	Beschreibung des Forschungsziels .....	10
1.2.2	Methodik zur Zielerreichung .....	10
1.2.3	Die Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses .....	14
1.3	Begriffsdefinitionen .....	17
1.3.1	Risikomanagement .....	17
1.3.2	Beschaffung und Supply Chain .....	18
<b>2</b>	<b>Erstentwurf der Vorgehensweise .....</b>	<b>20</b>
2.1	Im Überblick .....	20
2.2	Modell-Abschnitt „Identifikation & Analyse“ .....	22
2.3	Modell-Abschnitt »Bewertung« .....	23
2.4	Modell-Abschnitt „Vergleich & Kombination“ .....	24
2.5	Modell-Abschnitt „Anwendung“ .....	25
2.6	Notwendige Anwendereingaben .....	26
<b>3</b>	<b>Detailbeschreibung der Vorgehensweise .....</b>	<b>27</b>
3.1	Datenabfrage und Risikoidentifikation .....	27
3.1.1	Dateneingabe Benutzer .....	28
3.1.2	Beschaffungsrisiken und Risikoklassifizierung .....	31
3.1.3	Risikovorselektion .....	34
3.2	Quantifizierung der Einzelrisiken .....	36
3.3	Risikoaggregation und Ermittlung standardisierter Risikofolgen .....	43
3.4	Ableitung monetärer Konsequenzen und Ermittlung der Gesamtrisikoposition .....	51

---

3.5	Szenarioanalyse durch ausgewählte Maßnahmen.....	53
<b>4</b>	<b>Fazit zur Praxisanwendung .....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft .....</b>	<b>59</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>62</b>

## II Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen	Einheit	Beschreibung
a	Tage/%/€	minimaler Wert
b	Tage/%/€	maximaler Wert
c	Tage/%/€	mittlerer, wahrscheinlichster Wert
$\Delta\text{EW}(\text{PrSt})$	Tage	Erwartungswert Dauer Produktionsstillstandes
$\Delta\text{EW}(\text{PrStOp})$	Tage	Erwartungswert Prodt.-still. bei operativen Maßnahmen
FMP	Tage	Fehlmengenpunkt
$\text{GW}_i$	%	Gewichtungsfaktor des Einzelrisikos i
LRW	Tage	Lagerreichweite
$\text{MR}_j$	%	Maßnahmenrelevanz der Maßnahme j
WBD	Tage	Wiederbeschaffungsdauer
$\mu$	Tage/%/€	Erwartungswert
$\delta$		Standardabweichung
$\lambda$	%	Lambda-Parameter (Poissonverteilung)
r		Mittelwert Schadenhäufigkeit (neg.Binomialvert.)
k	%	Streuungsparameter

Abkürzung	Beschreibung
DLZ	Durchlaufzeit
EBIT	Earnings before interest and taxes
FMEA	Fehlerzustandsart- und Auswirkungsanalyse

Abkürzung	Beschreibung
FMP	Fehlmengenpunkt
GRP	Gesamtrisikoposition
$GW_i$	Gewichtungsfaktor
i.O.	„in-Ordnung“ (Bezug auf Bauteilqualität)
IT	Informationstechnik
JIT	Just-in time
JIS	Just-in-sequence
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LKW	Lastkraftwagen
LRW	Lagerreichweite
LV	Lieferverzögerung
MCS	Monte Carlo Simulation
$MR_j$	Maßnahmenrelevanz
MS	Microsoft
NKW	Nutzkraftwagen
PKW	Personenkraftwagen
SC	Supply Chain
SCM	Supply Chain Management
USD	US-Dollar
VaR	Value at Risk
WBD	Wiederbeschaffungsdauer

### III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Darstellung der fehlenden Verknüpfung von Risiko- und Risikobehandlungsstrategiekosten.....	11
Abbildung 1.2: Mit dem Q-Risk-Gesamtkonzept gezielt risikominimierende Maßnahmen herleiten.....	12
Abbildung 1.3: Risikomanagementprozess, schematisch (in Anlehnung an [DIN11, S.7]) ....	18
Abbildung 2.1: Erstentwurf – UML Aktivitätsdiagramm .....	21
Abbildung 2.2: UML-Aktivitätsdiagramm – Modellabschnitt »Identifikation & Analyse« .....	22
Abbildung 2.3: UML-Aktivitätsdiagramm – »Modell-Abschnitt Bewertung« .....	23
Abbildung 2.4: UML-Aktivitätsdiagramm – Modell-Abschnitt »Vergleich & Kombination« .....	25
Abbildung 2.5: UML-Aktivitätsdiagramm – Modell-Abschnitt »Anwendung«.....	25
Abbildung 2.6: Use-Case-Diagramm – Anwendereingaben.....	26
Abbildung 3.1: Die Vorgehensweise im Überblick.....	27
Abbildung 3.2: Beschaffungsrisiken aus Literaturrecherche .....	32
Abbildung 3.3: Risikoklassen und Einzelrisiken .....	33
Abbildung 3.4: Risikodimensionen .....	34
Abbildung 3.5: Selektionsmatrix .....	35
Abbildung 3.6: Berechnungsvorschrift Risikoauswahl aus Vorselektion .....	36
Abbildung 3.7: Histogramm Einzelrisiko .....	37
Abbildung 3.8: Quantifizierungsmöglichkeiten .....	38
Abbildung 3.9: parametrische Verteilungen .....	40
Abbildung 3.10: Prozessschritt Monte-Carlo-Simulation .....	42
Abbildung 3.11: Quantifizierungsablauf schematisch.....	43
Abbildung 3.12: Ablaufschema Flussdiagramm .....	44
Abbildung 3.13: Elemente Flussdiagramm (nach [DIN83, S. 3–6]).....	44
Abbildung 3.14: Risikofolge Lieferverzögerung.....	46



---

Abbildung 3.15: Risikofolge Qualität .....	48
Abbildung 3.16: Inputdaten und Pfadwahrscheinlichkeiten Risikofolge Verzögerung.....	49
Abbildung 3.17: Aggregationsvorgehen Flussdiagramm.....	50
Abbildung 3.18: Gesamtablauf Risikobewertung und -aggregation .....	52
Abbildung 3.19: Gewichtungsdarstellung Einzelrisiken.....	53
Abbildung 3.20: Maßnahmenliste (nach [ZSCH07, S. 263–268; WEST09, S. 244–246; EBER05, S. 176–178; ROGL02, S. 33–143]).....	54
Abbildung 3.21: Einflussmatrix .....	55
Abbildung 3.22: Darstellung Endergebnis unter Berücksichtigung Maßnahmenschritte.....	56

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

### 1.1.1 Ausgangssituation

Durch kürzere Produktentwicklungszyklen, höhere Variantenvielfalt und steigende Komplexität der Produkte stehen produzierende Unternehmen zunehmend vor steigende Anforderungen, um am Markt erfolgreich zu sein [HORV98; ROME05; SCHU06; WIßL06]. Für Unternehmen gilt es daher kundenbegeisternde Produkte einzuführen, die gleichzeitig kostengünstig hergestellt werden müssen [EGLE05]. Während sich bisherige Theorien meist auf einzelne oder mehrere Schritte im Produktentwicklungsprozess fokussieren (Schlagworte wie Open Innovation, Qualitätsmanagement, Supply Chain Management, etc. belegen dies), besteht ein Mangel an Theorien für die Beschaffungsseite. So entstand der Trend, Einsparpotenziale bei der Produktion durch kostengünstige Beschaffungen von Teilen und Komponenten zu verwirklichen [PULI04]. Der Anteil der Beschaffungskosten an den Gesamtkosten eines Unternehmens beträgt durchschnittlich mehr als 60%, in einigen Fällen sogar über 80% [DEGR05, WILD09]. Die Beschaffung von Zukaufteilen ist jedoch mit hohen Risiken verbunden, wie beispielsweise Lieferverzögerungen, Produktionsausfall oder Kommunikationsproblemen, wobei den Unternehmen häufig nicht klar ist, was für Kosten diese Risiken verursachen können.

Beim kostenorientierten Qualitätsmanagement werden bei Qualitätskosten Konformitäts- und Nonkonformitätskosten unterschieden [CROS90; WILD92]. Konformitätskosten stellen planbare, nicht vermeidbare, fehlerverhütende und in der Summe bekannte Kosten dar, die zur Übereinstimmung der Produkteigenschaften mit den Kundenforderungen anfallen. Dem gegenüber stehen Nonkonformitätskosten die nicht planbar sind, wie z. B. Fehlerkosten. [WILD92] Darauf aufbauend wird beim kostenorientierten Qualitätsmanagement der Unternehmensprozess in vier Leistungsarten unterteilt [TOMY94]. Der eigentlichen Nutzleistung, mit der werterhöhende Leistungen innerhalb des Unternehmensprozesses determiniert werden, stehen Fehlleistungen gegenüber, die den Wert eines Produktes, beispielsweise durch Fehler, Ausschuss oder Nacharbeit verursachen [TOMY94; MASI98]. Die Beschaffung von Zukaufteilen stellt eine Nutzleistung dar, bei der Konformitätskosten anfallen. Beschaffungsrisiken implizieren potenzielle Fehlleistungen, wie z. B. Produktionsausfall, die Nonkonformitätskosten zur Folge haben. Solche Nonkonformitätskosten, die aus Beschaffungsrisiken hervorgehen können, werden von KMU in der Praxis nicht ermittelt. So ist auch der finanzielle Nutzen von risikobehandelnden Strategien nicht zu ermitteln, da die Vergleichsgröße der zu senkenden Nonkonformitätskosten fehlt.

KMU stehen bezüglich des Aufwands zur Bestimmung der Nonkonformitätskosten eines Beschaffungsrisikos vor dem Problem, nicht über das nötige Know-how und die benötigten

personellen Ressourcen zur monetären Risikobewertung [FISH08]. Hinzu kommt häufig die mangelnde Erfahrung in der Beschaffung von Zukaufteilen, so dass u. a. der Aufwand zur Auditierung und Qualifizierung eines Zulieferers falsch eingeschätzt wird. Zur Bewertung von Strategien der Risikobehandlung besteht das Problem, dass der monetäre Aufwand der Risikobehandlungsstrategieumsetzung und der zu erwartende finanzielle Nutzen der Risikobehandlungsstrategien nicht genau bestimmt werden. Bisherige Ansätze, wie beispielhaft die FMEA, verfügen über keine Verknüpfung zwischen der qualitativen Bewertung, z. B. in Form der Risikoprioritätszahl, mit potenziellen Kosten eines Risikos.

Zusätzlich nehmen die externen Vorgaben durch Gesetze und Richtlinien im Bereich der Risikomanagementsysteme stetig zu (z. B. KonTraG, Basel II und Basel III, ISO 31000). So müssen die geforderten Risikomanagementsysteme ein besonderes Augenmerk auf die Beschaffung legen, da diese einen hohen Stellenwert für viele Unternehmen hat.

### 1.1.2 Probleme des Risikomanagements in der Beschaffung

Getrieben von einer zunehmenden Globalisierung sowohl der Beschaffungs- als auch Absatzmärkte haben nahezu alle Industriebranchen in der letzten Dekade einen starken Wandel erfahren, der die Unternehmen zwingt ihre Geschäftsprozesse und Strukturen effizienter und reaktionsfähiger zu gestalten. In Bezug auf Themen der Supply Chain (SC) bedeutete dies für Unternehmen zumeist eine Hinwendung zu Managementkonzepten wie Lean Production, Global Sourcing oder Just-in-Time (JIT) [KERS09, S. 3]. Auf diese Weise können zwar in der Regel bedeutsame Effizienz- und Effektivitätsverbesserungen erzielt werden, gleichzeitig nimmt aber auch die Abhängigkeit der Unternehmen voneinander zu [VAHR07, S. 13].

Selbst Vorreiter der Six-Sigma und Lean-Production Bewegung wie der Automobilproduzent Toyota sahen sich nach dem Erdbeben in Japan im Jahr 2011 und aufgrund des starken Yen gezwungen ihre jahrzehntelang gepflegten Versorgungsketten, aufbauend auf ein festgefügtes Geflecht japanischer Industrieunternehmen, zu überdenken und auf eine steigende Anzahl von global beschafften Einzelteilen zurückzugreifen [KNAU12, S. 1].

Auch ausgehend von in der Automobilindustrie etablierten Trends wie verkürzte Entwicklungszeiten und Produktlebenszyklen im Kontrast zu einer Verlagerung der Wertschöpfung auf Zulieferer und einer Reduzierung der Lagerbestände ist ein genereller Anstieg der Unsicherheit und Dynamik in SCs zu beobachten [SCHN10, S. 1–2]. Dabei bleibt es vage, ab welchem Punkt sinkende Kosten infolge verringerter Sicherheitsbestände durch den rapiden Anstieg der Risiken im Beschaffungsnetzwerk überkompensiert werden [OLSO12, S. 13].

In der Realität wurde diese zunehmende Verwundbarkeit durch eine Vielzahl von Katastrophen und Ereignisse in den letzten Jahren sichtbar. Beispielhaft sind hier der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull auf Island im Jahre 2010 oder der Brand in einem Zuliefererwerk von Sony Ericsson im Jahr 2000 zu nennen, welcher einen Schaden von 400 Mio. USD nach sich

zog, weil die Produktion der Mobiltelefone wegen des Lieferausfalls gestoppt werden musste [VAHR07, S. 13].

Eine Auswahl an aktuellen Herausforderungen für Unternehmen wird anhand folgender Punkte zusammengefasst [HENK05, S. 11; KIND11, S. 1; HARD11, S. 10–11]:

- Geschäft wird globaler
- Anspruchsniveau Kunden steigt
- längere und schlankere Supply Chain
- steigende Produktvielfalt bei zunehmender Komplexität
- Produktlebenszyklen werden kürzer
- Marktsegmente werden feiner
- Käufermärkte bei vielen industriellen Produkten
- Wachstumsraten werden geringer und Nachfrageschwankungen größer

Gerade die ersten Entwicklungen verdeutlichen, dass die Anforderungen an ein adäquates Risikomanagementsystem in der Beschaffung somit in Zukunft signifikant ansteigen. Auf der anderen Seite ist ein proaktiv gestaltetes und funktionierendes Risikomanagementsystem, welches Risiken frühzeitig erkennt und gleichzeitig als Entscheidungsgrundlage für eine optimierte Produktbeschaffungsstrategie fungiert, in einem sich verengenden Marktumfeld jedoch auch als bedeutender Wettbewerbsvorteil aufzufassen.

So belegen Entwicklungen in der Versicherungs- und Bankenbranche, dass mit steigender Qualität des Risikomanagementsystems im Unternehmen sinkende Refinanzierungskosten einhergehen. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass große Ratingagenturen wie Moody's und Standard & Poor's angekündigt haben, bei der Beurteilung von Kreditinstituten zukünftig ein stärkeres Augenmerk auf das institutsinterne Risiko-Management zu legen [STEI08, S. 31; HARD11, S. 68]. Ein Trend, welcher sich früher oder später auch in anderen Branchen fortsetzen wird.

Im Gegensatz dazu konstatieren eine Reihe von Studien der letzten Jahre, dass Unternehmen zwar zunehmend die Notwendigkeit von Risikomanagement erkennen, es jedoch noch, und dass ist charakteristisch, an einer systematischen Umsetzung fehlt [SCHA10, S. 10]. Die Hauptursache liegt hierbei am Mangel an effektiven Methoden. Colicchia führt aus, dass der Grund für unzureichendes Risikomanagement in Unternehmen im Fehlen von Methoden, die auch die wirtschaftliche Tragweite von Risiken bewerten, gesehen werden kann [COLI12, S. 410].

Auch Schatz spricht im Fazit davon, dass viele Unternehmen keine professionelle IT Systemunterstützung in den Phasen des Risikomanagementprozesses im Einsatz haben und sich mit selbst erstellten MS Office-Lösungen (z.B. Excel, Access) behelfen, während zwischen 20% und 25% der Unternehmen komplett auf IT-Systemunterstützung verzichten. [SCHA10, S. 76–82]. Zu ähnlichen Erkenntnissen kommt Klein in seiner Befragung von

93 Führungskräften. Auch hier verfügen nur 14% der Unternehmen über eine spezielle Software, in weiteren 50% kommen nur einfach zu nutzende Softwareinstrumente zum Einsatz und ein Drittel der Befragten nutzt gar keine technische Unterstützung. Nur insgesamt 7% der Befragten gaben an, alle potenziellen Risikobereiche abzudecken [KLE11, S. 102–104].

Selbst in der Forschung konzentrieren sich die meisten wissenschaftlichen Beiträge zum Thema Risikomanagement auf die Weiterentwicklung von konzeptionellen Strategien, wohingegen Publikationen, in denen für Unternehmen praktisch anwendbare Methoden ausgearbeitet werden, rar sind.

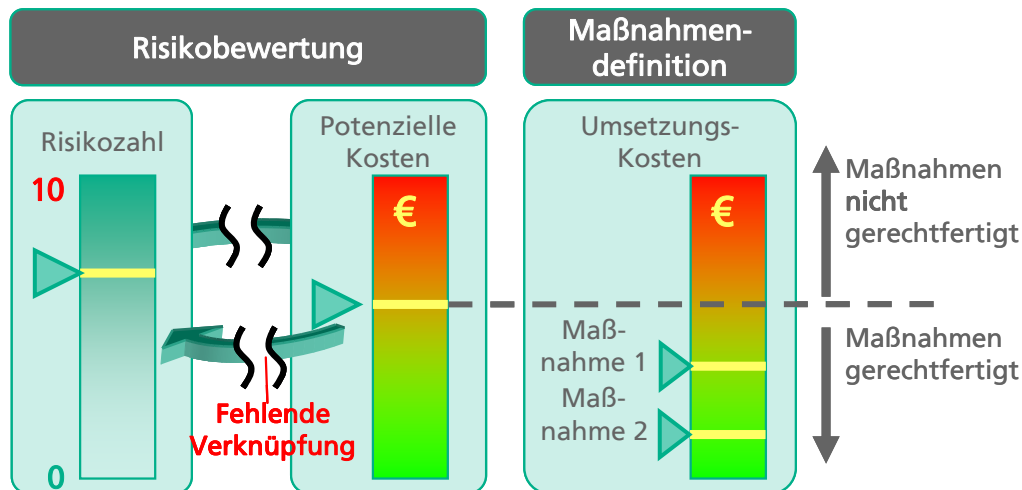
## 1.2 Forschungsziel und Lösungsweg

### 1.2.1 Beschreibung des Forschungsziels

Das Ziel des Q-Risk-Konzepts (Q= Quantification) ist es KMU zu befähigen, die mit der Produktbeschaffung verbundenen Risiken effizient zu identifizieren und präzise bewerten zu können, indem diese monetär quantifiziert werden. So werden potenzielle Fehlleistungen der Beschaffung und daraus entstehende Nonkonformitätskosten ermittelt. Zudem wird der finanzielle Nutzen von risikobehandelnden Strategien erstmals bestimmbar, durch Messung der Reduzierung von Nonkonformitätskosten. Mit der vorgesehenen transparenten Abbildung des Beschaffungsprozesses ist eine Senkung der regulären Konformitätskosten ebenfalls möglich, da bisher nicht bekanntes Verbesserungspotenzial ersichtlich wird. Insgesamt stellt das Q-Risk Konzept das Risiko- und Lieferantenmanagement in KMU auf ein neues Fundament, da der ökonomische Erfolg des Risikomanagementsystems besser identifizierbar ist und so eine neue Entscheidungsgrundlage zur Lieferantenauswahl auf Kostenbasis entsteht. Mit der Überführung des Vorgehens und der Methoden des Q-Risk-Konzepts in einen Anwenderleitfaden und ein EDV-Tool, werden die Ergebnisse des Projekts für KMU in leicht verständlicher und einsetzbarer Form zur Verfügung gestellt.

### 1.2.2 Methodik zur Zielerreichung

Aufgrund der vorliegenden Ausgangssituation werden Konzepte und Methoden benötigt, die KMU dazu befähigen, die potenziellen Kosten eines identifizierten Beschaffungsrisikos effizient zu bestimmen und auf dieser Basis die Risiken mit gerechtfertigten Behandlungsstrategien zu behandeln (Abbildung 1.1).



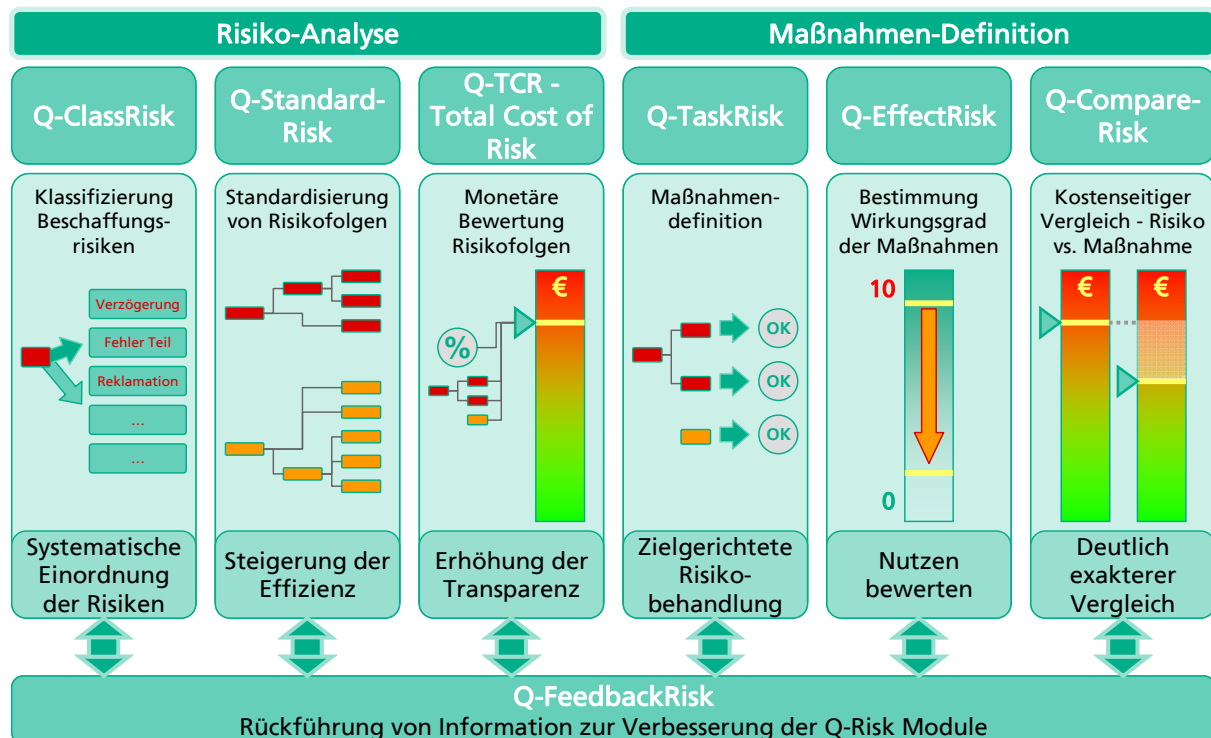
**Abbildung 1.1: Darstellung der fehlenden Verknüpfung von Risiko- und Risikobehandlungsstrategiekosten**

Das vorrangige Ziel des Forschungsvorhaben Q-Risk ist die Quantifizierung potenzieller Nonkonformitätskosten, die aus Risiken bei der Beschaffung resultieren können. So entsteht erstmals die Möglichkeit, Risiken in der Beschaffung kostenseitig zu bewerten und Risiken, im schlimmsten Fall existenzbedrohende, vom Unternehmen abzuwenden. Q-Risk befähigt somit KMU zur Einsparung von Nonkonformitätskosten und der Stabilisierung bzw. Effizienzsteigerung des gesamten Beschaffungsprozesses. Das Ziel ist eine einfach anzuwendende Vorgehensweise, das auf die Bedarfe von KMU zugeschnitten ist.

Dieses wissenschaftlich bisher nicht erreichte Ziel befähigt KMU ebenfalls dazu, die wirtschaftliche Angemessenheit von Maßnahmen zur Risikoreduzierung in der Beschaffung eindeutig belegen zu können und damit ein hohes Kosteneinsparpotenzial zu erschließen. Damit eliminieren KMU das bisherige Defizit der fehlenden Vergleichbarkeit von Maßnahmen, da auch Maßnahmen umgesetzt werden, deren Umsetzung um ein Vielfaches kostspieliger ist als die potenziellen Nonkonformitätskosten eines Beschaffungsrisikos. Der Forschungsbedarf besteht darin, die möglichen monetären Auswirkungen von Beschaffungsrisiken mit den Unsicherheiten und Wahrscheinlichkeiten von Risikoprognosen zu verknüpfen und dabei gleichzeitig eine hohe Effizienz für den Nutzer sicher zu stellen. Aus diesem Grund beinhaltet das Q-Risk-Gesamtkonzept sechs Einzelmodule, die in ihrer Gesamtheit Beschaffungsrisiken und deren Risikofolgen identifizieren, eine effiziente monetäre Bewertung der Beschaffungsrisiken und damit die Vergleichbarkeit von risikobehandelnden Maßnahmen ermöglicht (Abbildung 1.2)

Beginnend mit dem Modul **Q-ClassRisk** werden zunächst praxisrelevante Risikoklassen bestimmt, die die möglichen Risiken einer Beschaffung komplett abbilden. Die Klassifizierung dient zur frühzeitigen Charakterisierung des Risikos mit seinen möglichen Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen. Der Forschungsbedarf besteht dabei darin, Risikoklassen zu definieren, die sowohl einen geringen Abstraktionsgrad aufweisen als auch übertragbar auf

den Großteil von Unternehmen sind. So entstehen Klassen wie z. B. Verzögerung bei der Belieferung, zu geringe Liefermenge oder Konkurs eines Lieferanten.



**Abbildung 1.2: Mit dem Q-Risk-Gesamtkonzept gezielt risikominimierende Maßnahmen herleiten**

Im zweiten Schritt wird die Effizienz der Risikoidentifikation gesteigert. Dazu wird das Modul **Q-StandardRisk** entwickelt, mit der standardisierte Risikofolgen systematisch erarbeitet werden können. Der Grundgedanke ist, dass jede Risikoklasse aus dem Q-ClassRisk Modul ein prognostizierbares Schema an Risikofolgen mit sich führt. War z. B. die Belieferungsmenge zu gering, so folgen darauf die Aktionen Lieferant kontaktieren, Expressbelieferung organisieren, etc. Für alle Q-ClassRisk Risikoklassen werden daher standardisierte Risikofolgen in Form von modularen Bausteinen entwickelt, die vom Nutzer je nach Anwendungsfall flexibel zusammengestellt werden. Für den Nutzer steht dabei die Option offen, nicht zutreffende Risikofolgen zu vernachlässigen und neue hinzu zu fügen. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass sich die Bearbeitungszeit bei der Risikoidentifikation und -analyse mit Hilfe des Q-StandardRisk um 25% bis 50% reduzieren lässt. Aufgrund der hohen Anzahl an voraussehbaren Risikofolgen und den entsprechenden Verknüpfungen ist in diesem Modul erhöhter Forschungsaufwand notwendig, um eine fokussierte und anwenderfreundliche Nutzbarkeit des Moduls Q-StandardRisk zu gewährleisten.

Die im zweiten Schritt erarbeiteten Risikofolgen bilden die Grundlage für den Kern dieses Forschungsvorhabens, die Kostenprognose der Risiken mit dem zu entwickelnden Modul **Total Cost of Risk Q-TCR**. Dabei wird jede Risikofolge zunächst mit detaillierten Kostenklassen behaftet (z. B. für Kommunikation mit Lieferanten bei verspäteter Lieferung: Telefon-

kosten, Reisekosten, Forderungen des Kunden durch Lieferverzug, etc.). Für jede Risikofolge werden in diesen Risikoklassen minimale und maximale Kosten sowie der Mittelwert bestimmt. Verknüpft werden diese Kosten mit der Auftretenswahrscheinlichkeit. Damit die Aussagekraft der Risikoanalyse weiter erhöht wird, erfolgt an dieser Stelle keine einfache Multiplikation der Kosten mit den Auftretenswahrscheinlichkeiten. Stattdessen werden Verteilungen (z. B. Gauß, Poisson, etc.) in die Berechnung einbezogen, die eine wahrscheinliche Verteilung der Kosten genauer widerspiegeln. Dadurch wird eine exakte Analyse der durchschnittlich anfallenden Kosten ermöglicht. Um der Prognosegenauigkeit gerecht zu werden, wird zudem ein Unsicherheitsfaktor eingefügt. Er beschreibt die Unsicherheit bzw. die Genauigkeit der Risikobewertung, die mit höherem zeitlichem Abstand zum bewerteten Risiko zunimmt (Abbildung 1.1). Daraus resultiert der Forschungsbedarf, wie die aufgeführten Elemente der Auftretenswahrscheinlichkeit, Verteilungen und Unsicherheitsfaktor miteinander verknüpft werden können, was durch bisherige Ansätze nicht abgedeckt wird. Zur Erhöhung der Anwenderfreundlichkeit und Integrationsfähigkeit bei KMU wird dem Nutzer des Q-Risk Konzepts ein standardisierter Fragenkatalog zur Verfügung gestellt, der die Infrastruktur der gegebenen Risikodaten erfasst.

Die monetär bewerteten Beschaffungsrisiken werden im vierten Schritt im Modul **Q-TaskRisk** nach ihren gesamten Risikofolgekosten priorisiert. Darauf folgt die Herleitung von Strategien zur Risikobehandlung anhand der ursprünglichen Risiken. Es bestehen in der Regel vier Möglichkeiten im Umgang mit Risiken, die sich in den folgenden vier Risikobehandlungsstrategien wiederfinden: Risikovermeidung, Risikoreduktion, Risikoüberwälzung und Risikoinkaufnahme. Diese Risikobehandlungsstrategien werden in Kostenblöcken detailliert, um eine Gesamtkostenabschätzung der Strategieumsetzung vorzunehmen. Die definierten Risikobehandlungsstrategien werden im fünften Schritt im Modul **Q-EffectRisk** bewertet, in wie weit sie die Beschaffungsrisiken reduzieren. Dazu werden die Kosten der Risikofolgen nach Strategieumsetzung erarbeitet und mit den Kosten der Risikofolgen vor der Umsetzung der Maßnahmen verglichen. Daraus ergibt sich der finanzielle Nutzen jeder Risikobehandlungsstrategie. Durch die Verbindung der Risikokosten mit der Risikobewertung anhand des Moduls Q-TCR ergibt sich dadurch automatisch eine Bewertung des Nutzens der Risikobehandlungsstrategie zur Risikoreduktion. Im letzten Schritt werden der finanzielle Nutzen jeder Strategie mit den Kosten der Strategieumsetzung im Modul **Q-CompareRisk** verglichen. Die wirtschaftliche Angemessenheit jeder Risikobehandlungsstrategie ist dann gegeben, wenn die Umsetzungskosten die Risikokosten unterschreiten. Der Neuigkeitswert liegt darin begründet, dass hierbei erstmals Beschaffungsrisiken und risikominimierende Strategie in denselben Größen miteinander verglichen werden können und damit eine abgesicherte Entscheidungsgrundlage für das Risikomanagement in der Beschaffung bilden.

Um die Effektivität der eingesetzten Maßnahmen zur Verminderung des Beschaffungsrisikos und seiner negativen Folgen zu überprüfen, wird ein System zur Rückführung von Ergebnissen der Implementierungen entwickelt, in Form des Moduls **Q-FeedbackRisk**. Die Resultate werden anhand eines Evaluationskonzeptes bewertet. Das Evaluationskonzept sieht Praxis-



versuche bei den Praxisanwendern vor, in denen der Nachweis der Anwendbarkeit und die Verifizierung der erzielten Forschungsergebnisse vollzogen werden.

### 1.2.3 Die Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses

Die Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses waren von Anfang mit im Forschungsvorhaben Q-Risk involviert. Mit Hilfe des Feedbacks der Unternehmen wurden die erarbeiteten Risikoklassen sowie deren monetäre Quantifizierung optimiert. Die Praxisrelevanz wurde hierdurch sichergestellt. Bei der Auswahl der Unternehmen wurde darauf geachtet, dass diese zu einer Anwendbarkeit der Methodik innerhalb der Branche der KMU führt.

#### 1.2.3.1 Demag Cranes AG

Die Demag Cranes AG ist ein international aufgestelltes Unternehmen, das ein komplettes Produktprogramm von Kranen, Antrieben und Handling Technology für jeden Einsatzbereich bietet – optimiert durch umfassende Vertriebs- und Serviceleistungen. Die umfangreiche Produktpalette umfasst individuelle Branchenlösungen für Fahraufgaben, die Lastenhandhabung am Arbeitsplatz und den Materialfluss in Produktion und Lager.

Die Geschichte der Demag Cranes AG beginnt 1890 mit der Gründung der Mechanischen Werkstätten Harkort & Co. in Wetter an der Ruhr. 1840 kam die Produktion von Laufkranen dazu womit man sich früh auf die Fertigung von Kranen und Krankomponenten konzentrierte – zu denen schon seit 1910 auch Hebezeuge mit Elektroantrieb gehören.

#### 1.2.3.2 Ferdinand Bilstein GmbH + Co.KG

Die Ferdinand Bilstein GmbH + Co. KG (febi) ist ein konzernunabhängiges Traditionsunternehmen in Familienbesitz. Das Unternehmen bietet ein stetig wachsendes, weltweit erhältliches Programm mit über 20.000 technischen Verschleißteilen. In über 69 Ländern ist febi darüber hinaus mit eigenen Niederlassungen oder durch ausgesuchte Partner vor Ort.

Im Jahr 1844 gegründet, steht die Ferdinand Bilstein GmbH + Co. KG seither für Entwicklungen im Leistungsangebot, Wandlungen in Vertrieb und Logistik bei gleichzeitiger Kontinuität in der Unternehmensführung. Durch Ausweitung der Handelswaren bewegt sich febi Bilstein zunehmend auf dem Automotive Aftermarket und bedient diesen mit technischen Verschleißteilen. In dieser Branche ist febi heute einer der weltweit führenden Hersteller.

#### 1.2.3.3 Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT

Das Fraunhofer IPT vereint langjähriges Wissen und Erfahrung aus allen Gebieten der Produktionstechnik. In den Bereichen Prozesstechnologie, Produktionsmaschinen, Mechatronik, Produktionsqualität und Messtechnik sowie Technologiemanagement wird den Kunden und

Projektpartnern angewandte Forschung und Entwicklung mit unmittelbar umsetzbaren Ergebnissen geboten. Die Produktion wird dabei nicht nur in ihren einzelnen Schritten begriffen, sondern die Gesamtheit ihrer Prozesse und die Verbindungen zwischen den jeweiligen Gliedern der Prozesskette betrachtet – von der Vor- und Produktentwicklung über die Produktionsvorbereitung und die Fertigung bis zur Montage.

Das Leistungsspektrum des Fraunhofer IPT orientiert sich an den individuellen Aufgaben und Herausforderungen innerhalb bestimmter Branchen, Technologien und Produktbereiche: Automobilbau und –zulieferer, Energie, Life Science Engineering, Luftfahrt, Maschinen- und Anlagenbau, Optik, Präzisions- und Mikrotechnik sowie Werkzeug- und Formenbau.

#### 1.2.3.4 Institut für Unternehmenskybernetik e.V. an der RWTH Aachen

Das Institut für Unternehmenskybernetik e.V. ist ein An-Institut der RWTH Aachen University. In interdisziplinären Teams werden Lösungen für wirtschaftliche und technische Fragestellungen erforscht und entwickelt. Dabei wird großer Wert auf industrielle Nähe und Kooperation gelegt.

Das IfU ist Mitgliedsvereinigung der AiF. Das BMWi fördert über die AiF im Rahmen des Förderprogramms der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) besonders kleine und mittelständische Unternehmen. Das IfU vertritt in diesem Verbund von zurzeit 103 Vereinigungen den Zweig der Unternehmenskybernetik und ist damit Ansprechpartner für viele interdisziplinäre Forschungsprojekte.

#### 1.2.3.5 HOFMANN GmbH

HOFMANN ist seit 1952 als führender Hersteller für Markiertechnik. Das Produktprogramm umfasst von kleinen, handgeführten Maschinen bis zum Markier-LKW alles, was für Markierungen benötigt wird. Dabei kann auch auf spezielle Kundenwünsche eingegangen werden und es stehen Applikationssysteme für alle verwendeten Markierungsstoffe zur Verfügung.

Darüber hinaus finden regelmäßig die HOFMANN Technologie-Tage statt - ein Forum zur Kommunikation zwischen unterschiedlichsten Gruppen im Bereich der Straßenmarkierung - Farbenhersteller und Ministerialstellen, Straßenmarkierer und wissenschaftlichen Lehrbeauftragten.

#### 1.2.3.6 P3 aviation GmbH

Die P3 aviation GmbH bietet Beratungs- und Management-Dienstleistungen für die europäische Luftfahrt- und Zuliefererindustrie seit 2001. Als strategische Umsetzungsberatung agiert P3 aviation im Spannungsfeld Strategie und der Umsetzung. Dies geschieht durch die komplementären Charaktere, die immer wieder neu zusammengesetzt werden, um schwierigste Aufgaben im Sinne des Kunden zu erfüllen.

Moderne Flugzeuge werden in internationalen Netzwerken mit zunehmender Verantwortung auf den Schultern der Zulieferer entwickelt und gebaut. Bei P3 werden die Herausforderungen der internationalen Luftfahrt verstanden und bewährte Lösungsmöglichkeiten angeboten.

#### 1.2.3.7 ReuterING

Die Unternehmensberatung ReuterING bietet Unternehmen seit 2008 Unterstützung bei der Optimierung ihrer Prozesse und Produkte an, um ihre Wirtschaftsstandorte in Deutschland und Europa zu stärken. Dabei sollen die Unternehmen insbesondere bei der gezielten Einführung und erfolgreichen Stabilisierung von Änderungsprozessen (Change Management) begleitet werden.

ReuterING analysiert die im Unternehmen vorhandenen Prozesse und beurteilt deren IT-Hilfsmittel entsprechend dem individuellen Bedarf und Nutzen für die Unternehmensziele. Es werden Abläufe und Regeln zur Optimierung zusammen mit den Benutzern entwickelt und die Einführung oder Anpassung dieser Prozesse wird aktiv unterstützt. ReuterING bietet diese Beratung mit anschließender Umsetzung auf der Grundlage der im Unternehmen vorhandenen IT-Hilfsmittel an. Falls Unternehmen dafür ungeeignet sind oder geeignete Software fehlt, zeigt ReuterING unabhängige optimale IT-Lösungen für diese Prozesse auf.

#### 1.2.3.8 Sartorius AG

Sartorius ist ein international führender Anbieter von Labor- und Prozesstechnologie. Mit den angebotenen Produkten und Dienstleistungen werden Kunden auf der ganzen Welt dabei unterstützt, komplexe und qualitätskritische Prozesse in der Biopharmaproduktion und im Labor zeit- und kosteneffizient umzusetzen. Sartorius verfügt in Europa, Asien und Amerika über eigene Produktionsstätten sowie über Vertriebsniederlassungen und örtliche Handelsvertretungen in mehr als 110 Ländern.

An der Universität Göttingen legte der damalige Universitätsmechanikus Florenz Sartorius den Grundstein des Unternehmens. 1870 machte sich Sartorius mit seiner „Feinmechanischen Werkstatt“ selbstständig. Seine Erfindung – die kurzarmige Analysenwaage – hat damals die Arbeit in Forschungslaboren bahnbrechend verändert. 1927 gründete Sartorius gemeinsam mit dem Chemie-Nobelpreisträger Richard Zsigmondy die Membranfiltergesellschaft mbH. Die von Zsigmondy entwickelten Membranen waren die Basis für die Entwicklung der Membranfiltration – und für das heutige Bioprozess-Geschäft von Sartorius. Noch heute gehören Wägetechnik und Filtration zu den Kerntechnologien des breiten Produktportfolios von Sartorius.

## 1.3 Begriffsdefinitionen

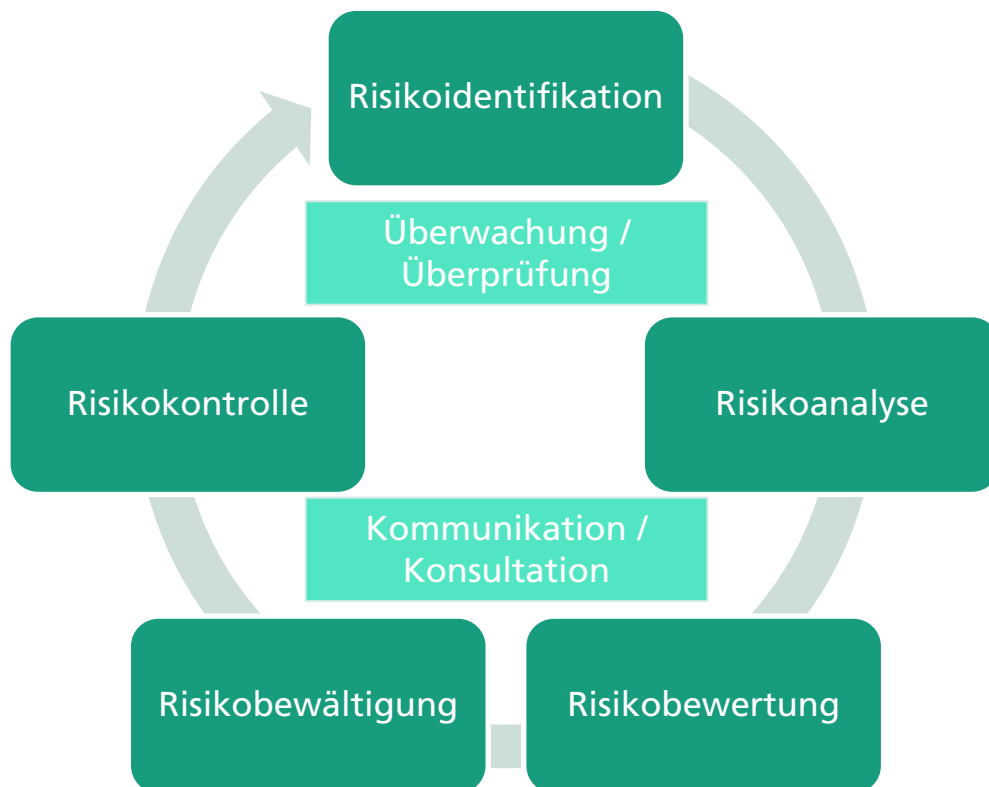
### 1.3.1 Risikomanagement

Der normative Rahmen des Risikomanagements wird in der DIN EN ISO 31000 bzw. der ONR 49000 ff. dargelegt. Diese definieren die Begriffe des Risikomanagements und dienen als Verständigungsgrundlage und Basis für die folgenden Ausführungen.

**Risiko** gehört zu den weitgefassten Begriffen der Wirtschaftswissenschaften, für die sich bis heute keine einheitliche Definition durchgesetzt hat [THIE03, S. 5; KAJÜ07, S. 14–15]. Während Jacob Risiko als Summe der Möglichkeiten beschreibt, dass sich Erwartungen des Systems aufgrund von Störprozessen nicht erfüllen [JACO86, S. 18], definiert Thiemt Risiko als die Möglichkeit der negativen Zielverfehlung aufgrund des unsicheren Informationszustands [THIE03, S. 12]. Die Risikodefinition nach Spille beschränkt sich ebenfalls auf die allgemeinere Auslegung als Zielverfehlung ohne die Berücksichtigung von Chancen [SPIL09, S. 38].

In der Regel wird zwischen zwei Verständnissen differenziert: Während sich die Risikodefinition im engeren Sinne nur auf Entwicklungen und Ereignisse, die aufgrund unvollkommener Information, zur Nicht-Erreichung von Zielen auf Unternehmens- oder SC-Ebene führen, bezieht, werden bei einem weiten Begriffsverständnis auch positive Abweichungen von Zielen berücksichtigt [VAHR07, S. 14–15], [KAJÜ07, S. 14–15]. Des Weiteren abstrahiert ein Teil der Publikationen von konkreten Unternehmenszielen, was sich insofern als vorteilhaft erweist, als dass je nach Untersuchungsgegenstand unterschiedliche Ziele als Risikobezugsgrößen ausgewählt werden können [SPIL09, S. 38]. Für die folgenden Ausarbeitungen legen wir die erstere, engere Risikodefinition zugrunde.

Die Aufgaben des Risikomanagements lassen sich am Risikomanagementprozess festmachen, der in seinem Ablauf an den allgemeinen Managementprozess angelehnt ist [THIE03, S. 32]. Bei der Modellierung von Risikomanagementprozessen und der praktischen Umsetzung in Unternehmen folgt die große Mehrheit der Veröffentlichungen (u.a. [BRÄK12, S. 148], [MÖBI11, S. 48], [STEI08, S. 32; THIE03, S. 32]) einem Vorgehen in Anlehnung an das Phasenmodell des Risikomanagementprozesses nach ISO 31000 (Abbildung 1.3). Das Schema umfasst die Phasen **Risikoidentifikation**, **Risikoanalyse**, **Risikobewertung**, **Risikobewältigung** und **Risikokontrolle**, wobei die Risikoanalyse und Risikobewertung häufig zusammengefasst werden.



**Abbildung 1.3: Risikomanagementprozess, schematisch (in Anlehnung an [DIN11, S.7])**

### 1.3.2 Beschaffung und Supply Chain

Die **Supply Chain (SC)** (synonym Wertschöpfungskette, Lieferkette bzw. Versorgungskette) umfasst sämtliche Unternehmen von der Rohstoffgewinnung bis zum Endkunden. Sie berücksichtigt neben Material- und Warenströmen insbesondere auch die Informationsflüsse zwischen den Kettengliedern [KAJÜ07, S. 15]. Nach einer weiter gefassten Definition werden alle wertschöpfenden Tätigkeiten, die zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse und zur Erreichung eines Wettbewerbsvorteiles der gesamten SC beitragen zusammengefasst. Folgt man dieser Ansicht subsumieren sich neben den unternehmensübergreifenden SC auch innerbetriebliche Funktionsbereiche [HARD11, S. 10–11]. Da sich hieraus schnell eine unüberschaubare Vielfalt an Abhängigkeiten und Kompetenzüberschneidungen u.a. zur Materialwirtschaft ergeben, folgen wir der engeren Definition.

Anders als die Wortbedeutung suggeriert, sind moderne SC jedoch weniger als eine lineare Kette, sondern vielmehr als ein komplexes Netzwerk mit zahlreichen Abhängigkeiten anzusehen [VAHR07, S. 15]. Hiervon ausgehend befasst sich das **Supply Chain Management (SCM)** mit der systematischen Koordination von SC-Prozessen hinsichtlich des Ziels durch Integration und Abstimmung zwischen den einzelnen SC-Partnern die Leistungsfähigkeit, Effizienz und Effektivität der gesamten SC zu erhöhen. [HARD11, S. 19–20], [KAJÜ07, S. 15]. Aufgrund der zunehmenden Unternehmensverflechtungen ergibt sich dadurch eine stärker werdende Abhängigkeit zum individuellen Unternehmenserfolg. So wird die Bedeu-

tung von Supply Chains und deren Beherrschung von einigen Autoren bereits so hoch eingeschätzt, dass diese davon ausgehen, dass der Wettbewerb zwischen einzelnen Unternehmen immer mehr von einem Wettbewerb zwischen einzelnen SC abgelöst wird [HARD11, S. 2].

Zwangsläufig steht das SCM damit in einem Abgrenzungskonflikt zu etablierten Unternehmensbereichen wie der Beschaffung/Einkauf. Während die Beschaffung sich aber, der verbreiteten Definition nach ARNOLD folgend, zur Erfüllung des Versorgungsziels primär mit der operativen Abwicklung und der strategischen Planung sämtlicher Beschaffungsaufgaben im abgegrenzten Unternehmenskontext befasst [THIE03, S. 51; SPIL09, S. 29], ist SCM mit dem Ziel der „globalen“ Effizienzsteigerung der gesamten Lieferkette wesentlich umfassender ausgerichtet.

## 2 Erstentwurf der Vorgehensweise

### 2.1 Im Überblick

Das entwickelte Programm soll in der Lage sein Risiken zu quantifizieren sowie wirksame und auch wirtschaftlich angemessene Maßnahmen zur Risikobehandlung zu liefern. Abbildung 2.1 zeigt das UML-Aktivitätsdiagramm, welches die Bestandteile und Strukturen des zugrundeliegenden Gesamtkonzepts aufweist. Das Diagramm ist in die vier Abschnitte **Identifikation & Analyse**, **Bewertung**, **Vergleich & Kombination** und **Anwendung** untergliedert

Im ersten Abschnitt **Identifikation & Analyse** werden Aktionen ausgeführt, die die Risiken in der Beschaffung und Chancen des anwendenden Unternehmens identifizieren und dem Anwender aufzeigen. Außerdem liefern diese dem Anwender die passenden risikobewältigenden Maßnahmen.

Im zweiten Abschnitt **Bewertung** werden Aktionen ausgeführt, die in der Lage sind die Risiken, die Chancen und die risikobehandelnden Maßnahmen zu bewerten. Wobei diese Bewertung in monetären Größen erfolgt. Diese monetäre Quantifizierung der Größen ist dabei eine der zentralen Funktionen des Programms. Außerdem kann der optimale Grad der Maßnahmendurchführung berechnet bzw. festgelegt werden.

Im dritten Abschnitt **Vergleich & Kombination** werden die Aktionen ausgeführt, die die Maßnahmen wirtschaftlich bewerten, sie sammeln und sie passend kombinieren. Dabei werden risikobehandelnde Maßnahmen, die den Ansprüchen nicht genügen aussortiert. Die sachgerechte Kombination der einzelnen Maßnahmen ist dabei ein wichtiger und wesentlicher Bestandteil dieses Schrittes, denn die Maßnahmen müssen sich gegenseitig adäquat ergänzen und nur eine gemeinsame Betrachtung kann die Risikobewältigung effizient beeinflussen.

Schlussendlich werden im vierten Abschnitt **Anwendung** die Maßnahmen in der vorgeschlagenen Kombination und den zugehörigen Ausprägungen dem Anwender angezeigt. In der Aktion **Maßnahmen kontrollieren** werden vom Anwender erfasste IST-Daten mit den vom Programm ermittelten Plan-Daten verglichen und mögliche Verbesserungsvorschläge bereitgestellt.

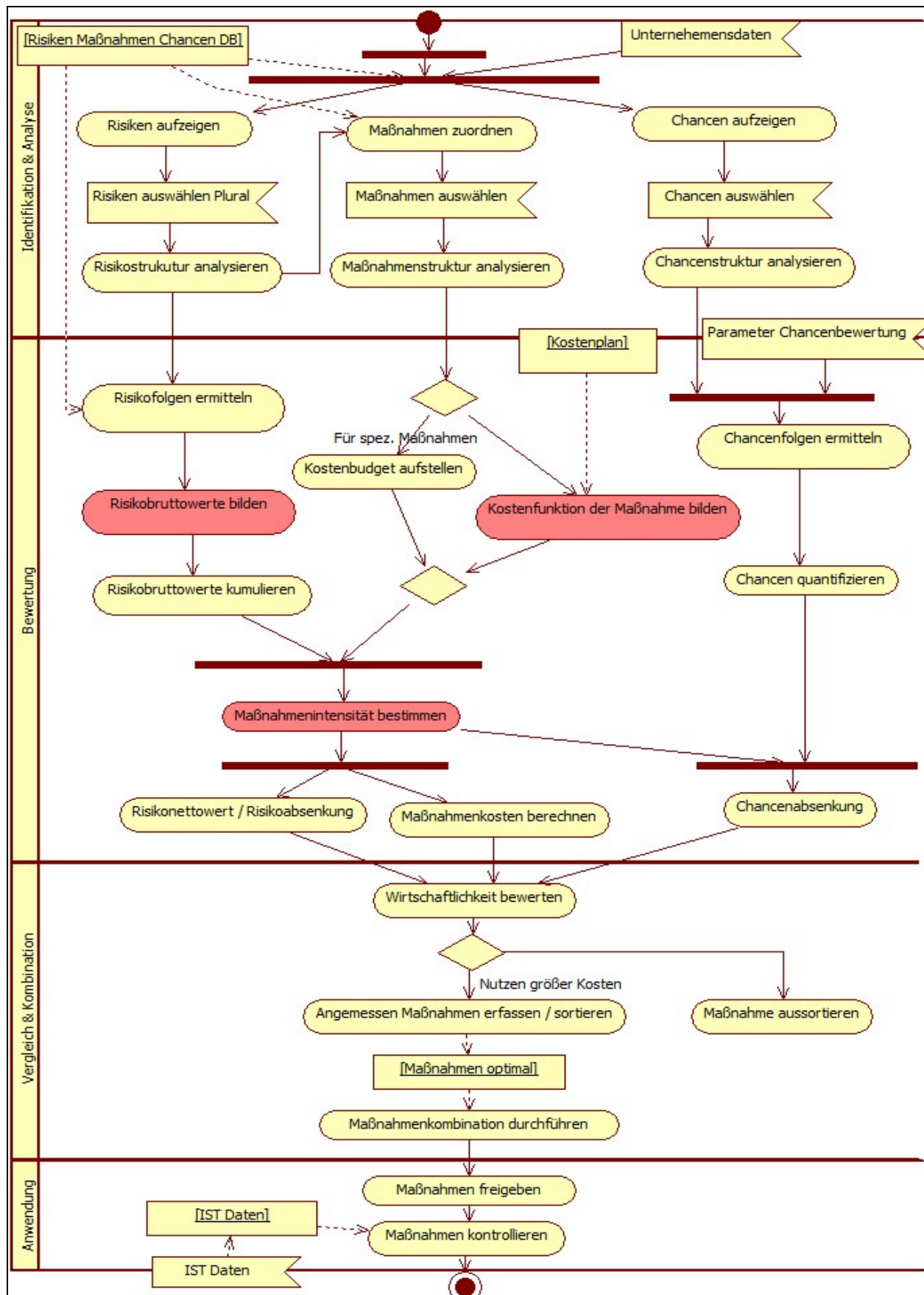


Abbildung 2.1: Erstentwurf – UML Aktivitätsdiagramm

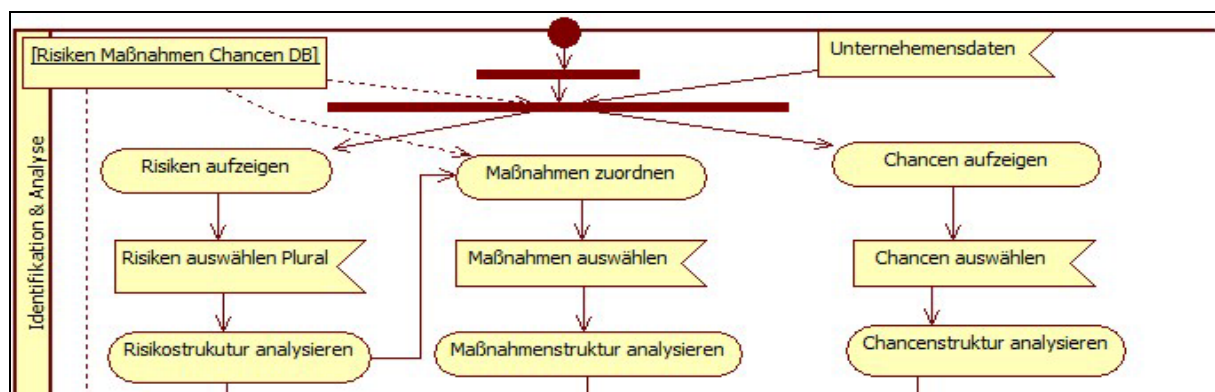


## 2.2 Modell-Abschnitt „Identifikation & Analyse“

Der Prozess startet im Abschnitt **Identifikation & Analyse** mit der Aktion „Risiken aufzeigen“. Hier werden aus der im Programm integrierten Datenbank die für den Beschaffungsbereich des Unternehmens relevanten/möglichen Risiken aufgezeigt. Hierzu fließen auch die zu Beginn vom Anwender eingegebenen „Unternehmensdaten“ in diese Aktion mit ein. Der Anwender hat daraufhin die Möglichkeit die möglichen, vom Programm vorgeschlagenen, Risiken zu selektieren. Daraufhin werden in der Aktion „Risikostruktur analysieren“ die entsprechenden Risikofolgen für das Unternehmen aus den spezifischen Unternehmensdaten und der Beschaffenheit der jeweiligen Risiken ermittelt.

Die Risikofolgen stellen dabei die Wirkungen und Ereignisse der Risiken auf verschiedene Bereiche des Unternehmens dar. So kann zum Beispiel der Eintritt des Risikos „Insolvenzrisiko“ erhöhte Kosten, Produktionsstillstand oder längere Verarbeitungsdauern sowie die Nichteinhaltung von Lieferterminen zur Folge haben. Sämtliche dieser Risikofolgen lassen sich dann in Veränderungen der drei Größen Quantität, Qualität und Preis der vom Unternehmen verwendeten Güter ausdrücken. Dadurch lassen sich die Risikofolgen in eine aggregierter Form bringen. Diese kann dann als Grundlage für eine monetäre Bewertung verwendet werden.

Die Aktion „Risikostruktur analysieren“ liefert dann grundlegende Informationen an die Aktion „Maßnahme zuordnen“. Aus der Datenbank (Datenpool 1.1) werden Maßnahmen ausgelesen, die zu den jeweiligen Risiken passen.



**Abbildung 2.2: UML-Aktivitätsdiagramm – Modellabschnitt »Identifikation & Analyse«**

In der Aktion „Maßnahmen zuordnen“ werden diese Informationen/Daten verwendet um den jeweiligen Risiken passende Maßnahmen zuzuweisen und dem Anwender anzuzeigen. Der Anwender hat dann die Möglichkeit diejenigen „Maßnahmen auszuwählen“, die in seinem Unternehmen umsetzbar sind oder von diesem präferiert werden. Danach werden für die selektierten Maßnahmen in der Aktion „Maßnahmenstruktur analysieren“ die von der jeweiligen Maßnahme berührten Kostenarten zusammengestellt, wobei auf vorliegende Daten aus der Datenbank (Datenpool 1.2) zurückgegriffen wird.

Nachdem diese Aktion abgeschlossen ist, werden dem Anwender mögliche, in der Datenbank (Datenpool 1.1) bereits integrierte und aus den Unternehmensdaten abgeleitete, Unternehmenschancen in der Aktion „Chancen aufzeigen“ angezeigt. Daraufhin kann der Anwender, wie bereits bei den Risiken, eine Selektion der aufgezeigten Chancen durchführen – Element „Chancen auswählen“. Solche Chancen sind bspw. die Durchführung eines Großauftrages, die Steigerung des Unternehmensgewinns oder Effizienzsteigerungen durch Anwendung gewisser Beschaffungsstrategien. Die selektierten Chancen werden daraufhin in die Aktion „Chancenstruktur analysieren“ übergeben und mit den jeweiligen Maßnahmen, die auf die Chancen wirken, in Verbindung gesetzt.

## 2.3 Modell-Abschnitt »Bewertung«

Im zweiten Modellabschnitt **Bewertung** wird die Aktion „Risikofolgen ermitteln“ ausgeführt (Abbildung 2.3). Auf Grundlage der in der Datenbank integrierten Daten bzgl. der Risikofolgen (Datenpool 1.2) werden hier die Risikofolgen in eine aggregierte Form gebracht. D. h. sie werden in Änderungen der Quantität, Qualität und des Preises der vom Unternehmen verwendeten Gütern ausdrückt. Diese aggregierten Folgen werden dem Anwender dargestellt und mit entsprechenden Daten ausgefüllt. In der anschließenden Aktion „Risikobruttowerte bilden“ werden die Risikofolgen monetär quantifiziert. D. h. die Folgen der jeweiligen Risiken werden in geldmäßigen Größen wiedergegeben. Die monetären Werte werden dann in der folgenden Aktion „Risikobruttowerte kumulieren“ aufaddiert. Hierbei sind eventuell Doppelbewertungen herauszurechnen.

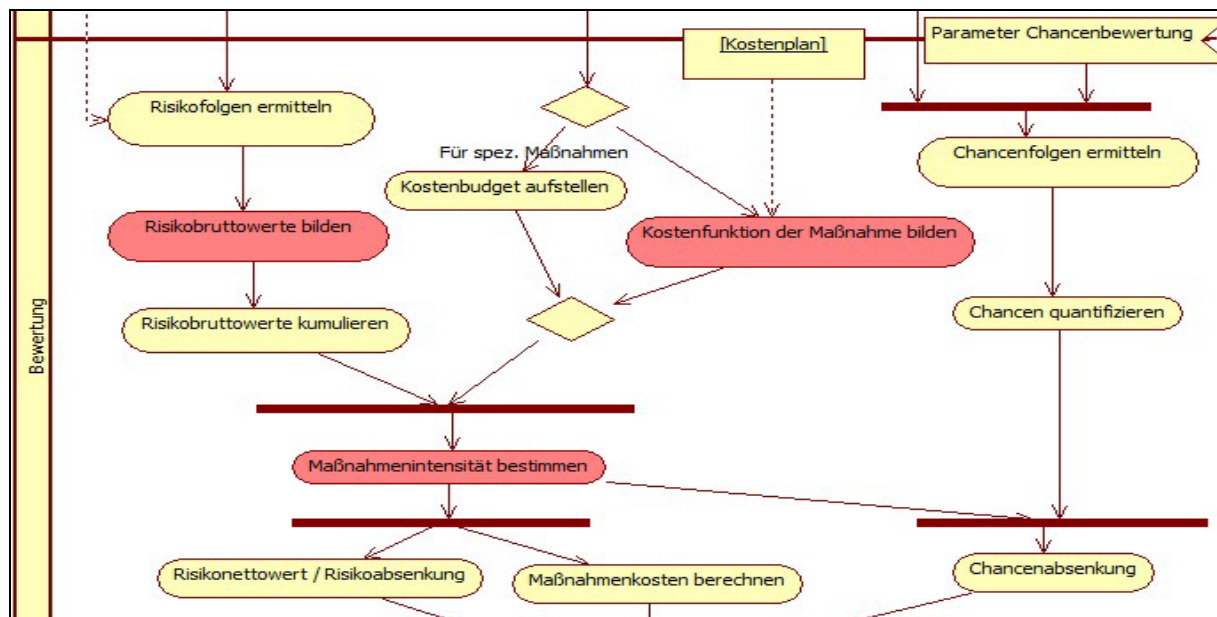


Abbildung 2.3: UML-Aktivitätsdiagramm – »Modell-Abschnitt Bewertung«

Parallel dazu findet entweder die Aktion „Kostenbudget“ aufstellen oder die Aktion „Kostenfunktion der Maßnahme bilden“ Anwendung. Erstere Aktion ist durchzuführen für Einzelrisi-

ken, bei denen sich die Ermittlung einer Kostenfunktion nicht lohnt oder entsprechende Informationen/Daten dem Anwender nicht vorliegt. Wird für eine Maßnahme eine Kostenfunktion ermittelt, erfolgt die Aktion „Kostenfunktion der Maßnahme bilden“. Die in dieser Aktion ermittelte Kostenfunktion oder das festgelegte Kostenbudget gehen mit dem berechneten Gesamt-Risikobruttowert dann in die Aktion „Maßnahmenintensität bestimmen“ ein. In dieser Aktion wird die (optimale) Intensität der Maßnahmendurchführung festgelegt.

Außerdem erfolgt auch eine Quantifizierung der Unternehmenschancen. Analog zu den Risiken und Risikofolgen ergeben sich für das anwendende Unternehmen finanzielle Folgen aus seinen Chancen. Diese finanziellen Folgen werden in der Aktion „Chancenfolgen ermitteln“ bewertet. Bspw. ist durch die erfolgreiche Durchführung eines Großauftrages eine Gewinnsteigerung möglich. Da diese Chancen durch die Durchführung von risikobehandelnden Maßnahmen beschnitten werden können, sind diese ebenfalls zu erfassen.

Aus der Aktion „Maßnahmenintensität bestimmen“ folgen dann die Aktionen „Risikonettowert/Risikoabsenkung“ und „Maßnahmenkosten berechnen“. In der Aktion „Risikonettowert/Risikoabsenkung“ wird der Risikonettowert, d. h. der geschätzte Risikowert nach Durchführung einer Maßnahme, fixiert. Und in der Aktion „Maßnahmenkosten berechnen“ werden die entsprechenden Kosten der Maßnahmendurchführung berechnet.

Letztlich ergeben sich durch die Maßnahmendurchführung auch Chancenveränderungen im Unternehmen. In der Aktion „Chancenabsenkung“ werden diese berechnet.

## 2.4 Modell-Abschnitt „Vergleich & Kombination“

Der dritte Abschnitt **Vergleich & Kombination** startet mit der Aktion „Wirtschaftlichkeit bewerten“ (Abbildung 2.4). Hierbei werden die in den vorangehenden Aktionen ermittelten Werte für die Risikoabsenkung, die Kosten der Maßnahme und der Chancenabsenkung in einer Kosten-Nutzen-Abwägung gegeneinander verrechnet. Übersteigt der in dieser Aktion ermittelte Nutzenwert den Kostenwert, wird eine Maßnahme in der Aktion „Angemessene Maßnahme erfassen & sortieren“ in den Katalog der anzuwendenden Maßnahmen aufgenommen. Andernfalls wird die Maßnahme aussortiert. Die erfassten Maßnahmen werden zudem nach einer Kennzahl sortiert um diese rangmäßig zu ordnen. Sämtliche erfasste und sortierte Maßnahmen werden dann, inklusive aller zugehörigen Werte im Datenpool „Maßnahmen optimal“ gespeichert. In der Aktion „Maßnahmenkombination durchführen“ kommt danach eine Heuristik zur Anwendung, die die gesammelten Maßnahmen angemessen kombiniert.

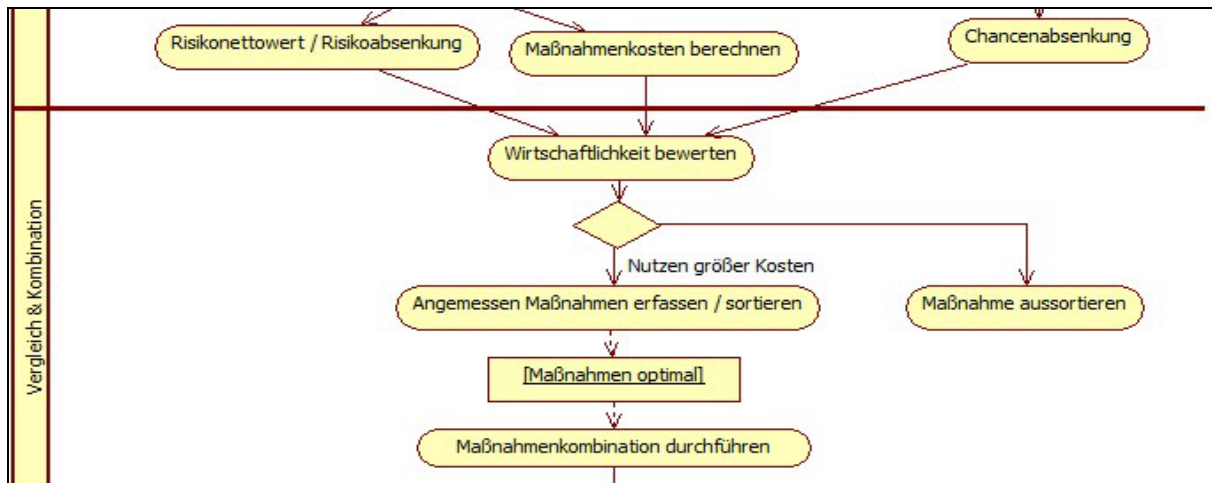


Abbildung 2.4: UML-Aktivitätsdiagramm – Modell-Abschnitt »Vergleich & Kombination«

## 2.5 Modell-Abschnitt „Anwendung“

Ist die Aktion „Maßnahmenkombination durchführen“ abgeschlossen, werden die Ergebnisse dieser Aktion dem Anwender angezeigt. Dieser kann nun in der Aktion „Maßnahmen freigeben“ dieses Ergebnis freigeben oder aber einen neuen Durchlauf des Programms durchführen (Abbildung 2.5).

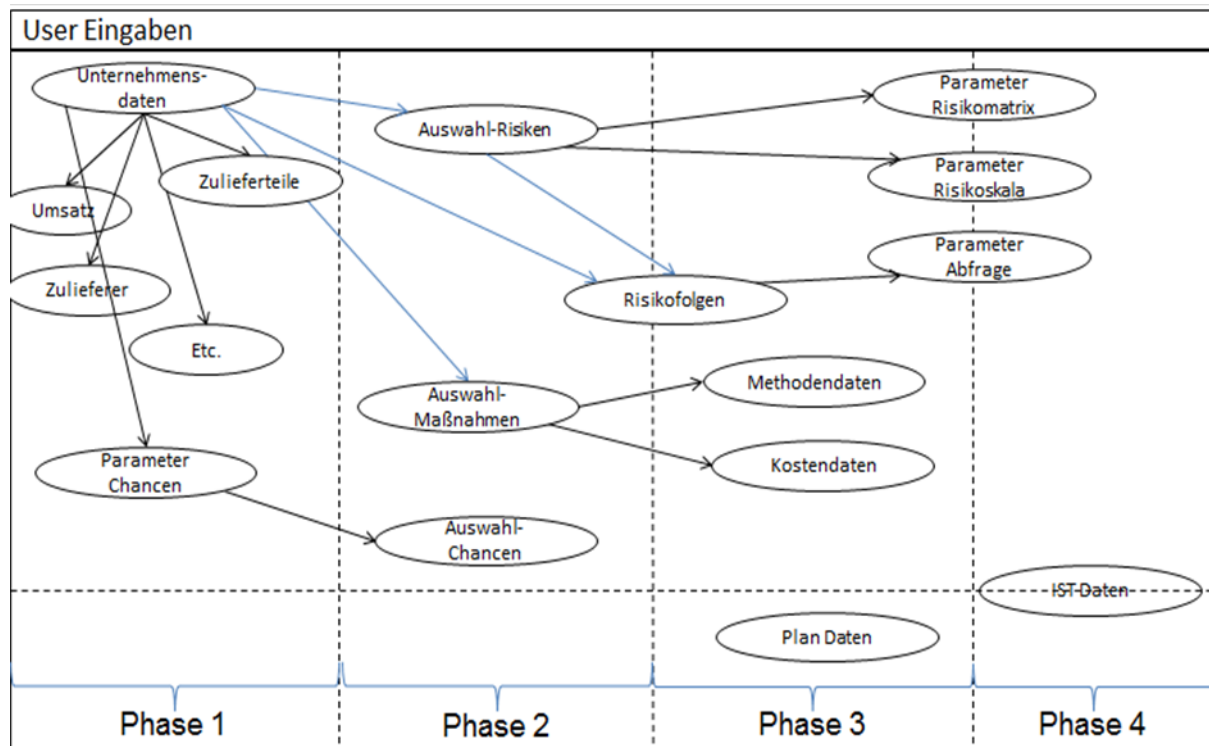


Abbildung 2.5: UML-Aktivitätsdiagramm – Modell-Abschnitt »Anwendung«

Sind die Maßnahmen freigegeben und werden im Unternehmen umgesetzt, müssen vom Anwender entsprechende IST Daten erfasst werden. Die IST Daten werden gespeichert im Datenpool 4 „IST Daten“. In der Aktion „Maßnahmen kontrollieren“ werden folgend die eingehenden IST-Daten mit entsprechenden Plan-Größen verglichen und eine Abweichungsanalyse durchgeführt. Insbesondere die prognostizierten bzw. geplanten Kosten sollen in diesem Schritt mit den tatsächlichen Kosten und Kostenentwicklungen der jeweiligen Maßnahmen abgeglichen werden.

## 2.6 Notwendige Anwendereingaben

Die Ermittlung der entsprechenden Größen sowie der Plan-Daten durch das Programm beruht auf verschiedenen Daten-Eingaben durch den Anwender. Abbildung 2.6 gibt eine Übersicht über sämtliche Eingaben, die vom Anwender gefordert werden. Die Abbildung zeigt ein UML Use-Case-Diagramm, das die notwendigen Anwender-Eingaben in das Programm strukturiert aufzeigt.



**Abbildung 2.6: Use-Case-Diagramm – Anwendereingaben**

Die Anwender-Eingaben lassen sich dabei in vier aufeinander aufbauende Phasen einteilen. In der ersten Phase werden vom Anwender die Unternehmensdaten abgefragt, die für die Risikoidentifikation im Unternehmen notwendig sind. Hierzu zählen Daten wie Umsatz, Informationen zu Zulieferern und Zulieferteilen und Größe des Unternehmens. In der zweiten Phase hat der Anwender die vom Programm ermittelten Risiken, Chancen und Maßnahmen auszuwählen. Außerdem sind weitere Daten zu den bestimmten Risikofolgen einzugeben. In der dritten Phase werden weitere Daten zu den ausgewählten Maßnahmen abgefragt. Hierzu zählen spezifische Methoden- und Kostendaten. Außerdem werden Abfragen zur Ermittlung der Risiko-Eintrittswahrscheinlichkeiten und der potentiellen Schadensausprägungen in dieser Phase erfragt. In der letzten, vierten Phase sind die festgestellten IST Daten, d. h. die tatsächlich Werte zu den Risiken und Kosten zu bestimmen und in das Programm einzugeben.

### 3 Detailbeschreibung der Vorgehensweise

In dem entwickelten Prototyp des Tools werden die fünf Phasen **Datenabfrage und Risikoidentifikation**, **Quantifizierung der Einzelrisiken**, **Risikoaggregation** und Ermittlung **standardisierter Risikofolgen**, Ableitung **monetärer Konsequenzen** und Ermittlung der **Gesamtrisikoposition** sowie **Szenarioanalyse** durch ausgewählte Maßnahmen umgesetzt. Wie in Abbildung 3.1 dargestellt, bilden die fünf Phasen einen Kreislauf, da mit Auswahl von Maßnahmen die Unternehmensdaten und Risikoausprägungen sich ändern und eine Quantifizierung und Aggregation erfordern.

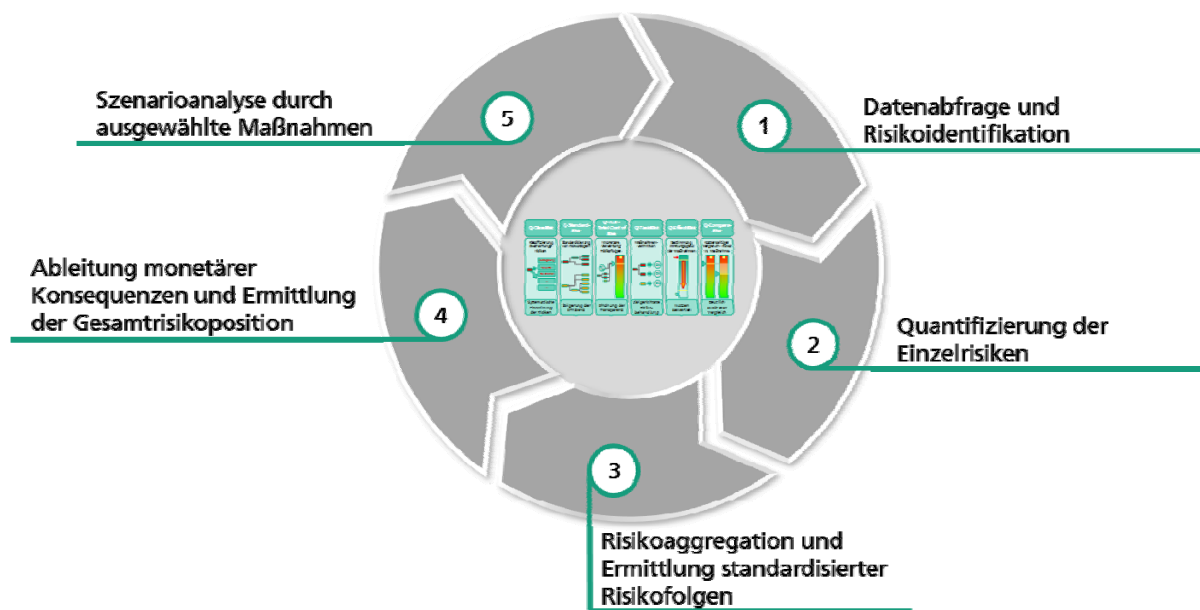


Abbildung 3.1: Die Vorgehensweise im Überblick

Im Folgenden werden die Phasen konkreter beschrieben. Es wird aufgezeigt welche Angaben vom Anwender gefordert werden und was der Prototyp leisten kann.

#### 3.1 Datenabfrage und Risikoidentifikation

In dieser Phase erfolgt zunächst eine Abfrage zur unternehmensspezifischen Beschaffungssituation. Dazu muss der Anwender unter anderem Angaben zur Beschaffungsstrategie und zum Lieferantenmanagement machen. Relevante Risiken werden automatisiert ausgewählt und dem Anwender dargelegt.

### 3.1.1 Dateneingabe Benutzer

Mit der initialen Dateneingabe charakterisiert der Anwender die spezifische Beschaffungssituation bzw. -strategie des betrachteten Beschaffungsobjektes. Sie dient der Vorselektion möglicherweise relevanter Risiken und stellt für spätere Berechnungen notwendige grundsätzliche Informationen bereit. Laut DIN ISO 31000 ist eine solche Einbeziehung relevant, da der externe und interne Zusammenhang der Organisation beträchtlichen Einfluss auf das Risikoportfolio hat. [DIN11, S. 18] Die abzufragenden Informationen lassen sich in folgende Oberpunkte gliedern:

- Unternehmens-/ Produktcharakterisierung
- Beschaffungsstrategie
- Lieferantenmanagement
- einmalige Maßnahmen

Die **Unternehmens- und Produktcharakterisierung** umfasst folgende Aspekte:

Die Erfassung von **Unternehmens- und Produktnamen** dient der besseren Zuordnung der späteren Datenexporte. Mit der Eingabe des **EBIT** soll eine bessere Visualisierung und Einordbarkeit der Simulationsergebnisse erzielt werden. Materialwirtschaftliche Kennzahlen wie die **Lagerreichweite** sowohl des Beschaffungsartikels als auch des Endproduktes werden bei der Berechnung von Produktionsstillstandszeiten bzw. der Nichteinhaltung von Kundenlieferterminen in mehreren Risikofolgen benötigt und deshalb bereits an dieser Stelle zentral abgefragt. Da nur die wenigsten KMU ihre Produkte mit getakteten Fertigungsprozesse herstellen und das Programm keine, im weiteren nicht zu haltende, Scheingenauigkeit von z.B. Stillstandszeiten aufbauen soll, beziehen sich die Zeitraumangaben auf Tageseinheiten. Über die Division des **Bauteilbedarfes** (benötigten Stückzahl im Betrachtungszeitraum) mit der **Lieferfrequenz** ergibt sich die durchschnittliche Losgröße einer Liefercharge. Mit dem **Fehlmengenpunkt** charakterisieren die Anwender die Zeitdauer, in der das Unternehmen das Endprodukt trotz einem Lagerbestand von 0 Teilen noch weiter produzieren kann.

Die Position gegenüber dem Lieferanten hat eine starke Bedeutung für die risikopolitischen Auswirkungen der Beschaffungsstrategie [WILD06, S. 130]. In Abhängigkeit der eigenen **(Markt)Stärke** existieren unterschiedliche Formen der Einflussnahme, die u.U. einzelne Risikoarten minimieren können. Eine Möglichkeit zur Bestimmung der Nachfragemacht besteht in der Ermittlung des Marktanteils des eigenen Unternehmens. Dazu wird das eigene Auftragsvolumen ins Verhältnis zum Marktvolumen gesetzt [BRÄK12, S. 72–73]. Mit höherem Anteil steigt auch die Nachfragemacht des Unternehmens. Allerdings sollten neben mathematischen Kennzahlen auch immer Expertenmeinungen oder qualitative Einschätzungen in die Bewertung einbezogen werden, da Marktstärke immer auch von individueller Wahrnehmung und fallspezifischen Ausprägungen abhängig ist. Beispielsweise kann ein Unternehmen vom konkreten Produkt nur 10% der Produktionsmenge des Lieferanten be-

ziehen, aber global dennoch als dessen Hauptkunde auftreten. Als Beispiel für einen qualitativen Bewertungsschlüssel sei auf Bräkling verwiesen, der ein auf 5 Gewichtungspunkten basierendes Scoring Modell entwickelt hat, dass eine strukturierte Differenzierung der Marktstärkebewertung ermöglicht [BRÄK12, S. 72–73].

*Beschaffungsstrategien* können nach geografischen Gesichtspunkten, nach Anzahl der möglichen Lieferanten, nach Umfang der benötigten Leistung sowie nach dem Zeitpunkt der Lieferantenauswahl differenziert werden [HOFB12, S. 93–95]. Während die ersten beiden Punkte einen großen Einfluss auf die in dieser Arbeit betrachteten operativen Beschaffungsrisiken haben, sind Risiken vom Leistungsumfang sowie Auswahlzeitpunkt weitestgehend unabhängig. Da eine Berücksichtigung dieser Aspekte keinen unmittelbaren Mehrwert für die angestrebte Form der Risikoquantifizierung hat, werden diese nicht abgefragt. Im Gegensatz hierzu weisen moderne **Materialbereitstellungsstrategien** wie JIT / JIS eine höhere Risikoanfälligkeit als ein traditionelles Stock-Sourcing auf [HAHN99, S. 233–237]. Durch die Aufnahme dieses Aspektes neben der **Lieferantenanzahl** und **Lieferdistanz** in die Datenabfrage wird die Beschaffungsstrategie komplettiert.

Unter dem Oberbegriff *Lieferantenmanagement* werden die Anforderungen an potentielle Lieferanten zusammengefasst. Zur Produktklassifizierung werden die Methoden der **ABC-** und **XYZ-Analyse** sowie eine Bewertung der Supply Chain Bedeutung und der Beschaffungsquelle angewandt. Durch eine **ABC-** und **XYZ-Analyse** lassen sich bereits tendenziell Aussagen über das Versorgungsrisiko des Beschaffungsgutes treffen. So ist bei „strategischen“ Produkten potentiell eine größere Anzahl an Risiken relevant als bei „unproblematischen“ C-Produkten. [JÄGE09, S. 39–42]. In der Mehrzahl der Fälle wird sich diese Einschätzung auch mit der Bewertung der potentiellen **Supply Chain Bedeutung** decken. Dennoch zeigen praktische Erfahrungen, dass hier eine differenzierte Betrachtung lohnenswert ist, da selbst unkritische C-Produkt zur Unterbrechung der gesamten Lieferkette bzw. Produktion führen können. So musste Boeing die Fertigstellung des Dreamliner-Prototypens aufgrund von Lieferengpässen bei Bolzen und Nieten verschieben. Teile des bereits montierten Flugzeuges wie Leitwerk und Triebwerke mussten demontiert werden, um vorläufige Verbindungselemente durch endgültige zu ersetzen [SPAE10, S. 1]. Es ist anzunehmen, dass die hieraus resultierenden Verzögerungs- und Demontagekosten die reinen Materialkosten der Bauteile um ein Vielfaches übersteigen.

Die Charakterisierung der **Beschaffungsquelle** anhand der Dimensionen Erfolgsbeitrag und Versorgungsrisiko unterstützt den Anwender, den Prozess des Lieferantenmanagements zu strukturieren [NARR12, S. 45]. Während der Erfolgsbeitrag neben dem wertmäßigen Liefervolumen z.B. den Aufwand der Lieferantenpflege oder den Grad der Lieferantenzusammenarbeit beinhalten kann, bildet das Versorgungsrisiko potentielle Gefahren qualitativ ab. Mögliche Kriterien hierfür sind die Komplexität der Objekte, Substituierbarkeit oder Lagerungseigenschaften. Die Analyse des Lieferantenmarktes liefert die Kategorien Standardlieferant, Hebellieferant, kritischer bzw. Engpasslieferant und strategischer Lieferant/Schlüssellieferant [EBER05, S. 156].



Bei Risikoeintritt bietet sich Unternehmen zumeist die Möglichkeit *einmalige, operative Maßnahmen* zu ergreifen, welche die Auswirkungen des Risikoeintrittes senken können. Da sich sowohl die Risiken der Klasse „Lieferverzögerung“ als auch „Qualität“ im (qualitativen oder quantitativen) Nichtvorhandensein der Beschaffungsressource niederschlagen, beziehen sich die Maßnahmen auf die kurzfristige Wiederbeschaffung dieser Güter. Um sich nicht in einem allzu großen Detaillierungsgrad zu verlieren und eine möglichst hohe Kompatibilität der Risikofolgen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Produkte und Herstellungsprozesse zu gewährleisten, beschränkt sich das Konzept auf drei Maßnahmen, die in Bezug auf ihre jeweiligen Kosten und ihre Zeitkomponenten bewertet werden:

- **Nachbestellung**
- **Eigenfertigung**
- **Lieferantenwechsel**

Als einfachste und potentiell häufigste Maßnahme erscheint die **Nachbestellung** beim aktuellen Lieferanten. Besteht keine lieferantenseitige Liefereinschränkung bzw. sind keine Logistikkanäle gestört, kann in der für das Produkt durchschnittlichen Wiederbeschaffungsdauer eine Ersatzlieferung organisiert werden. Expresslieferungen können diesen Zeitraum ggf. weiter reduzieren. Allerdings sind dann neben den normalen Beschaffungskosten i.d.R. weitere Transportkosten zu berücksichtigen.

Abhängig von unternehmensintern vorhandener Fertigungskompetenz, notwendigen Maschinen, Werkzeugen, Rohmaterialien und Kapazitäten besteht die Möglichkeit, das Beschaffungsgut temporär selbst zu fertigen (**Eigenfertigung**). Da es sich jedoch in aller Regel kein Unternehmen leisten kann Fertigungsmaschinen unausgelastet vorzuhalten, sind die Kapazitäten von anderen Fertigungsaufträgen abzuziehen. Die hierdurch entstehenden Opportunitätskosten bei anderen Produkten sollten zu den reinen Fertigungskosten addiert werden.

Ein einmaliger **Lieferantenwechsel** bietet sich immer dann an, wenn das zu beziehende Produkt in gleicher Qualität und Spezifikation bereits von anderen Unternehmen hergestellt wird. Zumindest bei (teil)genormten B- und C-Teilen wird dies häufig der Fall sein. Kostenseitig sind hier u.a. Kosten für Werkzeuge oder für die Lieferantensuche relevant [WILD06, S. 130], außerdem wird aufgrund einmaliger Bestellung und geringer Menge oft nur ein höherer Einstandspreis zu realisieren sein.

Generell sollten bei allen operativen Maßnahmen die „indirekten“ Kosten, welche z.B. durch den Zeitaufwand bei der Einleitung und Überwachung der Maßnahmen in Form von Personalkosten etc. entsteht nicht vernachlässigt werden.

Weitere potentielle Kosten, die sowohl bei einer Eigenfertigung als auch beim Lieferantenwechsel auftreten können, führt Westermann auf [WEST09, S. 41–43]:

- Umschulung von Mitarbeitern
- zusätzliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten
- Neuanfertigung von Modellen, Werkzeugen und Vorrichtungen
- Umstellungen und Anpassungen in der Fertigung

Generell sind besonders bei komplexen Bauteilen und/oder teuren Werkzeugen bzw. Formen die Eigenfertigung und ein einmaliger Lieferantenwechsel oftmals nicht wirtschaftlich bzw. zeitlich darstellbar.

Unter der *Unternehmens-* bzw. *Produktcharakterisierung*, der *Beschaffungsstrategie*, dem *Lieferantenmanagement* und *einmaligen Maßnahmen* zusammengefasst wurden alle beschaffungsseitig relevanten Informationen aufgenommen und die Grundlage für eine effiziente Risikoauswahl und -bewertung der nachfolgenden Schritte gelegt.

### 3.1.2 Beschaffungsrisiken und Risikoklassifizierung

Als Grundlage für die automatische Vorselektion der Beschaffungsrisiken muss eine Datenbank angelegt werden. Dazu musste zunächst eine Liste relevanter Beschaffungsrisiken erstellt werden. Diese wurde, mit einer im Rahmen des Q-Risk Forschungsprojektes durchgeführten Literaturrecherche, entwickelt (Abbildung 3.2). Dazu wurden insbesondere Werke von Eberle, Hoffmann, Kersten, Meierbeck, Moder, Rogler, Schneider, Westermann und Wildemann analysiert.

Da diese Einzelrisiken als Inputdaten für die noch zu entwickelnden Risikofolgen verwandt werden, ist es notwendig eine diesbezügliche Klassifizierung vorzunehmen. Analysiert man die Risikowirkung, lassen sich die drei Risikoklassen **Verzögerungsrisiken**, **Qualitätsrisiken** und **Kostenrisiken** voneinander abgrenzen.

Beschaffungsrisiko		
Risiken des operativen Einkaufes	Risiken des Lieferanten-managements	Risiken der Beschaffungs-strategieplanung
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liefermengenrisiko</li> <li>▪ Lieferqualitätsrisiko</li> <li>▪ Lieferpreisrisiko</li> <li>▪ Lieferzeitrisiko</li> <li>▪ Lieferortsrisiko</li> <li>▪ Transportmengenrisiko</li> <li>▪ Transportqualitätsrisiko</li> <li>▪ Transportpreisrisiko</li> <li>▪ Transportzeitrisiko</li> <li>▪ Transportortsrisiko</li> <li>▪ Lagermengenrisiko</li> <li>▪ Lagerqualitätsrisiko</li> <li>▪ Lagerkostenrisiko</li> <li>▪ Lagerzeitrisiko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Haftungsrisiko</li> <li>▪ Kompetitivitätsrisiko</li> <li>▪ Insolvenzrisiko</li> <li>▪ Strategisches Risiko</li> <li>▪ Ökologisches Risiko</li> <li>▪ Elementarschaden-Risiko</li> <li>▪ Technologie-Risiko</li> <li>▪ Service- und Prozessrisiko</li> <li>▪ IT-/ Systemrisiko</li> <li>▪ Produktdesign-Risiko</li> <li>▪ Risiko der Unterlieferanten</li> <li>▪ Lagermanagement-Risiko</li> <li>▪ Kapazitätsrisiko</li> <li>▪ Bestellflexibilitäts-Risiko</li> <li>▪ Lieferfrist-Risiko</li> <li>▪ Firmenstruktur</li> <li>▪ Fluktuation</li> <li>▪ Geistiges Eigentum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Umweltrisiken</li> <li>▪ Politische Risiken</li> <li>▪ Wirtschaftliche Risiken</li> <li>▪ Abhängigkeitsrisiken</li> <li>▪ Rechtliche Risiken</li> <li>▪ Konkurrenzrisiken</li> <li>▪ Währungsrisiko</li> <li>▪ Volkswirtschaftsrisiko</li> <li>▪ Soziologisch-kulturelle Risiken</li> </ul>

Abbildung 3.2: Beschaffungsrisiken aus Literaturrecherche

Zu **Lieferverzögerungen** kommt es, wenn ein Bauteil zur benötigten und geplanten Zeit nicht am Verbauort vorhanden ist. Götze definiert eine Lieferterminabweichung formal als Zeitraum zwischen dem geplanten, d. h. dem letztmalig durch den Kunden akzeptierten und vom Lieferanten bestätigten Liefertermin und dem tatsächlichen Liefertermin [GÖTZ07, S. 101]. Eine solche Verzögerung kann eine Reihe von Ursachen haben. So kann ein Beschaffungsgut sowohl nicht in der gewünschten Menge, an den gewünschten Ort bzw. zur gewünschten Zeit geliefert werden. Diese Ausprägungen können nun sowohl durch lieferanten-, logistik- bzw. lagerseitige Faktoren ausgelöst werden. Das Insolvenzrisiko wird von einigen Autoren als das im Lieferantenmanagement bedeutendste Einzelrisiko identifiziert [HENK09, S. 5]. Im Falle einer Insolvenz wird das Unternehmen keine Produkte ausliefern, sodass auch hier die unmittelbare Wirkung in erster Linie im schlichten Nichtvorhandensein der Beschaffungsgüter zu sehen ist. Weitere Einzelrisiken dieser Gruppe sind das Elementarschaden-, Bestellflexibilitäts-, Lieferfrist- und Abhängigkeitsrisiko.

**Qualitätsrisiken** bewirken, dass Bauteile zwar faktisch vorhanden sind, die Qualität durch Fehler, Mängel etc. jedoch soweit herabgesetzt wurde, dass diese nicht mehr für das Endprodukt verwendet werden können. Wie bei der Klasse der Verzögerungsrisiken kann der Risikoeintritt beim Lieferanten, während des Transportes bzw. im unternehmenseigenen Lager erfolgen. Daneben lässt sich das Service- und Prozessrisiko in die Klasse der Qualitätsrisiken einordnen, da es als Risiko, dass die Qualität von Prozessen, Produkten und Systemen für den Lieferanten nicht oberste Priorität haben, definiert ist. Auch unangekündigte, lieferantenseitige Spezifikationsänderungen (Produktdesignrisiko) können dazu führen, dass die Bauteile für das spezifische Produkt nicht mehr genutzt werden können, also einen Qualitätsmangel besitzen.

Als letzte Risikoklasse wurden unter die **Kostenrisiken** mit dem Preis-, Haftungs- Konkurrenz- oder Währungsrisiko sowohl eindeutig monetäre als auch eine Reihe von abstrakten Einzelrisiken (z.B. kulturelle, politisch/wirtschaftlich/rechtliche, strategische Risiken) subsummiert. Da für letztere im Einzelfall unterschiedliche Risikowirkungen vorliegen können, eröffnet man dem Anwender durch diese Klasseneinordnung den größten Bewertungsspielraum. Zusammenfassend betrachtet das Konzept folgende Einzelrisiken in den drei Risikoklassen (Abbildung 3.3).

Verzögerungsrisiken	Qualitätsrisiken	Kostenrisiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Liefermengenrisiko</li> <li>•Lieferzeitrisiko</li> <li>•Lieferortsrisiko</li> <li>•Transportmengenrisiko</li> <li>•Transportzeitrisiko</li> <li>•Transportortsrisiko</li> <li>•Lagermengenrisiko</li> <li>•Insolvenzrisiko</li> <li>•Elementarschadenrisiko</li> <li>•Bestellflexibilitätsrisiko</li> <li>•Lieferfrist Risiko</li> <li>•Abhängigkeitsrisiko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lieferqualitätsrisiko</li> <li>•Transportqualitätsrisiko</li> <li>•Lagerqualitätsrisiko</li> <li>•Service- und Prozessrisiko</li> <li>•Produktdesignrisiko</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Preisrisiko</li> <li>•Haftungsrisiko</li> <li>•Kompetitivitätsrisiko</li> <li>•Strategisches Risiko</li> <li>•Ökologisches Risiko</li> <li>•Technologisches Risiko</li> <li>•Firmenstruktur</li> <li>•Fluktuation</li> <li>•Geistiges Eigentum</li> <li>•Politisch / Wirtschaftlich / Rechtliche Risiken</li> <li>•Konkurrenzrisiko</li> <li>•Währungsrisiko</li> <li>•Sozio-kulturelle Risiken</li> </ul>

**Abbildung 3.3: Risikoklassen und Einzelrisiken**

Die Vermeidung von Produktionsunterbrechungen stellt eine zentrale Zielsetzung des Risikomanagementprozesses dar, da Stillstandskosten sich leicht auf erhebliche Beträge summieren können [GÖTZ07, S. 101]. Um das daraus resultierende Risikopotential realitätsgerecht abzubilden, ist neben der Frage des Risikoeintritts insbesondere die Zeitdauer des Produktionsstillstandes relevant. Deshalb muss aufgrund von nicht tolerierbaren Fehlern zumindest bei der Klasse der Verzögerungsrisiken sowohl von einer rein monetären Bewertung als auch von einem Wegfall der Dimension des Schadensausmaßes bei der Risikoquantifizierung abgesehen werden. So ist an dieser Stelle ein alternatives Lösungskonzept zu entwickeln. Eine Möglichkeit der Nutzung der Dimension „Zeit“ wird nur in den wenigsten Veröffentlichungen erwähnt (z.B. BRAU84, S. 232–233), ein Modell, bei dem eine Zeitspanne als Hauptausmaßdimension verwendet wird, existiert bislang nicht. Allerdings führt gerade dieser Weg, das **Ausmaß der Lieferverzögerung tatsächlich als Zeitspanne zu quantifizieren**, zu einer angemessenen Handhabbarkeit der Einzelrisiken in der zugehörigen Risikofolge.

Bei Qualitätsrisiken erübrigt sich die Frage des Ausmaßes. Entweder ein Produkt hat einen Qualitätsmangel, d.h. ist nicht in Ordnung, oder aber nicht. Einzig die Frage, mit welcher Eintrittswahrscheinlichkeit ein solcher Mangel auftritt, ist relevant, da die monetäre Transformation erst innerhalb der entsprechenden Risikofolge erfolgt. Positiv hervorzuheben ist diese

Bewertungsdimension auch deshalb, weil sie in vielen allgemeinen QM-Systemen von Unternehmen bereits als Kennzahl bzw. indirekt in Datenreihen vorhanden ist.

Da die Wirkung der Kostenrisiken unmittelbar finanzieller Natur ist bzw. über eine nicht strukturierbare Vielschichtigkeit verfügt, wird für diese dritte Risikoklasse auf die Aufstellung einer Risikofolge verzichtet. Vielmehr ist hier das klassische Vorgehen der Risikoquantifizierung über die Bewertung der Risikodimensionen Eintrittswahrscheinlichkeit und des monetären Schadensausmaßes anzustreben. Diese separat quantifizierten Risiken fließen im weiteren als Einzelpositionen in die Monte Carlo Simulation zur Ermittlung der Gesamtrisikoposition (GRP) ein.

Lieferverzögerung	Qualität	Kostenrisiken
		
<b>■ Parameter:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eintrittswahrscheinlichkeit [%]</li> <li>– Dauer [d]</li> </ul>	<b>■ Parameter:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eintrittswahrscheinlichkeit</li> <li>– Qualitätsmangel [%]</li> </ul>	<b>■ Parameter:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eintrittswahrscheinlichkeit [%]</li> <li>– Schaden [€]</li> </ul>

**Abbildung 3.4: Risikodimensionen**

Mit der Definition der wirkungsorientierter Risikoklassen Verzögerung, Qualität und Kosten ist das primäre Ziel des Moduls *Q-ClassRisk* abgedeckt. So detailliert wie nötig, so allgemeingültig wie möglich. Durch die Bewertungsdimension der zeitlichen Lieferverzögerung und des reinen Qualitätsmangels wird die Anforderung eines geringen Abstraktionsgrades realisiert, während insbesondere die dritte Risikoklasse für abstrakte Risiken den notwendigen unternehmensspezifischen Bewertungsspielraum lässt und so den Aspekt der hohen Allgemeingültigkeit abbildet.

### 3.1.3 Risikovorselektion

Die Risikobewertung beinhaltet immer auch eine Selektion von Risiken hinsichtlich ihrer Relevanz für das Unternehmen [REH09, S. 49]. Aus den in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Einzelrisiken soll der Anwender nun spezifisch diejenigen auswählen, die für seine Beschaffungssituation relevant sind.

Um diesem hierzu eine Hilfestellung an die Hand zu geben, ist eine Methode zu entwickeln, die potentiell relevante Einzelrisiken in Abhängigkeit von der Dateneingabe selektiert. Hierzu wurde eine Matrix entwickelt, wobei die Spalten die Einzelrisiken und die Zeilen die Ausprägungen der Beschaffungsstrategie, des Lieferantenmanagements etc. angeben (Abbildung 3.5). Die Matrix wurde initial mit den Koeffizienten -100, 0 bzw. 1 gefüllt. Hierbei bedeutet z.B. eine 1 in Zelle (i,j), dass bei Ausprägung j (z.B. Single-Sourcing) das Einzelrisiko i (z. B. Insolvenzrisiko) genauer analysiert werden sollte. Unabhängigkeit zwischen Dateneingabe und Einzelrisiko wird durch die 0 symbolisiert, während negative Koeffizienten zeigen, dass durch diesen Aspekt der Beschaffungsstrategie das aktuelle Risiko vermindert/vermieden wird.

		Einzelrisiken i					
Unternehmenseingaben		0	0	0	1	1	0
		0	0	-100	0	0	0
		0	1	0	0	1	0
		0	-100	0	0	0	0
		0	0	0	1	0	1
		0	0	1	0	1	0
		0	0	0	0	1	0

**Abbildung 3.5: Selektionsmatrix**

Am Beispiel der Zeile „geringe Marktstärke“ wird die Vorgehensweise bei der initialen Koeffizientenbestimmung vorgestellt. Durch eine im Bezug zum Lieferanten geringe Marktstärke kann das Unternehmen i.d.R. seine anvisierten Ziele (Preise, Konditionen, Lieferbedingungen etc.) nicht wirksam durchsetzen [JÄGE09, S. 41]. Die Bitte eines unbedeutenden Kunden, stärker in effizientere Prozesstechnologie zu investieren, wird einen Lieferanten meist nicht dazu bewegen, Kapital für neue Maschinen und Anlagen in die Hand zu nehmen, wenn der übrige Kundenstamm mit der Qualität bzw. den Kosten der Produkte zufrieden ist; handelt es sich beim Beschaffungsgut noch dazu um ein strategisches Produkt für den Kunden, kann eine geringe Marktstärke sogar zu einem Abhängigkeitsverhältnis führen. Fasst man dies anhand der definierten Einzelrisiken zusammen, sollten wenigstens das Preisrisiko, das Service- und Prozessrisiko sowie das Abhängigkeitsrisiko genauer analysiert werden. Die Koeffizienten dieser Zellen werden folglich „1“ gesetzt.

Andererseits ist es ebenso möglich, dass zwar verschiedene Strategiewegeausprägungen auf die Relevanz eines bestimmten Einzelrisikos hindeuten, eine andere Ausprägung dies jedoch mit großer Sicherheit negiert. Wiederum beziehend auf die Probleme bei der Montage des Dreamliners von Boeing haben wir bei den Bolzen eine relativ hohe SC-Bedeutung festgestellt. Ausgehend von dieser Information erscheint es angebracht, die Auswirkungen eines Insolvenzrisikos genauer zu beleuchten. Weiß man jedoch zusätzlich, dass die Nieten

von einer ganzen Reihe von Lieferanten bezogen werden (können), ist das Insolvenzrisiko trotz hoher SC-Bedeutung der Teile durch die einfache Lieferantensubstituierbarkeit zu vernachlässigen. Um diese Logik abzubilden, ist der negative Koeffizient der Selektionsmatrix bei dreißig Ausprägungen mit einem Wert kleiner als -30 anzusetzen.

Neben der initial aufgestellten Selektionsmatrix wird die beschaffungsspezifische Dateneingabe des Benutzers in einer aus Einsen und Nullen bestehenden (1,31) Matrix aggregiert. Eine Eins in Zelle (1, j) bedeutet, dass Ausprägung j auf die aktuelle Beschaffungssituation zutrifft. Multipliziert man beide Matrizen, erhält man als Ergebnis eine mit den Einzelrisiken belegte, einzeilige „Risikoauswahl“-Matrix. Koeffizienten größer Null symbolisieren Risiken, deren Analyse unter Berücksichtigung der Beschaffungssituation notwendig erscheint, während Koeffizienten kleiner bzw. gleich Null auf vernachlässigbare Einzelrisiken hindeuten.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Dateneingabematrix} & \text{Selektionsmatrix} & \text{Risikoauswahlmatrix} \\
 [x_1, x_2, \dots, x_{30}, x_{31}] \times \begin{bmatrix} y_{1,1} & \cdots & y_{1,30} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{31,1} & \cdots & y_{31,30} \end{bmatrix} & = & [z_1, z_2, \dots, z_{29}, z_{30}]
 \end{array}$$

**Abbildung 3.6: Berechnungsvorschrift Risikoauswahl aus Vorselektion**

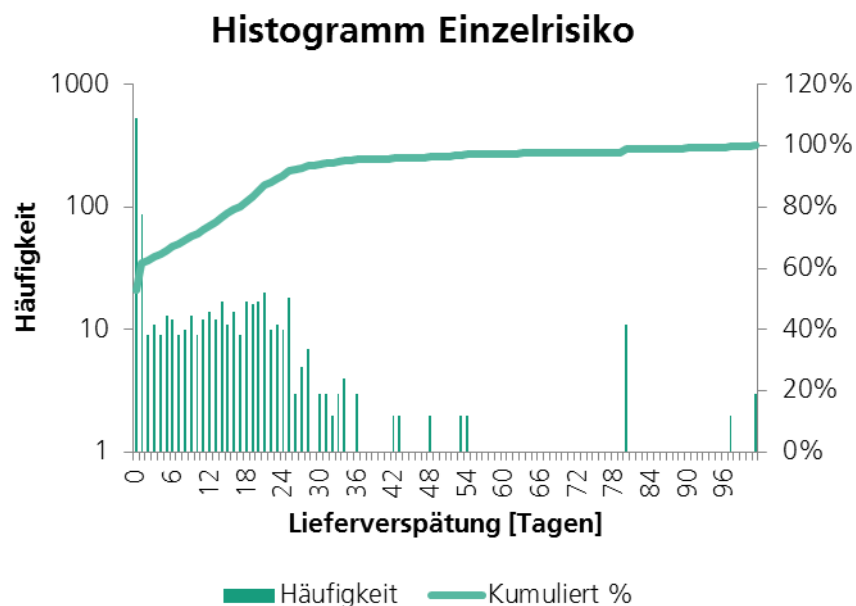
In der Realität ist das Risikoportfolio jedes Unternehmens unterschiedlich und hängt von einer nicht zu prognostizierenden Vielfalt von Faktoren ab. Insofern kann die programmintern ermittelte Risikoauswahl immer nur als ein Vorschlag angesehen werden. Dem Benutzer muss darüber hinaus eine Wahlmöglichkeit eingeräumt werden, für ihn nicht relevante Risiken ab und weitere Risiken anzuwählen [SCHN10, S. 102]. Bezugnehmend auf Q-FeedbackRisk gilt es, die nur initial generierte Selektionsmatrix anhand späterer Benutzereingaben zu verbessern.

## 3.2 Quantifizierung der Einzelrisiken

Die Aufgabe in dieser Phase des Konzeptes besteht darin, den zuvor ausgewählten Risiken quantitative Werte zuzuordnen. Dazu müssen zum einen verschiedene Bewertungsalternativen (Punktschätzung, Verteilungsschätzung und Datenbankverknüpfung) berücksichtigt werden, zum anderen müssen der Vorgehensweise alle für das Risikomanagement gängige Verteilungen (Normal-, Rechteck-, Poissonverteilung, etc.) bereitgestellt werden. Außerdem gilt es die Programminterne Verarbeitung zu Datenmatrizen mit Wahrscheinlichkeits- und Häufigkeitswerten umzusetzen und schließlich die Benutzerakzeptanz durch Integration von z.B. Hilfetexten oder Risikodefinitionen zu verbessern.

Die quantitative Bewertung von Einzelrisiken stellt eine unverzichtbare Voraussetzung für die anschließende Aggregation zu einer Gesamtrisikoposition dar [GLE11, S. 112–113]. **Im Zuge dieses Konzeptschrittes sollen die ausgewählten Einzelrisiken in Form einer Dichte- bzw. Verteilungsfunktion hinsichtlich der Risikodimensionen Eintrittswahr-**

**scheinlichkeit und Schadensausmaß zahlenmäßig bewertet werden.** Grafisch in einem Histogramm aufbereitet lassen sich so Informationen über die Dichte- ( $f(x)$ ) und Verteilungsfunktion ( $F(x)$ ) einer Ausprägung (z.B. Lieferverzögerung von  $x=8$  Tagen) auswerten. Dabei gibt eine Verteilungsfunktion an der Stelle „ $x$ “ die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass die Zufallsvariable einen Wert kleiner bzw. gleich  $x$  annimmt [GLEI01, S. 146]. Ein Vorteil der Angabe von Verteilungsfunktionen ist die einfache Anwendbarkeit von derart aufbereiteten Daten für zufallszahlbasierte Simulationen.

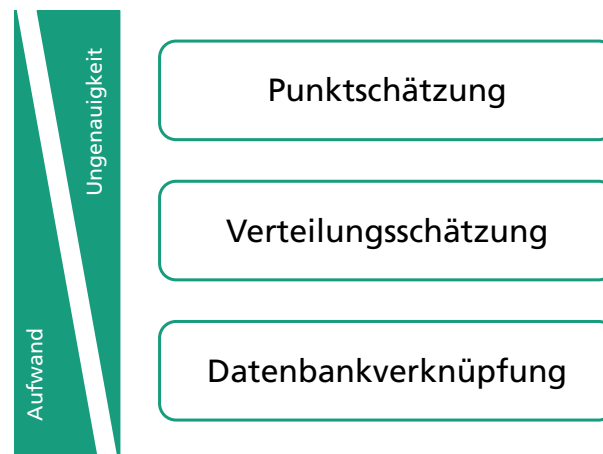


**Abbildung 3.7: Histogramm Einzelrisiko**

Wie dargelegt stellt die belastbarste Form der Risikoquantifizierung die Nutzung objektiver Daten einer um Zukunftstrends angepassten, validierten **Datenbank** dar. Abgesehen von der Frage, ob für alle Risiken Datenquellen existieren und ob diese die Rahmenbedingungen des aktuellen Produktes in der spezifischen Beschaffungssituation überhaupt angemessen abbilden, bleibt festzuhalten, dass diese Vorgehensweise, gerade bei einer Vielzahl an Einzelrisiken einen sehr großen Aufwand darstellt. Vergewenwärtigt man sich im Kontrast hierzu die realen Einsatzbedingungen des Konzeptes im Unternehmenskontext, wo i.d.R. weder ausreichende Ressourcen noch Know-How vorhanden sind, ist es notwendig die Quantifizierungsmöglichkeiten zu erweitern. Dem Anwender sind unter Berücksichtigung seines individuell günstigsten Aufwand-/Nutzen Verhältnisses bzw. der verfügbaren Daten mehrere Bewertungsmöglichkeiten einzuräumen [SCHN10, S. 102–103]. Randbedingung für diese stufenweise Reduktion des UN-seitigen Analyseaufwandes ist die Beibehaltung einer angemessenen Validitätsgüte.

Im Folgenden wird ein flexibles 3-stufiges Konzept vorgestellt, welches dem Anwender eine Quantifizierungsauswahl ermöglicht (Abbildung 3.8):





**Abbildung 3.8: Quantifizierungsmöglichkeiten**

Die erste Möglichkeit der **Punktschätzung** bezieht sich auf die Eingabe der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes durch den wahrscheinlichsten Wert. Diese „einfache“ Form der Risikoquantifizierung wird in vielen Anwendungsfällen eingesetzt. Dem Vorteil des intuitiven Verständnisses steht die Suggestion einer scheinbaren Genauigkeit gegenüber, die in der Realität bei keinem Einzelrisiko anzutreffen ist. Aus diesen Gründen ist die Anwendung der Punktschätzung nur in wenigen Fällen zu empfehlen.

Als Alternative bietet sich die **Verteilungsschätzung** als zweites Quantifizierungsverfahren an. Bereits die Nutzung einer Normalverteilung mit schmalem „Tail“, d.h. geringer Standardabweichung stellt bereits eine wesentliche Verbesserung der späteren Simulationsergebnisse im Vergleich zur Punktschätzung dar, da hierdurch der Unsicherheitsaspekt zukünftiger Entwicklungen besser abgebildet wird. Auch im Vergleich zu empirischen Verteilungen (aus Datenbanken) haben parametrische Verteilungen den Vorteil, zum einen den Großschadensbereich tendenziell besser zu modellieren und zum anderen zufällige Schwankungen, die in empirischen Verteilungen vorhanden sein können, auszugleichen [FREY01, S. 86]. Die für das Risikomanagement relevanten, parametrischen Verteilungen werden im Folgenden detailliert dargestellt (Abbildung 3.9). Dazu zählt Gleißner die Binomialverteilung, die Normalverteilung und die Dreiecksverteilung [GLEI11, S. 113–117]. Nguyen erweitert diese Liste noch durch die Poissonverteilung und die Log-Normalverteilung [NGUY08, S. 83].

Für eine Vielzahl an hochaggregierten Risiken, zu denen u.a. das Preis-, Währungs- oder Zinsrisiko zählt, kann eine **Normalverteilung** in Form einer Gauss'schen Glockenkurve verwendet werden [KLEI11, S. 212]. Dies hängt damit zusammen, dass durch die Zusammenfassung vieler (unterschiedlicher) Verteilungen oft eine der Normalverteilung ähnliche Funktionsform entsteht. Relevant ist in diesem Zusammenhang, dass die über eine Normalverteilung modellierten Risiken immer näherungsweise symmetrisch sein müssen, d.h. die Lage und Streuung der Wahrscheinlichkeiten für geringere Risikowerte denen für größere Risikowerte in etwa entsprechen. Die Parameter einer Normalverteilung sind der Erwartungswert  $\mu$  und die Standardabweichung  $\sigma$ .

$$f_n(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

**Formel 3.1: Dichtefunktion Normalverteilung**

Will man dagegen asymmetrische Risiken, also beispielsweise eine Rechtsschiefe abbilden, bietet sich die **Dreiecksverteilung** an. Diese lediglich durch den Mindestwert, Maximalwert und wahrscheinlichsten Wert parametrisierbare Verteilung lässt sich auch für Personen mit geringem statistischen Vorwissen intuitiv anwenden [KLEI11, S. 212].

$$f_d(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}, & \text{wenn } a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)}, & \text{wenn } c < x \leq b \end{cases}$$

**Formel 3.2: Dichtefunktion Dreiecksverteilung**

Die **Rechteckverteilung** (auch Gleichverteilung) ordnet allen Variablen des ausgewählten Bereiches die gleiche Wahrscheinlichkeit zu. Dazu muss ausschließlich der minimale und maximale Variablenwert bestimmt werden. Da diese Annahme in der Realität praktisch nie erfüllt ist, empfiehlt Frey diese nur anzuwenden, wenn keine Informationen oder Erfahrungen zum zukünftigen Verhalten vorliegen [FREY01, S. 41–42]. Allerdings ist die Rechteckverteilung Voraussetzung für viele Simulationen, da deren zugrundeliegenden Zufallszahlen anhand einer Gleichverteilung modelliert werden. Auch die in diesem Konzept verwandten Monte-Carlo-Simulationen nutzen gleichverteilte Zufallszahlen, da sich hiermit das Datenmaterial der anderen Verteilungen angemessen auslesen lässt.

$$f_r(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

**Formel 3.3: Dichtefunktion Rechteckverteilung**

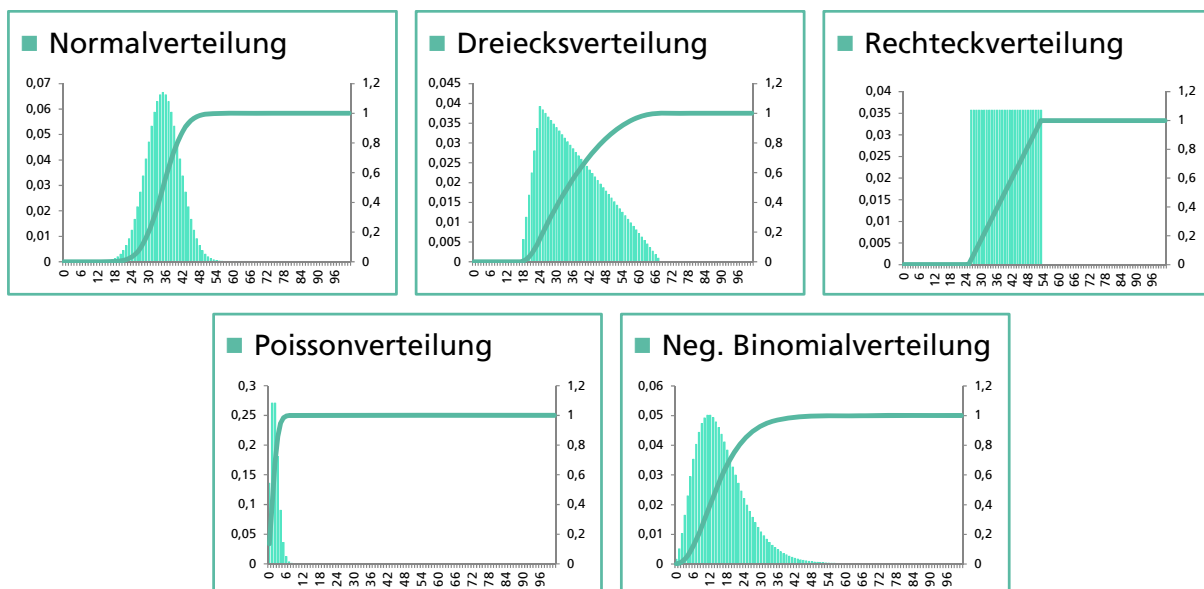
Die **Poissonverteilung** eignet sich besonders zur Modellierung der Schadenanzahl (d.h. Eintrittswahrscheinlichkeit) [FREY01, S. 73]. Sie wird, u.a. bei der Modellierung von Kreditausfällen in der Finanzbranche, in der Praxis bereits häufig eingesetzt. Dies liegt auch an der einfachen Parametrisierbarkeit über lediglich einen einzigen Parameter  $\lambda$  (Lambda), der zugleich Mittelwert und Varianz der Verteilung darstellt und Werte größer Null annehmen kann.

$$f_p(x) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

**Formel 3.4: Dichtefunktion Poissonverteilung**

Als Alternative zur Poissonverteilung bietet sich die **negative Binomialverteilung** an. Sie findet immer dann Anwendung, wenn die Streuung wesentlich größer als der Erwartungswert ist. Grundsätzlich kann die negative Binomialverteilung über den Lageparameter  $r$  (Mittelwert der Schadenhäufigkeit) und den Streuungsparameter  $p$  ( $p \in (0,1)$ ), der die Breite der Verteilung charakterisiert, beschrieben werden. Durch ihre beiden Parameter ist sie wesentlich flexibler einzusetzen [STEI08, S. 52]. Untersuchungen aus der Versicherungsbranche zeigen, dass Naturereignisse wie die Anzahl an Stürmen sich mit der negativen Binomialverteilung modellieren lassen [DIER07, S. 13].

$$f_{nb}(x = k) = \binom{k + r - 1}{k} p^r (1 - p)^k$$

**Formel 3.5: Dichtefunktion negative Binomialverteilung****Abbildung 3.9: parametrische Verteilungen**

Zur Bewertung der in Kapitel 3.1.2 definierten Risikodimensionen im Zuge der Verteilungsquantifizierung bieten sich zwei verschiedene Varianten an. Die umfangreichste verwendet je Risikodimension eine Verteilungsfunktion. Bei den Verzögerungs- und Kostenrisiken wird so einmal die Eintrittswahrscheinlichkeit (z.B. mit einer Normalverteilung) und das Schadensausmaß (z.B. mit einer Dreiecksverteilung) über je eine Verteilung modelliert [NGUY08, S. 83].

Eine weniger aufwändige Alternative stellt die Abschätzung einer verbundenen Verteilungsfunktion dar [MÖBI11, S. 13], in der eine der beiden Dimensionen über einen Punktwert berücksichtigt wird. Da bei den Verzögerungsrisiken die Dauer der Lieferstörung i.d.R. die Höhe des monetären Schadenspotentials wesentlich bestimmt [HAIN96, S. 82–89], wird im Zuge einer verbesserten Benutzerakzeptanz nur das Schadensausmaß mit einer Vertei-

lungsschätzung bewertet. Dieses Vorgehen wird durch Gleißner untermauert, der konstatiert, dass Risiken außer im Kontext von Versicherungen i.d.R. nur durch **eine** Verteilung beschrieben werden [GLEI11, S. 117]. Auch andere Autoren sprechen davon, dass Fehler bei der Wahl der Schadenshöhenverteilung eine deutlich höhere Sensitivität auf die Position haben als eine unpassende Verteilung der Schadenshäufigkeit [FREY01, S. 73; STEI08, S. 54–56]. Dies betrifft nicht die Klasse der Qualitätsrisiken, da hier mit der Wahrscheinlichkeit für einen Qualitätsmangel ohnehin nur eine Dimension existiert.

Um die Qualität der Verteilungsschätzungen zu erhöhen, existieren eine Reihe von Verfahren und Instrumenten. Neben einer transparenten Dokumentation, die Informationen darüber enthält, anhand welcher Daten und basierend auf welchen Annahmen die Schätzung vorgenommen wurde, kann die Delphi Methode genutzt werden [KLEI11, S. 214]. Dazu werden mehrere Experten unabhängig voneinander befragt, die Ergebnisse im Anschluss ausgetauscht und wiederum von den Experten beurteilt. Damit lassen sich die Schätzparameter „objektivieren“. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Schätzpersonen zusätzliche statistische Kenntnisse zu vermitteln und die Schätzungen mit dem späteren tatsächlichen Risikoeintritt rückzukoppeln [BRAU84, S. 239].

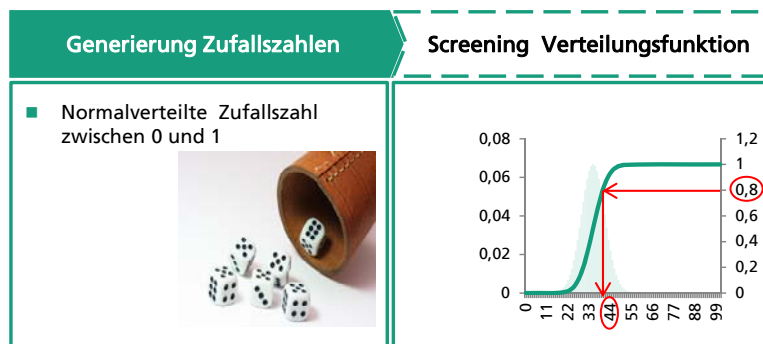
Die abschließende dritte Möglichkeit der Risikoquantifizierung des entwickelten Konzeptes stellt die **Datenbankverknüpfung** dar. Wie erwähnt dürfte es bei der Mehrzahl der Einzelrisiken schwierig sein, passende Datenquellen zu evaluieren. Unternehmensextern lassen sich in der Regel nur zur Analyse von allgemeineren Aspekten wie Konjunktur, Branchen, Wachstum, Preisentwicklung o.ä. eine größere Anzahl an Datenbanken finden. Als belastbare Quellen sind insbesondere die Statistikbehörde der EU (EUROSTAT), das Statistische Bundesamt (DESTATIS) und die Datenbanken der Wirtschaftsverbände zu nennen [BRÄK12, S. 68–70]. In Anhang findet sich eine Liste, die neben diesen auch eine Reihe kommerzieller Datenbank-Unternehmen enthält. Für Einzelrisiken der beiden Risikoklassen „Verzögerung“ und „Qualität“ besteht die Möglichkeit, Kennzahlen aus Unternehmensbereichen wie dem Wareneingang oder der Produktion im Sinne der Risikobewertung zu transformieren. Mögliche Kennzahlen wie die Liefertreue definiert die VDI-Richtlinie 4400. So charakterisiert die Liefertermintreue die Warenverfügbarkeit bezüglich dem Kriterium der Termineinhaltung [VDI01, S. 20] und könnte als Schätzwert für die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Verzögerungsrisikos eingesetzt werden. Interessant ist, dass selbst in der Richtlinie die Toleranz des Liefertermins in Betriebskalendertagen (BKT) angegeben wird, was die Wahl der Zeiteinheit „Tage“ für die Risikoklasse der Lieferverzögerung untermauert.

Unter Berücksichtigung der Anforderung einer größtmöglichen Flexibilität, in Bezug auf den anwenderseitigen Ressourcenaufwand, können durch die drei Quantifizierungsalternativen alle Einzelrisiken nun vollständig quantifiziert werden. Die in Kapitel 3.1.2 definierten Bewertungsparameter der Risikoanalyse wurden durch die Auswahl der Verteilungen und die Bewertung der Risikodimensionen im Sinne der Anforderungen sinnvoll konkretisiert.

Nachdem die Möglichkeiten der Risikoquantifizierung von Q-RiskReady erläutert wurden, befasst sich der nächste Abschnitt mit der Datenstruktur des Konzeptes. Auch wenn die ausgewählten Einzelrisiken entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Risikoklas-

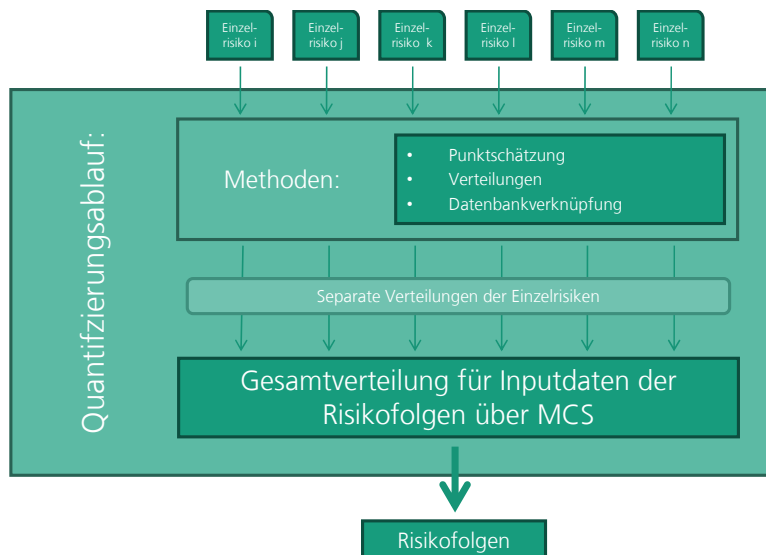
sen anhand unterschiedlicher Dimensionen quantifiziert werden, soll dennoch eine klassenübergreifende Datenstruktur definiert werden. Diese besteht aus jeweils drei Spalten mit 101 Zeilen. Während die 1. Spalte die Variable enthält (also Lieferverzögerung [Tage], Qualitätsmangel [%] oder Risikokosten [€]), beziehen sich die beiden folgenden Spalten auf die Wahrscheinlichkeitsdichte bzw. Verteilung. Bei Punktschätzungen ist die zweite Spalte bis auf eine Zelle ausschließlich mit Nullen gefüllt.

Da für die relevanten Risiken nun Zahlenwerte hinterlegt sind, wird mit der MCS als Kernfunktionalität von Q-RiskReady eine aggregierte Gesamtverteilung der Risiken **einer Risikoklasse** erstellt. Die MCS generiert hierzu pro Simulationslauf für jedes Einzelrisiko eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 und sucht den entsprechend Wert in der Verteilungsfunktion des Einzelrisikos. Von dieser Position wird auf die dahinterstehende Variable geschlossen (Abbildung 3.10).



**Abbildung 3.10: Prozessschritt Monte-Carlo-Simulation**

Die so (gemäß ihrer Wahrscheinlichkeitsverteilung) selektierten Variablen werden aufsummiert und als Ergebnis des Simulationsschrittes abgespeichert. Vereinfacht gesagt wird also für jede Risikoposition zufällig entschieden, ob bzw. mit welchem Ausmaß ein Einzelrisiko eintritt. Für jeden Durchlauf der MCS wird so aus allen erkannten und bewerteten Risiken ein Einzelszenario gebildet, das einen möglichen Risikozustand beschreibt [MEDG11, S. 163]. Aus den so generierten Ergebnisdaten lässt sich die Gesamtverteilung der Risikoklasse bestimmen, welche als Input in die Risikofolgen einfließt. Entscheidender Vorteil einer auf diese Weise simulierten Verteilung ist, dass sie durch die große Grundgesamtheit auch von ihrer Einzelwahrscheinlichkeit her unwahrscheinliche Werte enthält und so zur Modellierung besonders kritischer „Black-Swan“-Ereignisse eingesetzt werden kann.



**Abbildung 3.11: Quantifizierungsablauf schematisch**

Als Kernziel des Konzeptelementes Risikoquantifizierung wurde eine realistische Unsicherheitsmodellierung definiert. Über die Analyse der Sensitivität der möglichen Risikodimensionen konnte ermittelt werden, dass eine differenzierte Modellierung des Schadensausmaßes einen wesentlich größeren Einfluss auf die Risikoposition hat als beispielsweise die Eintrittswahrscheinlichkeit. Dies wird durch die Berücksichtigung der verschiedenen Verteilungen bei der Schadensdimension abgebildet. Über die Identifikation und Einbeziehung der im Risikomanagement relevanten Verteilungsfunktionen konnte eine angemessene Darstellung realer Risikosituationen abgesichert werden.

### 3.3 Risikoaggregation und Ermittlung standardisierter Risikofolgen

Der Einsatz von Risikofolgen ermöglicht die Transformation von Einzelrisiken der Klasse Verzögerung und Qualität in monetäre Risikowerte. Methodisches Werkzeug zur Darstellung der Risikofolgen ist das Flussdiagramm. Hiermit lässt sich der Weg des Bauteils entlang des Herstellungsprozesses im Unternehmen nachzeichnen (Abbildung 3.12). Flussdiagramme bieten neben der komprimierten Visualisierung den Vorteil, den einzelnen Prozessschritten (Pfaden) Kosten und Wahrscheinlichkeiten zuzuordnen. Da die Validität des Outputs zu einem Großteil von der Bewertungsqualität dieser Faktoren abhängt, ist bereits in der Entwicklungsphase von Flussdiagrammen darauf zu achten, die Modellierung so anzupassen, dass ausschließlich unabhängige und objektiv gut einschätzbare Bewertungsfaktoren generiert werden.

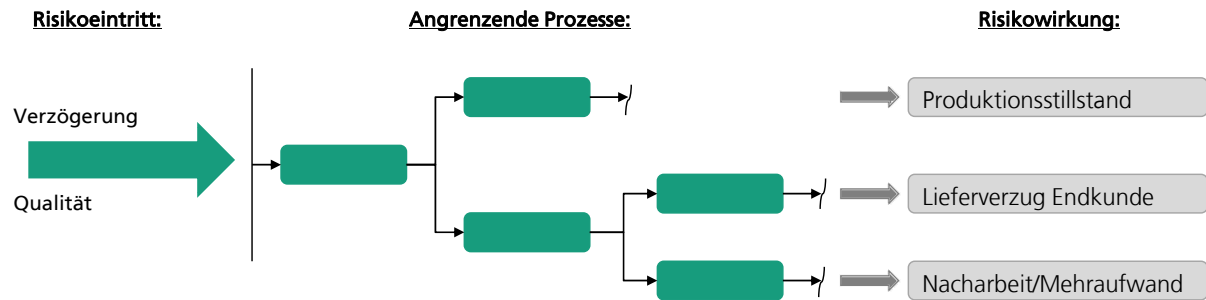


Abbildung 3.12: Ablaufschema Flussdiagramm

Folgende Symbole sind als Kernelemente eines Flussdiagrammes in DIN 66001 aufgeführt und werden im vorliegenden Konzept verwandt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Dazu zählen Prozess, Entscheidung, Start/Ende und Teilprozess. Mithilfe weiterer Elemente wie Dokumenten, Daten oder Verantwortlichkeiten kann eine Risikofolge stärker detailliert werden. Da dies für den Ablauf der Risikosimulation nicht relevant ist, wird hierauf jedoch nicht eingegangen. Neben sequenziell verketteten Abläufen können Verzweigungen und Rückkopplungen eingebaut werden.

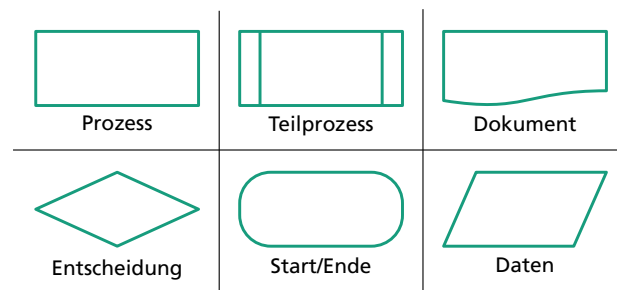


Abbildung 3.13: Elemente Flussdiagramm (nach [DIN83, S. 3–6])

Betrachten wir zunächst die **Risikofolge Lieferverzögerung** (Abbildung 3.14). Die Ausführungen von Westermann zugrunde legend ist es sinnvoll, dabei u.a. folgenden Konsequenzen und deren Abhängigkeiten zu modellieren [WEST09, S. 244–246]:

Konsequenzen:

- Kosten
- Produktionsstillstand
- längere Verarbeitungsdauer
- Wirkungen auf Absatz, d.h. Nichteinhaltung Liefertermine, Imageschäden etc.

Abhängigkeiten:

- Umfang der Fehlmengen
- Dauer der Fehlmengen
- Zeitpunkt der Erkennung der Fehlmengen
- Gegenmaßnahmen

In Anlehnung an das Ablaufschema des VDI [VDI-07, S. 6] stellt eine terminierte Lieferung im Wareneingang den Ausgangspunkt der Risikofolge dar. Davon ausgehend kann es mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (pV0) zu einer Lieferverzögerung (LV) kommen. Abhängig dieser Dauer und der Lagerreichweite (LRW) des Beschaffungsgutes kann die Lieferverzögerung Auswirkungen auf den Produktionsprozess haben (pV1). Beträgt die Lieferverzögerung z.B. 20 Tage und die Lagerreichweite 12 Tage, verfügt die Produktion ab dem 12.Tag der Lieferverzögerung für mind. 8 Tage über keine Bauteile. Ist die Lagerreichweite jedoch größer als die Lieferverzögerung, kann die Produktion gewissermaßen „aus dem Lager atmen“, d.h. die Lagerbestände werden abgebaut, um mit Eintreffen der verspäteten Lieferung wieder aufgestockt zu werden. Auch für diese Ausprägung sind allerdings Mehrkosten zu berücksichtigen. Wird beim Unternehmen bekannt, dass die Lieferung erst verspätet eintrifft, ist durch Informationsbeschaffung (Telefonate mit dem Lieferanten, Speditionen etc.) das tatsächliche Verspätungsausmaß zu quantifizieren, um daran anschließend, über eine Auswirkungsprognose, die Notwendigkeit von operativen Maßnahmen festzulegen. Die hierdurch beanspruchte Zeit des Disponenten etc. ist als Mehrkosten zu bewerten.

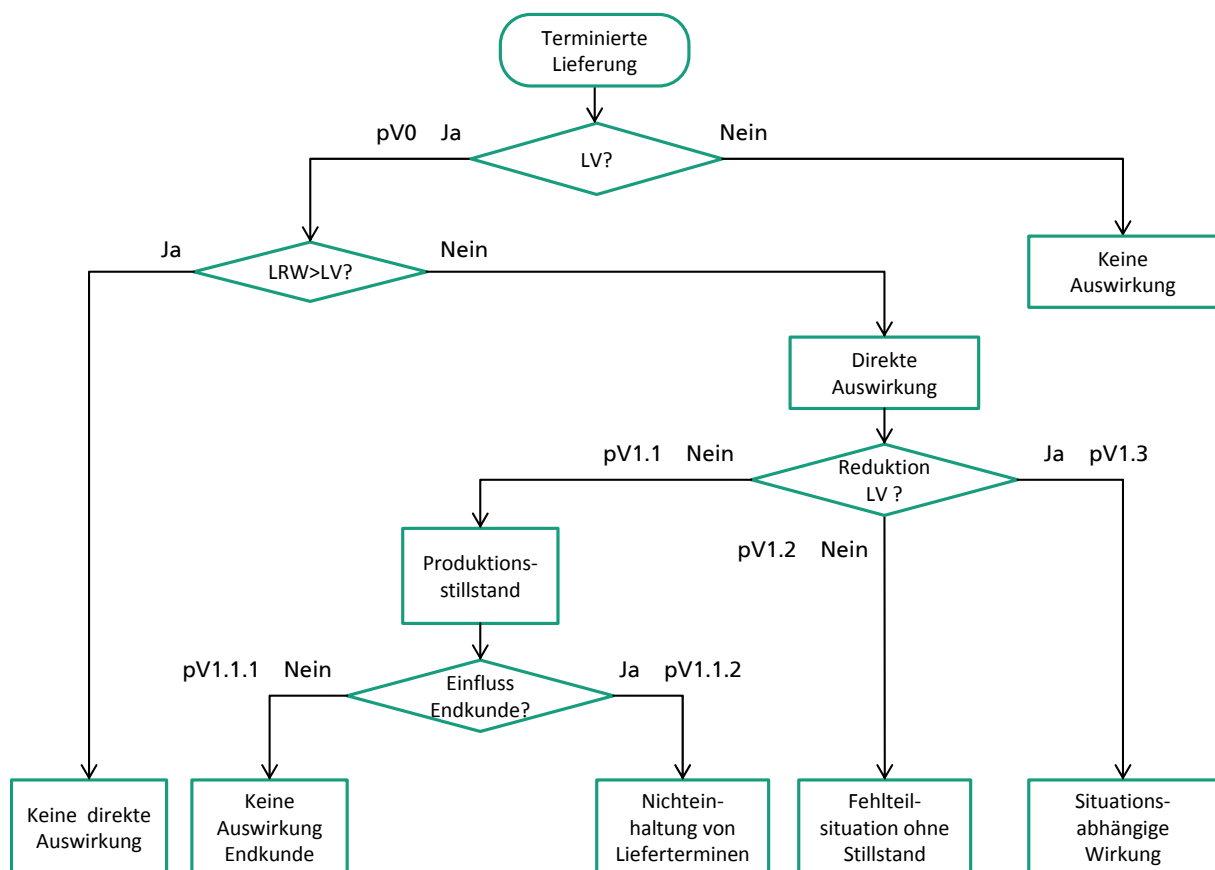
Schlägt die Lieferverzögerung auf die Produktion des Endproduktes durch, ergibt sich ein differenziertes Bild, welches im vorliegenden Konzept durch die Verzweigung in drei unterschiedliche Umweltzustände vereinfacht wird. Wie bereits in der Datenabfrage erfasst wurde, kann das Management über operative Maßnahmen (Nachbestellung, Lieferantenwechsel oder Eigenfertigung) versuchen, die Wirkung des Risikoeintritts zu minimieren (pV1.3). Die Kosten für diese Maßnahme stehen, gesetzt dem Fall, dass sinnvolle Maßnahmen ergriffen wurden, einer Reduzierung der Lieferverspätung gegenüber. Im vorliegenden Konzept gehen wir davon aus, dass Maßnahmen noch am Tag des eigentlich anvisierten Liefertermins eingeleitet werden. Das oben angeführte Beispiel wiederaufgreifend kann eine sinnvolle Maßnahme sein, eine neue Bestellung bei einem anderen Lieferanten auszulösen, der die Bauteile innerhalb von 15 Tagen ab Bestelleingang liefert. Hierdurch wird die Dauer des Produktionsstillstands von 8 auf nur noch 3 Tage verringert.

Werden keine Maßnahmen ergriffen sind zwei alternative Pfade möglich. Je nach Relevanz bzw. Position des Beschaffungsgutes im Gesamtmontagegefüge kann das Endprodukt auch ohne diese Bauteile montiert werden (pV1.2). Sobald die Lieferung eintrifft, werden die unvollständigen Endprodukte im Puffer nachgearbeitet. Fehlen bei der Fahrerhausmontage in der LKW-Produktion beispielsweise elektrische Leitungen, die unterhalb der Innenraumverkleidungen verlegt werden, werden die Fahrerhäuser abgesperrt und die Produktion steht solange still, bis die Fehlteile beschafft wurden. Handelt es sich bei den Fehlteilen jedoch nur um Zierblenden z.B. des Armaturenbrettes, wird dafür kein Produktionsstillstand in Kauf genommen und die Blenden erst beim Finish bzw. sogar noch kurz vor der Übergabe beim Vertragshändler montiert. Es ist jedoch möglich, dass diese Fehlmengen u.U. nur bis zu einem gewissen Zeitpunkt (Fehlmengenpunkt) toleriert werden können, z.B. bis der Pufferbestand des Endproduktes seinen Maximalbestand erreicht hat. Alle Bauteile, die innerhalb dieses Zeitraumes zwischen Lagerreichweite und Fehlmengenpunkt (FMP) angeliefert wer-



den, haben als Wirkung so noch keinen Produktionsstillstand, sondern nur einen erhöhten Nacharbeitsaufwand z.B. in Form von Personalkosten zur Folge.

Erst wenn der Fehlmengenpunkt überschritten ist, kommt es endgültig zum Produktionsstillstand (pV1.1). Gerade diese Auswirkung von Lieferverzögerungen kann erheblich sein, da sie die termingerechte Erfüllung von Kundenaufträgen gefährdet [ZSCH07, S. 152]. Als letzte Verzweigung hat der Anwender daher noch zu bewerten, ob sich der Produktionsstillstand auf den Endkunden in Form von Nichteinhaltung von Lieferterminen auswirkt (pV1.1.2) oder unternehmensintern (pV1.1.1) aufgefangen werden kann. Um dies fundiert abschätzen zu können ist es sinnvoll, dem Anwender Informationen über die erwartete Dauer der Produktionsunterbrechung und die Lagerreichweite des Endproduktes bereitzustellen. Als Kostenblöcke sind an dieser Stelle noch die Stillstandskosten pro Zeiteinheit und die Kosten für eine Nichteinhaltung von Kunden-Lieferterminen wie Pönalen, Opportunitätskosten durch Kundenverlust etc. anzugeben.



**Abbildung 3.14: Risikofolge Lieferverzögerung**

Eigentlich ist neben dem Lieferausfallzeitraum und dem Absatzunterbrechungszeitraum auch noch die Durchlaufzeit (DLZ) des Produktes zu berücksichtigen [HAIN96, S. 63]. Da die Zeiträume mit der Genauigkeit von (ganzen) Tagen angegeben werden, bleibt die DLZ jedoch, um keine nicht vorhandene Scheingenauigkeit zu suggerieren, unberücksichtigt. Alternativ kann der Anwender diese aber noch über die dementsprechende Reduzierung der Lagerreichweite des Endproduktes indirekt abbilden.

Die **Risikofolge der Qualitätsrisiken** greift einige Elemente der ersten Risikofolge auf (Abbildung 3.15). Hier bildet die Unterscheidung ob die Produkte einer Lieferung einen Qualitätsmangel aufweisen die Ausgangsverzweigung (pQ0). Ist die Charge mangelhaft, besteht die erste Möglichkeit diesen Mangel im Zuge der Wareneingangskontrolle zu detektieren (pQ1). Wird der Mangel bereits frühzeitig an dieser Stelle erkannt, können mit relativ großer Vorlaufzeit Maßnahmen ergriffen werden, da noch mindestens für die Dauer der Lagerreichweite weiter produziert werden kann. Darüber hinaus besteht, je nach Art und Schwere des Qualitätsmangels, z.B. die Möglichkeit, die Teile (gegen eine Kompensationszahlung etc.) unternehmensintern nachzuarbeiten.

Ansonsten gehen die mangelhaften Beschaffungsgüter in den Produktionsprozess ein. Wie bei der Risikofolge Lieferverzögerung wird die Vielfalt der an dieser Stelle möglichen Ausprägungen auf drei Pfade heruntergebrochen, deren summierte Eintrittswahrscheinlichkeit von 100% vom Anwender abzuschätzen ist. Eine erste Möglichkeit besteht darin, dass der Mangel auch im Produktionsprozess nicht auffällt und so ein mangelhaftes Endprodukt an den Kunden geliefert wird (pQ1.1). Diese Ereignisentwicklung ist unter allen Umständen zu vermeiden, da neben den reinen Kosten für den Produkttausch und/oder Nacharbeit vor allem auch hohe indirekte Kosten durch Kundenverlust bzw. Imageschäden auftreten können, welche die reinen Materialkosten des fehlerhaften Beschaffungsgutes um ein Vielfaches übersteigen.

Daneben sind eine Reihe von Mängeln denkbar, die bereits die Montage des Beschaffungsgutes am Endprodukt unmöglich machen. Falsche Bohrgeometrien bei Anschraubteilen sind ein Beispiel für Mängel, die auf jeden Fall vor/bei der Montage auffallen (pQ1.3). Auch die bei einer direkt an den Montageprozess anschließenden Funktionskontrolle detektierten Fehler werden auf die Mangelerkennung während der Montage angerechnet. Unter Berücksichtigung der Definition, dass Mängel immer die gesamte Liefercharge betreffen, sind denkbare Alternativen nun entweder, falls vorhanden, die restlichen i.O.-Teile aus dem Lager zu verbauen (pQ1.3.1) oder das Endprodukt ohne das mangelhafte Bauteil (Fehlmenge) zu produzieren (pQ1.3.2). Handelt es sich bei diesem Teil um ein zentrales Produktelement kann auch ein direkter Produktionsstillstand die Folge sein (pQ1.3.3). Sowohl die Produktion mit Lagerbeständen, die (Weiter-)Produktion ohne Bauteil oder der direkte Produktionsstillstand sind mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit (pQ1.3.x) und der spezifischen Weiterproduktionsdauer ( $t_1, t_2, t_3 = 0$ ) zu charakterisieren. Diese Handlungsalternativen ähneln stark der Risikofolge Lieferverzögerung, so dass die bereits dort eingesetzten operativen Maßnahmen auch hier zum Einsatz kommen, um die potentielle Stillstandszeit zu verkürzen. Auch die variablen Produktionsstillstandskosten werden aus der ersten Risikofolge übernommen, sollten aber noch vom Anwender änderbar sein. Berechnungsgrundlage der Stillstandsdauer ist die Wiederbeschaffungsdauer des Bauteils bei operativen Maßnahmen oder bei turnusmäßiger Beschaffung (Bauteilbedarf dividiert durch Bestellfrequenz) abzüglich der Summe der Erwartungswerte der Weiterproduktionsdauern ( $pQ1.3.1 \cdot t_1 + pQ1.3.2 \cdot t_2 + pQ1.3.3 \cdot t_3$ ).

Als abschließende dritte Möglichkeit ist die Mangelidentifikation durch eine Endkontrolle des fertigen Produktes vor Auslieferung ins Auge zu fassen (pQ1.2). Je nach Wiederbeschaf-

fungsdauer des Bauteils und Puffergröße des Endproduktes kann auch dieser Pfad zu einer Nichteinhaltung des Liefertermins des Kunden (pQ1.2.1 bzw. pQ1.2.2) führen. Tendenziell sind die monetären Risikokonsequenzen dieses Pfades jedoch geringer als die einer mangelhaften Endkundenbelieferung, bei welcher der Mangel überhaupt nicht erkannt wurde.

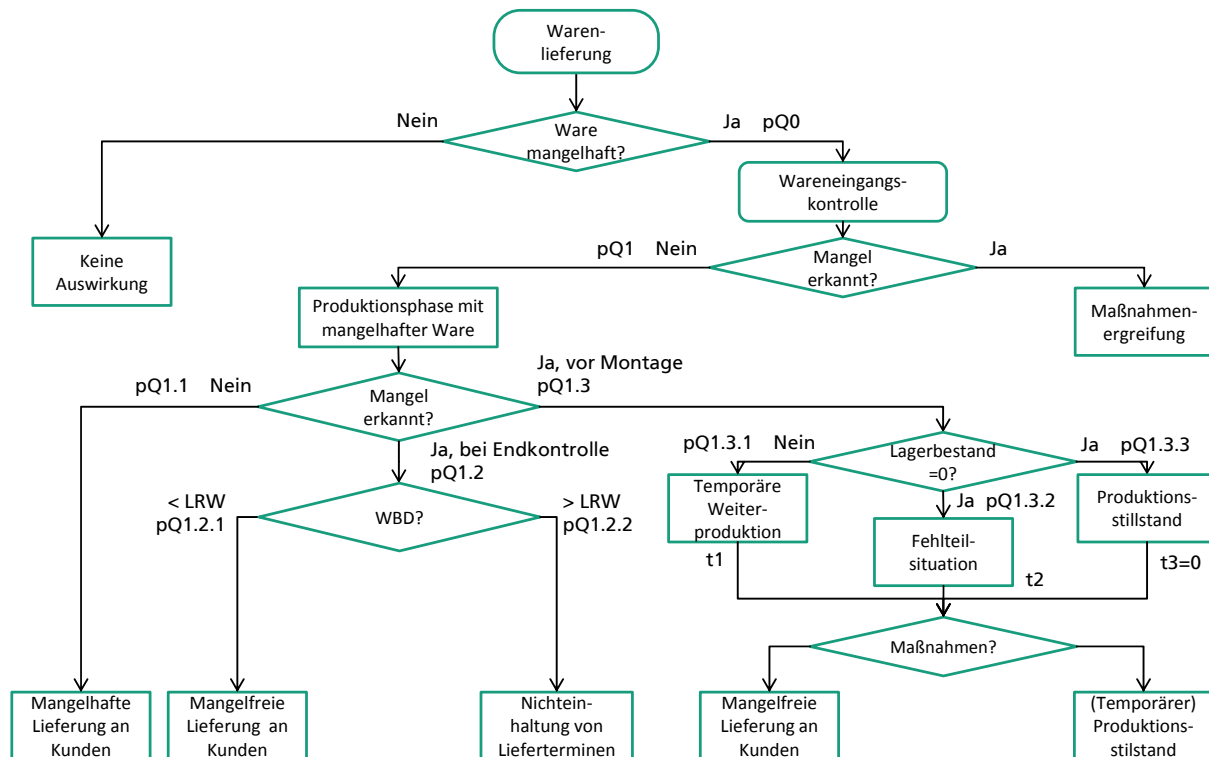


Abbildung 3.15: Risikofolge Qualität

Damit wurde die Struktur der Risikofolgen umfassend dargestellt. Alle von Westermann aufgeführten Konsequenzen werden adäquat abgebildet. Dies konnte insbesondere durch die Modellierung der Abhängigkeiten wie Dauer und Umfang der Fehlmenge bzw. durch die Berücksichtigung der operativen Maßnahmen erreicht werden. Der Zeitpunkt, an dem die Lieferverzögerung auffällt, wurde definitorisch auf den anvisierten Liefertermin festgesetzt; dies stellt eine konservative Abschätzung dar, da Lieferanten und Speditionen Lieferverzögerungen heutzutage bereits häufig frühzeitig ankündigen und dem Unternehmen so eine noch größere Reaktionsspanne zur Verfügung steht.

Wie ausgeführt sieht das Konzept vor, als Inputdaten der Risikofolgen die aggregierte Gesamtverteilung aus den Daten (Punkt-, Verteilungsschätzung bzw. Datenbank) der Einzelrisiken der jeweiligen Klasse zu nutzen. Eine mögliche Verteilung der Risikoklasse Lieferverzögerung ist in Abbildung (Abbildung 3.16) dargestellt. **Innovativer Bestandteil des Konzeptes ist die integrierte Berechnung einer Reihe von benötigten Pfadwahrscheinlichkeiten (Formel 3.6).** So gibt  $F(x=0)$  die Wahrscheinlichkeit dafür an, dass überhaupt eine Lieferverzögerung eintritt (pV0). Durch zusätzliche Berücksichtigung der Lagerreichweite und des Fehlmengenspunktes lassen sich weitere für die Risikofolge relevante Informationen filtern. Dazu zählt neben der Eintrittswahrscheinlichkeit, dass sich die Lieferverzögerung

innerhalb der Lagerreichweite bewegt (pV1) die Wahrscheinlichkeit, dass eine Lieferung, die sich länger als die Lagerreichweite verzögert, über Fehlmengen kompensiert werden kann (pV1.2x).

pV1.1x ist die Gegenwahrscheinlichkeit zu pV1.2x. Zur Ermittlung der Pfadwahrscheinlichkeiten pV1.1 bzw. pV1.2 sind pV1.1x und pV1.2x noch durch die Wahrscheinlichkeit der Ergreifung operativer Maßnahmen zu modifizieren.

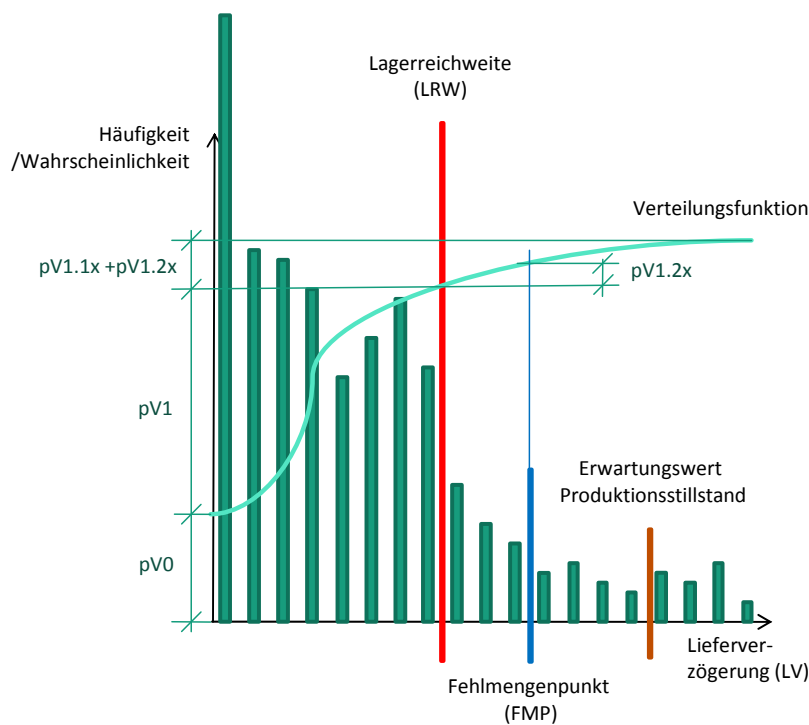


Abbildung 3.16: Inputdaten und Pfadwahrscheinlichkeiten Risikofolge Verzögerung

$$pV1 = F(x \leq LRW) - F(x = 0)$$

$$pV1.2x = \frac{F(x \leq FMP) - F(x \leq LRW)}{1 - F(x \leq LRW)}$$

$$pV1.1x = 1 - pV1.2x$$

$$pV1.1 = pV1.1x \times (1 - pV1.3)$$

$$pV1.2 = pV1.2x \times (1 - pV1.3)$$

### Formel 3.6: Pfadwahrscheinlichkeiten Risikofolge Verzögerung

Weitere Kennzahlen wie der Erwartungswert für die durchschnittliche Dauer eines Produktionsstillstands ( $\Delta EW(PrSt)$ ) oder die Zeitdauer des Produktionsstillstands bei operativen Maßnahmen ( $\Delta EW(PrStOp)$ ), welche die Wiederbeschaffungsdauer (WBD) bei Maßnahmenenergreifung miteinbezieht, lassen sich durch statistische Operationen **direkt ermitteln**.

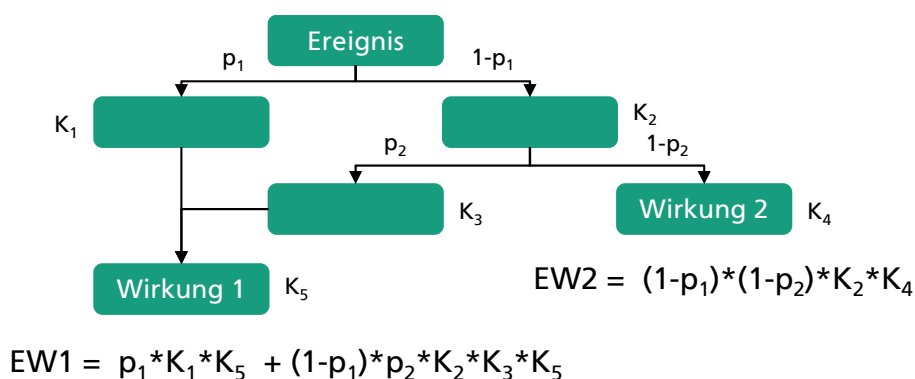
$$\Delta EW(PrSt) = x[F(x = FMP) + \frac{1}{2}(1 - F(x = FMP))] - (LRW + FMP)$$

$$\Delta EW(PrStOp) = WBD - (LRW + FMP)$$

### Formel 3.7: Erwartungswerte Produktionsstillstand Risikofolge Verzögerung

So **reduzieren** sich die vom Anwender durchzuführenden Schätzoperationen der Risikofolge „Verzögerung“ auf lediglich zwei Wahrscheinlichkeiten (pV1.3 bzw. pV1.1.1) und sechs Kostenblöcke. Es ist anzunehmen, dass die **Reliabilität der Gesamtrisikoposition hierdurch entscheidend verbessert** werden kann.

Zur monetären Transformation der Inputdaten in die aggregierte Gesamtverteilung der Risikofolge „Verzögerung“ kommt eine **zweistufige Monte-Carlo-Simulation** zum Einsatz. Die MCS der ersten Stufe simuliert auf Basis der Daten der Einzelrisiken jeweils eine aggregierte Gesamtverteilung der Inputdaten. In jedem einzelnen Simulationslauf der zweiten Stufe wird nun eine komplette MCS der ersten Stufe durchlaufen, aus dessen Verteilung die oben beschriebenen Pfadwahrscheinlichkeiten und Erwartungswerte berechnet werden. Zusammen mit den Anwendereingaben wird, durch Multiplikation der Wahrscheinlichkeiten und Kostenblöcke jedes Pfades (Abbildung 3.17), der anschließenden Summation der Pfade und der Multiplikation mit der Anzahl der Beschaffungsgüter im Betrachtungszeitraum, die monetäre Gesamtrisikoposition **eines** Simulationslaufes bestimmt. Bei mehreren tausend Durchläufen können die Einzelergebnisse wieder zu einer Gesamtverteilung zusammengefasst werden.



**Abbildung 3.17: Aggregationsvorgehen Flussdiagramm**

Einen ähnlichen, zweistufigen Ansatz beschreibt auch Klein. Allerdings betrachtet er keine Risikofolgen sondern variiert im ersten Schritt die als Punktwert geschätzten Verteilungsparameter der Einzelrisiken nochmals per Dreiecksverteilung, um diese danach zu aggregieren [KLE11, S. 213–217].

Eine differenzierte Vorgehensweise wird bei der **Risikofolge „Qualität“** angewendet. Mithilfe der aggregierten Gesamtverteilung der Einzelrisiken wird durch die MCS die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Qualitätsmangel (pQ0) simuliert, während die restlichen, in die mone-

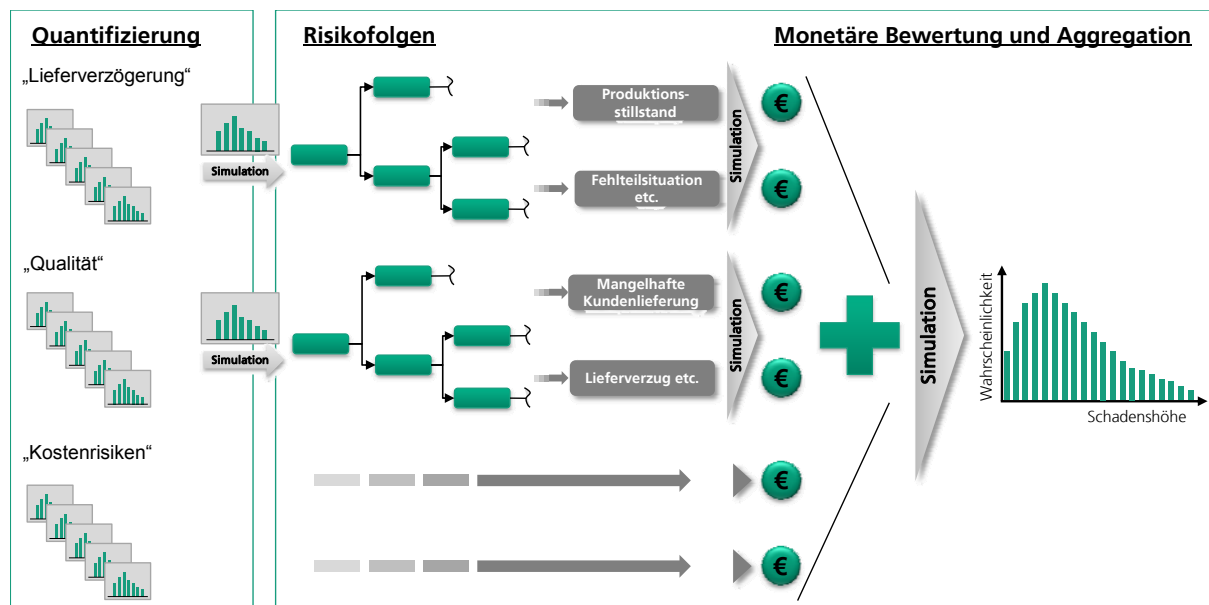
täre Bewertung eingehenden Faktoren als Schätzwerte dargestellt werden. Um diese Schwachstelle zu kompensieren werden die geschätzten Pfadwahrscheinlichkeiten ( $p_{Q1}$ ,  $p_{Q1.1}$ ,  $p_{Q1.2}$ ,  $p_{Q1.2.1}$ ,  $p_{Q1.3.1}$ ,  $p_{Q1.3.2}$ ) unter Zugrundelegung einer Gleichverteilung in einer definierbaren Bandbreite variiert.

Vergleichbar mit der ersten Risikofolge wird bei der monetären Transformation zu Beginn auf Basis der Daten der Einzelrisiken die Gesamtverteilung der Inputdaten initial (über MCS) simuliert. Anders als bei der Lieferverzögerung wird diese Verteilung jedoch nicht in jedem Durchlauf der übergeordneten MCS wieder neu aufgebaut, sondern aus der bestehenden Verteilung zufallszahlbasiert ein Wert für  $p_{Q0}$  selektiert. Auch die Schätzparameter werden in jedem Simulationslauf anhand rollierend generierter Zufallszahlen variiert. Die Zusammenfassung der Pfadwahrscheinlichkeiten, Kostenblöcke und anderer Parameter zu einem finanziellen Gesamtrisiko und die Aggregation der Gesamtheit der Simulationsläufe zu einer Verteilung erfolgen vergleichbar zur Risikofolge „Verzögerung“.

Zusammenfassend ergibt sich eine eindeutige Reduktion der notwendigen Benutzereingaben bei einem niedrigen Abstraktionsgrad. Die Problematik einer angemessenen Modellierung der monetären Auswirkung sowohl hochfrequenter Kleinschäden als auch Katastrophenrisiken konnte durch die Ausrichtung der ersten Risikofolge auf die Zeitdimension innovativ gelöst werden. Durch die MCS-basierte Aggregation wird der Unsicherheitsaspekt angemessen abgebildet, während die wirkungsorientierte Modellierung der Risikofolgen eine hohe Nachvollziehbarkeit für den Anwender und eine fundierte monetäre Transformation ermöglicht.

### 3.4 Ableitung monetärer Konsequenzen und Ermittlung der Gesamtrisikoposition

Nach Abschluss der Quantifizierung liegen die monetären Risikoverteilungen der beiden Risikofolgen sowie der Kostenrisiken als Datenmatrizen vor. Diese sind abschließend, wiederum über eine MCS, zu einer Gesamtverteilung zu **aggregieren**. Der schematische Gesamtablauf des Risikobewertungsprozesses wird in Abbildung 3.18 nochmals verdeutlicht. Die monetäre Gesamtrisikoverteilung stellt das **zentrales Ergebnis** des Risikobewertungskonzeptes dar, da hiermit zum einen eine Vielzahl von Risikomaßen bestimmt werden können [MÖBI11, S. 13–17], durch eine histogrammatische Darstellung zum anderen eine ansprechende Visualisierung der möglichen Umweltzustände erreicht wird.



**Abbildung 3.18: Gesamttablauf Risikobewertung und -aggregation**

Im vorliegenden Konzept wird das Risikomaß VaR eingesetzt. Dieser gibt das notwendige Eigenkapital (sgn. Risikokapital) an, um das aus dem Beschaffungsprozess resultierende, monetäre Risiko abzudecken [DANG04, S. 13]. Der VaR beschreibt im Kern, welcher Risikobetrag mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (Konfidenzniveau) nicht überschritten wird [NGUY08, S. 90; EBER05, S. 136]. Neben der fundierten Beurteilung einer angemessenen Eigenkapitalausstattung ist aus dem Ansatz des VaR noch der Grad der Insolvenzgefährdung für das Gesamtunternehmen ermittelbar [HOFF12, S. 118–119].

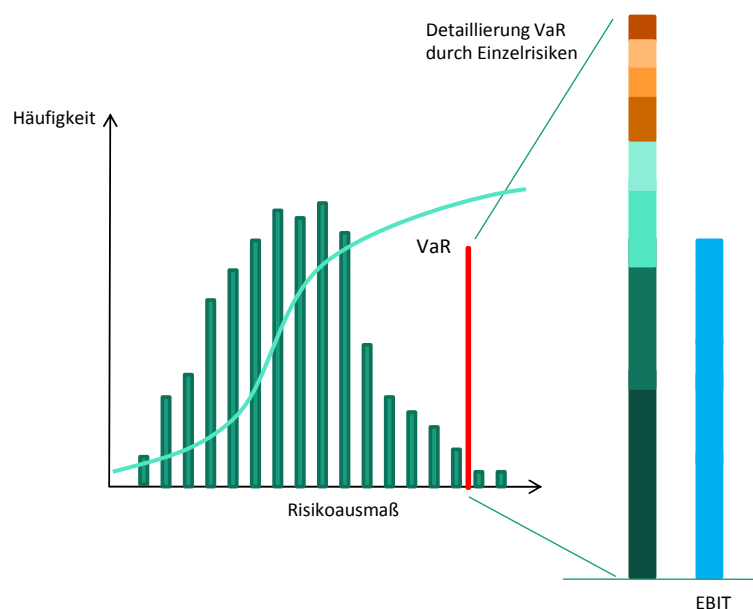
Über eine angestrebte Variabilisierung des Konfidenzniveaus wird dem Nutzer ein erster intuitiver Eindruck über die Spannweite der Ergebnisse bei unterschiedlichen Sicherheitsniveaus gegeben [KRIE12, S. 41]. Sollen allerdings über eine erste Einschätzung hinausgehende, fundamentale Managemententscheidungen (z.B. über die Höhe der Eigenkapitalbasis) auf Basis des VaR getroffen werden, entwickelt sich die Wahl des Konfidenzniveaus zu einer strategischen Kernentscheidung. So wird im Finanzbereich dieses Niveau bereits von den Regulierungsbehörden vorgeschrieben. Auch Industrieunternehmen, für die es noch keine derartigen Vorschriften gibt, sind durch ihre Geschäftsbeziehung zu Banken indirekt davon betroffen, können ein hohes Konfidenzniveau z.B. bei Kreditverhandlungen jedoch auch als Argument für günstigere Konditionen anführen [DANG04, S. 13–14]. Damit ist die Möglichkeit einer anwenderseitigen Anpassung des Konfidenzniveaus auch von Unternehmensseite aus als sinnvoll zu erachten.

Um dem Anwender die tatsächliche Tragweite der simulierten Gesamtrisikoverteilung zu verdeutlichen, wird in einem Balkendiagramm die Höhe des VaR dem in der Datenabfrage abgefragtem EBIT gegenübergestellt. Diese Darstellung hat sich der Veränderung des Konfidenzniveaus dynamisch anzupassen.

Die Darstellung einer aggregierten Verteilung (sgn. „Risk Exposure“) bzw. die Berechnung relevanter Risikomaße stellt jedoch nur einen Teil der für Unternehmen relevanten Informationen dar. Ferner gilt es, auch die relative Bedeutung der Einzelrisiken zu bewerten [MEIE10,

S. 268] und so besonders dominante Risiken zu identifizieren [MEDG11, S. 168]. Dazu ist eine Aufteilung der Gesamtrisikoposition auf einzelne Risiken bzw. Risikofolgen mithilfe von Gewichtungsfaktoren  $GW_i$  (mit  $\sum GW_i = 1$ ) hilfreich. Zu deren Berechnung wurde folgendes Vorgehen entwickelt.

In einem ersten Schritt werden die Erwartungswerte der Ergebnisverteilungen der beiden Risikofolgen sowie der Kostenrisiken ermittelt. Dazu werden jeweils die Risikokosten der Stelle, an dem die kumulierte Wahrscheinlichkeit 50% beträgt ausgelesen. Die Anteile an der Summe dieser Erwartungswerte ergeben nun die Gewichtungsfaktoren der einzelnen Kostenrisiken bzw. Risikofolgen. Allerdings ist der Einfluss der beiden Risikofolgen noch auf die dort selektierten Einzelrisiken herunterzubrechen. In einem zweiten Schritt werden dazu die Erwartungswerte dieser Einzelrisiken bezogen auf die klassenspezifische Risikodimensionen berechnet. Diese klasseninternen Anteile ergeben multipliziert mit dem Gewichtungsfaktor der gesamten Risikofolge den endgültigen Gewichtungsfaktor.



**Abbildung 3.19: Gewichtungsdarstellung Einzelrisiken**

Zur Visualisierung der Ergebnisse wird der Diagrammbalken des VaR noch anhand der Gewichtungsfaktoren aufgeteilt und grafisch abgesetzt (Abbildung 3.19). Eine derartige Aufbereitung stellt auch die Voraussetzung für eine sinnvolle Auswahl zum Risikoportfolio passender Maßnahmen dar, die im nächsten Schritt behandelt werden.

### 3.5 Szenarioanalyse durch ausgewählte Maßnahmen

In Überleitung zu den Modulen Q-TaskRisk, Q-EffectRisk und Q-CompareRisk ist ein Konzeptelement zu entwickeln, welches ausgehend vom Einfluss der einzelnen Risiken mögliche relevante Maßnahmen vorschlägt. In einem ersten Schritt wird hierzu ein Maßnahmenkatalog entwickelt. Die Berechnung der Maßnahmenrelevanz erfolgt im zweiten Schritt.



Bezüglich des Maßnahmenkataloges komprimieren wir die Ausarbeitungen verschiedener Autoren (Abbildung 3.20):

Eberle	Rogler	Westermann	Zschorn
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lieferantenwechsel</li> <li>•Auswahl nach Zuverlässigkeit</li> <li>•Bildung Einkaufsgemeinschaften</li> <li>•Langfristige Lieferverhältnisse</li> <li>•Gewährung von Darlehen</li> <li>•Abhängigkeitsverringerung</li> <li>•Erhöhung Lieferantenzahl</li> <li>•Schadensersatz</li> <li>•Abschluss Betriebsunterbrechungsversicherung</li> <li>•Inhouse-Production</li> <li>•Local-Sourcing</li> <li>•Modifikation Transportverpackung</li> <li>•„Frei-Haus“-Lieferung</li> <li>•Verteilung Liefermenge auf mehrere Transporte</li> <li>•Vorratshaltung bei Lieferant</li> <li>•Verkürzung Lagerdauer</li> <li>•Lagerorte nach Sicherheit</li> <li>•Auswahl Güter nach Lagerfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Lieferantenauswahl nach Zuverlässigkeit</li> <li>•Langfristige Lieferverträge</li> <li>•Lieferantenkooperationen</li> <li>•Beteiligung an Lieferanten</li> <li>•Erhöhung Bestellvolumens</li> <li>•Bildung Einkaufsgemeinschaft</li> <li>•Erhöhung Lieferantenzahl</li> <li>•Vorratshaltung</li> <li>•Qualitätskontrolle</li> <li>•Selbstversicherungen</li> <li>•Erfassung Lieferisiko in kalk. Rechnung</li> <li>•Räumliche Annäherung Lieferant</li> <li>•Auswahl Güter nach Transportfähigkeit/ Lagerfähigkeit etc.</li> <li>•Auswahl Transportmittel nach Sicherheit</li> <li>•Selbstübernahme Transport /Übertragung auf Lieferanten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Berücksichtigung Lieferzuverlässigkeit</li> <li>•Auftragssteuerung auf verschiedene Lieferanten/Länder</li> <li>•Eigentransport</li> <li>•Konventionalstrafe</li> <li>•Verbesserung Absatzprognosen</li> <li>•Vorratshaltung bei Lieferanten</li> <li>•Erhöhte Lagerhaltung</li> <li>•Fertigungsflexibilität</li> <li>•Ausweichen auf Substitutionsgüter</li> <li>•Zugriff auf Sicherheitsbestände</li> <li>•Kurzfristige Eigenfertigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Eigenfertigung</li> <li>•Inhouse-Production</li> <li>•Absatzsynchrone Beschaffung</li> <li>•Räumliche Annäherung SC-Partner</li> <li>•Auswahl Transportwege /-zeiten und Lagerorte nach Sicherheit</li> <li>•Auswahl der Transportmittel</li> <li>•Kooperationen im Beschaffungsbereich</li> <li>•Produktgestaltung zur Erhöhung Transport- / Lagerfähigkeit</li> <li>•Produktverpackung</li> <li>•Einsatz von IT- und Kommunikationssystemen</li> </ul>

**Abbildung 3.20: Maßnahmenliste (nach [ZSCH07, S. 263–268; WEST09, S. 244–246; EBER05, S. 176–178; ROGL02, S. 33–143])**

Durch Zusammenfassung redundanter Aspekte und die Vernachlässigung von Maßnahmen, die nur in Spezialfällen Anwendung finden bzw. nicht auf die Anforderungen von KMU zugeschnitten sind, reduziert sich die oben aufgeführte Vielfalt auf sieben Maßnahmen:

- Erhöhung Sicherheitsbestände / Aufbau interner Flexibilität
- Strategieänderung
- Wahl sicherer Transportwege
- Lieferantenauditierung / -entwicklung
- Übergabe Qualitätsprüfung an Lieferanten
- Bildung von Einkaufsgemeinschaften
- Langfristige Lieferverträge
- Versicherungsmaßnahmen

Der Berechnung der Maßnahmenrelevanz  $MR_j$  vorausgehend erfolgt die Initialisierung einer „Einfluss“-Matrix. Diese charakterisiert die Abhängigkeit zwischen Einzelrisiken  $i$  und Maßnahmen  $j$  durch die Koeffizienten von 0 bis +1, wobei eine vollständige Risikovermeidung durch den Koeffizient  $k_{ij}=1$  ausgedrückt wird (Abbildung 3.21).

	Einzelrisiken $i$					
Maßnahmen $j$	0	0	0	1	1	0
	0	0	0,3	0	0	0
	0	1	0	0	0,8	0
	0	0,2	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0,4
	0	0	1	0	0,7	0
	0	0	0	0	1	0

**Abbildung 3.21: Einflussmatrix**

Durch die Multiplikation der Einflussmatrix mit den Gewichtungsfaktoren aus Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die Maßnahmen mit den Einzelrisiken verknüpft. Die Summe der Zeilen dieser Ergebnismatrix ergibt die potentielle Maßnahmenrelevanz, welche als Prozentzahl visualisiert wird.

$$MR_j = \sum_{i=1}^{30} (GW_i \times Koeffizient_{ij})$$

### Formel 3.8: Berechnungsvorschrift Maßnahmenrelevanz

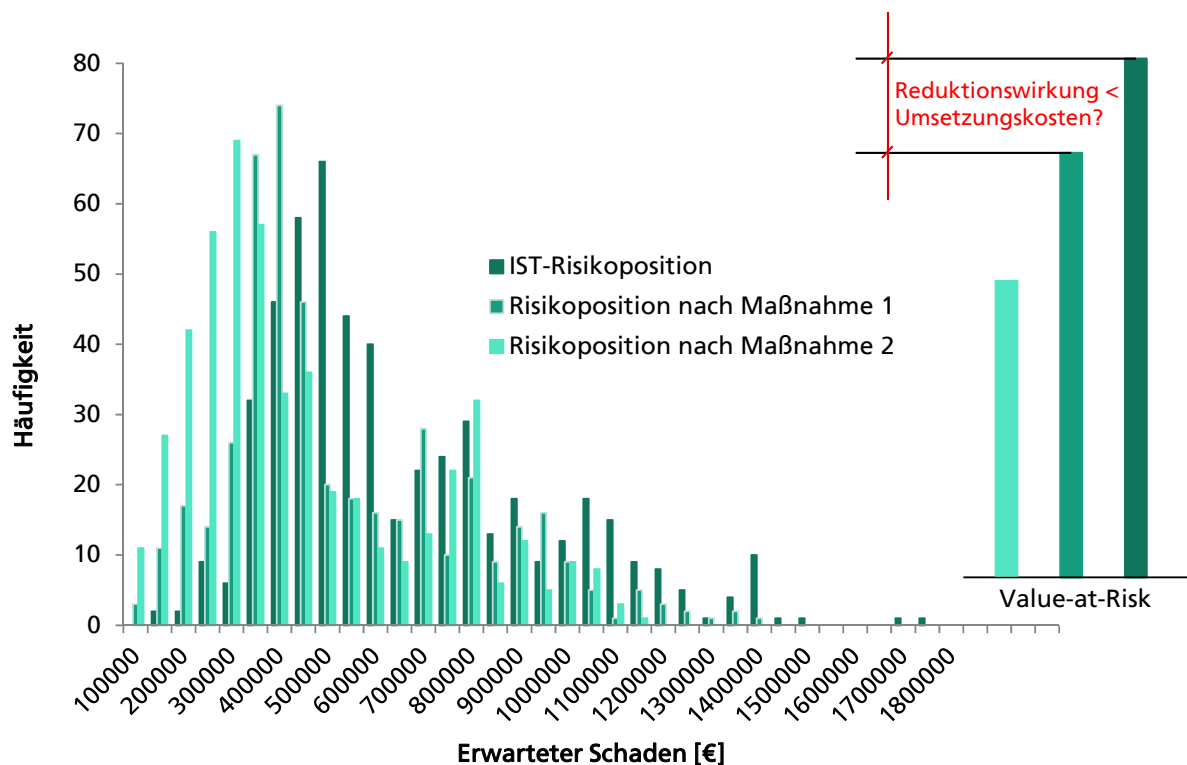
Neben der reinen Maßnahmenauswahl ist eine Quantifizierung der mit der Umsetzung verbundenen Kosten vorzunehmen. Durch die im Q-Risk-Projekt beteiligten Industrieunternehmen wurde eine Drei-Punkt-Schätzung mit minimalen, maximalen sowie wahrscheinlichsten Kosten als sinnvollstes Quantifizierungsinstrument evaluiert.

Das grundsätzliche Ziel von Maßnahmen ist die Reduzierung bzw. Vermeidung von einzelnen Risiken, wobei die Risiken im letzteren Fall komplett aus der Bewertung entfernt werden können. Über die erneute Nutzung der Einflussmatrix können die von der ausgewählten Maßnahme potentiell abhängigen Einzelrisiken ( $Koeffizient_{ij} \neq 0$ ) extrahiert werden, die dem Anwender grafisch zu visualisieren sind. Da das Schadensminderungspotential von einer Vielzahl von situationsspezifischen Faktoren (u.a. Maßnahmenintensität) abhängt [KÖNI08, S. 95], sollen die Änderungen der Risikobewertung ausschließlich anwenderseitig vorgenommen werden. Zur Orientierung bzw. um eine Aufwandsreduzierung bei nicht-

maßnahmenabhängigen Aspekten zu erreichen werden jedoch die Parameter der vorhergehenden Risikosimulation eingelesen.

Die Maßnahmen „Erhöhung der Sicherheitsbestände“ und „Strategieänderung“ führen bereits in der, die Beschaffungssituation charakterisierenden, Datenabfrage zu Änderungen. Darüber hinaus sind die beiden Maßnahmen noch zu unspezifisch und müssen konkretisiert werden, um die potentielle Risikowirkung adäquat abzubilden. Um dies zu gewährleisten, ist es sinnvoll, den Anwender von der Maßnahmenauswahl in die Datenabfragemaske weiterzuleiten, während bei den restlichen Maßnahmen eine Weiterleitung in den nachfolgenden Schritt der Risikoauswahl ausreicht.

Nach Quantifizierung dieser optimierten Beschaffungssituation wird die Gesamtrisikoverteilung erneut aggregiert. Dabei fließen die als Dreiecksverteilung modellierten und über MCS simulierten Maßnahmenkosten zusätzlich in das Gesamtrisiko mit ein und sind so in der visualisierten Verteilung bzw. in den Risikomaßen bereits berücksichtigt. Um im letzten Schritt eine direkte Vergleichbarkeit der verschiedenen Beschaffungsstrategien bzw. der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zu gewährleisten, werden neben den aktuellen Verteilungsdaten auch die vorherigen Werte angezeigt (Abbildung 3.22). Dabei ist bei angesprochenem variablen Konfidenzniveau auf eine simultane Anpassung der Kennzahlen zu achten.



**Abbildung 3.22: Darstellung Endergebnis unter Berücksichtigung Maßnahmenschritte**

Der beschriebene Konzeptschritt der Maßnahmenberücksichtigung kann darüber hinaus im Sinne einer Sensitivitätsanalyse verwendet werden. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, durch gezielte Parametervariation den Einfluss von Einzelrisiken bzw. Produktionskennzah-

len (LRW, Effektivität Wareneingangskontrolle etc.) auf die Streuung der Zielvariablen zu bestimmen [GLEI01, S. 126].

Mit der Priorisierung von Maßnahmen konnten die Anforderungen von Q-TaskRisk erfüllt werden. Gleiches gilt bezugnehmend auf die Maßnahmenquantifizierung und erneute Risikosimulation für die Anforderungen des fünften Moduls Q-EffectRisk. Die vergleichende Darstellung der jeweiligen Simulationsergebnisse erlaubt Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und deckt den Forschungsbedarf des sechsten Q-Risk Moduls ab.

## 4 Fazit zur Praxisanwendung

Das Vorgehen wurde Ende 2013 umgesetzt. Zum Projektende gab es mehrere Tests mit potentiellen Nutzern, sowie Anwendungsphasen des Projektes. Die Vorgehensweise kann von KMU in der Praxis unterstützend eingesetzt werden.

Das Vorgehen und dessen Anwendbarkeit wurden im Rahmen von Praxisanwendungen mit Vertretern des projektbegleitenden Ausschusses validiert. Dazu wurde zum einen ein Selbsttest durch die Vertreter durchgeführt und diese anschließend durch die Forschungsstellen zur Anwendbarkeit des Tools befragt.

Im Ablauf der Praxisanwendung wurde den Teilnehmern zunächst das Vorgehen im groben vorgestellt. Daraufhin hatten die Teilnehmer die Möglichkeit das Tool, anhand eines Beispielprojektes aus ihrem Unternehmen, in Bezug auf dessen Anwendbarkeit zu testen. Dabei wurde insbesondere darauf geachtet, keine zu große Hilfestellung zu geben, um zu testen, ob das Tool selbsterklärend und somit im Praxisgebrauch ohne Unterstützung einsetzbar ist. Es bestand aber während der gesamten Anwendungsdauer die Möglichkeit Fragen zu aufkommenden Problemen zu stellen. In einem abschließenden Feedbackgespräch wurden dann die aufgetretenen Probleme diskutiert wodurch weitere Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet werden konnten.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Anwenderfreundlichkeit und ein intuitives Verständnis gelegt. Die Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses stufen die Vorgehensweise als sehr praxisrelevant und sehr hilfreich ein. Die entwickelte Vorgehensweise zur monetären Bewertung von Beschaffungsrisiken unterstützt Unternehmen an verschiedenen Ebenen:

- Operative Ebene – Identifikation und Priorisierung Risikokosteneinsparpotenzialen
- Strategische Ebene – Entscheidungsgrundlage in Form einer Management-Summary
- Kundenschnittstelle – Vertragsverhandlungen, Preisverhandlungen
- Lieferantenschnittstelle – Lieferantenentwicklung, -auswahl, -bewertung, etc.

Hierbei werden minimale Kosten verursacht und gleichzeitig der Erfolg sowie die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens erheblich gesteigert.

## 5 Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

	Nr.	Zeitraum	Maßnahme	Ziel	
Während der Projektlaufzeit	1	Halbjährlich	Arbeitskreistreffen mit dem PA	Sicherstellung der Praxisrelevanz der Projektergebnisse, Fortschrittsbericht	IPT und IfU
	2	Jährlich	Zwischenberichte für die AiF	Kontrolle des Projektfortschritts, Zusammenstellung der Forschungsergebnisse	IPT und IfU
	3	Gesamte Projektlaufzeit	Projektbezogener Internetauftritt (Anfang 2012)	Präsentation der Projektergebnisse, Kontaktstelle für interessierte kmU	IPT und IfU
	4	Gesamte Projektlaufzeit	Veröffentlichung von Zwischenergebnissen auf industrienahen Tagungen: IHK Aachen, IfU-Jahrestagung, Risikomanagement-Seminare am IPT (2012 und 2013)	Verbreitung der Q-Risk Forschungsergebnisse in der Industrie	IPT und IfU
	5	Gesamte Projektlaufzeit	Veröffentlichung von Zwischenergebnissen in den populär wissenschaftlichen Zeitschriften: Tools (02/2012)	Verbreitung der Q-Risk Forschungsergebnisse in der Industrie	IPT und IfU
	7	Gesamte Projektlaufzeit	Vorstellung der Q-Risk-Forschungsergebnisse beim AIF Innovationstag 2013	Verbreitung der Q-Risk Forschungsergebnisse in der Industrie	IPT und IfU
	8	Nach Ende des Projekts	Übernahme der Ergebnisse in die Lehre an der RWTH Aachen, Vorlesung Qualitätsmanagement Prof. Schmitt (ab WS 2012/13) sowie in die Vorlesung Projektmanagement	Verbreitung des Q-Risk Forschungsergebnisse in der akademischen Ausbildung	IPT und IfU

			vom IfU		
	<b>9</b>	Gesamte Projektlaufzeit	Studien-, Projekt-, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten an der RWTH Aachen	Akademische Ausbildung, Erarbeitung von Grundlagen für das Q-Risk-Projekt	IPT und IfU
	<b>Nr.</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Maßnahme</b>	<b>Ziel</b>	
Nach Abschluss des Forschungsvorhabens	<b>1</b>	Nach Ende des Projekts	Anwenderleitfaden im Band »Unternehmenskybernetik in der Praxis«	Bereitstellung der Q-Risk Forschungsergebnisse zur selbstständigen Nutzung durch kmU	IPT und IfU
	<b>2</b>	Nach Ende des Projekts	Abschlussbericht	Wissenschaftliche Aufbereitung der Q-Risk Forschungsergebnisse	IPT und IfU
	<b>3</b>	Nach Ende des Projekts	Workshops und Schulungen zum Q-Risk-Konzept	Verbreitung des Q-Risk-Konzepts und Befähigung von kmU	IPT und IfU
	<b>4</b>	Nach Ende des Projekts	Dissertationen an der RWTH Aachen (Mitte 2015)	Aufbau und wissenschaftliche Ausarbeitung des Q-Risk-Konzepts	IPT und IfU
	<b>5</b>	Nach Ende des Projekts	Beratung von kmU (fortlaufend)	Verbreitung des Q-Risk-Konzepts Befähigung von kmU	IPT und IfU
	<b>6</b>	Nach Ende des Projekts	10.04.2014 Vortrag beim DGQ-Regionalkreistreffen Aachen	Verbreitung des Q-Risk-Konzeptes vor Vertretern von kmU	IPT und IfU
	<b>7</b>	Nach Ende des Projekts	13.05.2014 Vortrag IHK POTENZIALE am Fraunhofer IPT	Verbreitung des Q-Risk-Konzeptes	IPT und IfU

	<b>8</b>	Nach Ende des Projekts	22.05. – 23.05.14 Postersession beim Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium	Verbreitung des Q-Risk- Konzeptes	IPT und IfU
	<b>9</b>	Nach Ende des Projekts	30.07. – 02.08.14 Konferenzbeitrag International Conference on Production Research	Verbreitung des Q-Risk- Konzeptes	IPT und IfU
	<b>10</b>	Nach Ende des Projekts	Veröffentlichung des Konzep- tes in populärwissenschaftli- chen Zeitschriften: Beschaffung aktu-ell, allaboutsourcing, QZ, MQ, Industriemanagement (Oktober 2014, Januar 2014)	Verbreitung des Q-Risk- Konzeptes	IPT und IfU



## 6 Literaturverzeichnis

- [VDI01] VDI 4400 Blatt 1 (2001). Logistikkennzahlen in der Beschaffung
- [DIN11] DIN ISO 31000 (Januar 2011). Risikomanagement
- [BRÄK12] Bräkling, E.; Oidtmann, K.: Power in Procurement. Erfolgreich einkaufen - Wettbewerbsvorteile sichern - Gewinne steigern. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012
- [BRAU84] Braun, H.: Risikomanagement. (Reihe: Controlling-Praxis CP, Bd. 7). Darmstadt: Toeche-Mittler, 1984
- [COLI12] Colicchia, C.; Strozzi, F.: Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. In: Supply Chain Management: An International Journal. 17. Jg., 2012, Nr. 4, S. 403–418
- [DANG04] Dangl, T.; Kopel, M.: Instrumente des strategischen und wertorientierten Risikomanagements. URL:  
[https://www.risknet.de/typo3conf/ext/bx\\_elibrary/elibrarydownload.php?&downloaddata=545](https://www.risknet.de/typo3conf/ext/bx_elibrary/elibrarydownload.php?&downloaddata=545) [Stand: 19.11.2013]
- [DIER07] Diers, D.: Stochastische Modellierung von Naturkatastrophen in Internen Modellen am Beispiel von Sturmereignissen [Stand: 05.06.2013]
- [EBER05] Eberle, A.: Risikomanagement in der Beschaffungslogistik. Gestaltungsempfehlungen für ein System. Bamberg: Difo-Druck GmbH, 2005
- [FREY01] Frey, H.: Monte-Carlo-Simulation. Quantitative Risikoanalyse für die Versicherungsindustrie. München: Gerling-Akademie-Verlag, 2001
- [GLEI11] Gleißner, W.: Grundlagen des Risikomanagements im Unternehmen. Controlling, Unternehmensstrategie und wertorientiertes Management. 2., komplett überarb. und erw. Aufl. München: Vahlen, 2011
- [GLEI01] Gleißner, W.; Meier, G.: Wertorientiertes Risiko-Management für Industrie und Handel. Methoden, Fallbeispiele, Checklisten. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2001

- [GÖTZ07] Götze, U.; Mikus, B.: Der Prozess des Risikomanagements in Supply Chain. In: Vahrenkamp, R.; Amann, M. (Hrsg.): Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Berlin: Schmidt, 2007, S. 29–58
- [HAHN99] Hahn, D.; Kaufmann, L.: Handbuch industrielles Beschaffungsmanagement. Internationale Konzepte - innovative Instrumente - aktuelle Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler, 1999
- [HAIN96] Haindl, A.: Risk-Management von Lieferrisiken. Karlsruhe: VVW, 1996
- [HARD11] Hardt, C.; Schlüchtermann, J.: Rohstoffpreisrisikomanagement in industriellen Supply Chains. (Reihe: Reihe, Bd. 24). 1. Aufl. Lohmar: Eul, 2011
- [HENK09] Henke, M.: Supplier Risk Management in der Automobilindustrie. Wiesbaden: Supply Chain Management Institut, 2009
- [HENK05] Henke, M.; Jahns, C.: Supply Risk Management. Arbeitsbuch. St. Gallen: SMG, 2005
- [HOFB12] Hofbauer, G.; Mashhour, T.; Fischer, M.: Lieferantenmanagement. Die wertorientierte Gestaltung der Lieferbeziehung. 2., aktualisierte Aufl. München: Oldenbourg, 2012
- [HOFF12] Hoffmann, J.: Risikomanagement für mittelständische Unternehmen. Risikopotenziale erkennen und erfolgreich bewältigen - mit zahlreichen Praxissituationen. Norderstedt: Books on Demand, 2012
- [JACO86] Jacob, H.: Risiko-Management. (Reihe: Schriften zur Unternehmensführung, Bd. 33). Wiesbaden: Gabler, 1986
- [JÄGE09] Jäger, S.-C.: Instrumente des Beschaffungscontrollings. Balanced scorecard und Lieferantenmanagement im Fokus. 1. Aufl. Hamburg: Igel-Verl., 2009
- [KAJÜ07] Kajüter, P.: Risikomanagement in der Supply Chain: Ökonomische, regulatorische und konzeptionelle Grundlagen. In: Vahrenkamp, R.; Amann, M. (Hrsg.): Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Berlin: Schmidt, 2007, S. 13–28

- [KERS09] Kersten, W.; Böger, M.; Hohrath, P.; Singer, C.; Wagner, S.; Kemmerling, R.: Schlussbericht zum Projekt "Supply Chain Risk Management Navigator". 2009
- [KIND11] Kinder, A.: Steigender Bedarf nach Risikomanagement. Die Lieferkette absichern. URL: <http://www.it-production.com/druck.php?id=58055> [Stand: 23.05.2013]
- [KLEI11] Klein, A.: Risikomanagement und Risiko-Controlling. Moderne Instrumente, Grundlagen und Lösungen. 1. Aufl. München: Haufe Verlag, 2011
- [KNAU12] Knauer, M.: Toyota sucht neue Lieferanten. In: Automobilwoche, 1.10.2012, S. 7
- [KÖNI08] König, R.: Management betrieblicher Risiken bei produzierenden Unternehmen. Dissertation Fakultät für Maschinenwesen. Techn. Hochsch., Aachen, 2008
- [KRIE12] Kriele, M.; Wolf, J.: Wertorientiertes Risikomanagement von Versicherungsunternehmen. 1. Aufl. Heidelberg: Springer-Verlag, 2012
- [MEDG11] Medgenberg, J.; Nemuth, T.: Potential der Monte-Carlo-Simulation für Risikoanalyse im Projektmanagement. In: Tagungsband: 1. Internationaler BBB-Kongress. Dresden, 15.09.2011. Dresden: Inst. für Baubetriebswesen, 2011, S. 153–172
- [MEIE10] Meierbeck, R.: Strategisches Risikomanagement der Beschaffung. 1. Aufl. Lohmar: Eul Verl, 2010
- [MÖBI11] Möbius, C.; Pallenberg, C.: Risikomanagement in Versicherungsunternehmen. 1., st Edition. Heidelberg, Neckar: Physica-Verlag, 2011
- [NARR12] Narr, C.: Kooperatives Lieferantenmanagement im Maschinen- und Anlagenbau. 1. Aufl. Aachen, Aachen: Apprimus-Verl, 2012
- [NGUY08] Nguyen, T.: Handbuch der wert- und risikoorientierten Steuerung von Versicherungsunternehmen. Karlsruhe: Verl. Versicherungswirtschaft, 2008
- [OLSO12] Olson, D.: Supply Chain Risk Management. Tools for Analysis. New York: Business Expert Press, 2012

- [REH09] Reh, D.: Entwicklung einer Methodik zur logistischen Risikoanalyse in Produktions- und Zuliefernetzwerken. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2009
- [ROGL02] Rogler, S.: Risikomanagement im Industriebetrieb. Analyse von Beschaffungs-, Produktions- und Absatzrisiken. (Reihe: Neue betriebswirtschaftliche Forschung, Bd. 296). 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl, 2002
- [SCHA10] Schatz, A.; Mandel, J.; Hermann, M.: Studie Risikomanagement in der Beschaffung 2010. Eingesetzte Strategien und Methoden, Organisatorische Verankerung, Bedeutung und Reifegrad des Risikomanagements in der Beschaffung in der Industrie. Stuttgart, 2010
- [SCHN10] Schneider, I.: Die Risikobetrachtung in der Beschaffung als strategische Komponente im Supply-Chain-Design. (Reihe: Berichte aus dem Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik, Helmut Schmidt Universität, Bd. 15). Aachen: Shaker, 2010
- [SPAE10] Spaeth, A.: Bauch-Landung. Fast wie bei Airbus: Technische Probleme verzögern jetzt auch die Auslieferung der Boeing 787 Dreamliner. URL: <http://sz.de/1.790574> [Stand: 15.11.2013]
- [SPIL09] Spille, J.: Typspezifisches Risikomanagement für die Beschaffung von Produktionsmaterialien in der Automobilzulieferindustrie. Aachen: Shaker, 2009
- [STEI08] Steinhoff, C.: Quantifizierung operationeller Risiken in Kreditinstituten. Eine Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Szenarioanalysen im Rahmen von Verlustverteilungsmodellen. Göttingen: Cuvillier, 2008
- [THIE03] Thiemt, F.: Risikomanagement im Beschaffungsbereich. 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier, 2003
- [VAHR07] Vahrenkamp, R.; Amann, M.: Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Berlin: Schmidt, 2007
- [VDI-07] VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik: VDI 4490 - Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand. 2007

- [WEST09] Westermann, H.: Strategisches Einkaufsmanagement. Das große Handbuch wirksamer Werkzeuge für Industrie, Handel, Verwaltung. 1. Aufl. Norderstedt: Books on Demand, 2009
- [WILD06] Wildemann, H.: Risikomanagement und Rating. (Reihe: TCW, Bd. 25). 1. Aufl. München: TCW, 2006
- [ZSCH07] Zschorn, L.; Käschel, J.: Ein Ansatz zur Quantifizierung von auftragsbezogenen Unsicherheiten in Produktionsprozessen. In: Vahrenkamp, R.; Amann, M. (Hrsg.): Risikomanagement in Supply Chains. Gefahren abwehren, Chancen nutzen, Erfolg generieren. Berlin: Schmidt, 2007, S. 149–160