

Thomas Volling
Julia-Kristin Schmidt

Risikomanagement in Supply Chains

LESEPROBE

Fakultät für
**Wirtschafts-
wissenschaft**

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der FernUniversität reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Der Inhalt dieses Studienbriefs wird gedruckt auf Recyclingpapier (80 g/m², weiß), hergestellt aus 100 % Altpapier.

Inhaltsverzeichnis aller Kurse

Kurs 42330 Risikomanagement in Supply Chains

1	Zum Thema des Moduls: Gegenstand und Vorgehen des Supply Chain Risikomanagement	1
1.1	Was verstehen wir unter Risiko, Risikomanagement und der Risikostrategie?	2
1.2	Risikomanagement in der Supply Chain	9
1.3	Vorgehensweise im Supply Chain Risikomanagement	19
1.3.1	Die Grundlage: Kennzahlen zur Risikomessung	19
1.3.2	Phase 1: Identifikation relevanter Risikoereignisse	20
1.3.3	Phase 2: Analyse und Bewertung der Risikoereignisse zur Ermittlung des Risikos	20
1.3.4	Phase 3: Entwicklung von Maßnahmen zur Handhabung der Risikoereignisse	22
1.3.5	Phase 4: Lernen und kontinuierliche Verbesserung des Risikomanagementsystems	23
1.4	Kurzzusammenfassung	24
1.5	Verständnisfragen	26
2	Die Grundlage: Kennzahlen zur Risikomessung	27
2.1	Wozu sind Kennzahlen im Risikomanagement relevant?	28
2.2	Schaffung einer formalen Basis	29
2.3	Qualitative Risikokennzahlen	32
2.4	Nicht-parametrische Risikokennzahlen	34
2.4.1	Vorauswahl durch Zustandsdominanz	35
2.4.2	Pessimistischer Ansatz: Minimax-Kriterium	37
2.4.3	Optimistischer Ansatz: Minimin-Kriterium	37
2.4.4	Kombination von Minimax und Minimin: Hurwicz-Kriterium	38
2.4.5	Gleichgewichteter Ansatz: Laplace-Regel	38
2.5	Verteilungsbezogene Risikokennzahlen	39
2.5.1	Modellierung der Zielverfehlung im stetigen Fall	40
2.5.2	Modellierung der Zielverfehlung im diskreten Fall	41
2.5.3	Erweiterte Vorauswahl durch Wahrscheinlichkeitsdominanz	44
2.5.4	Value at Risk	45
2.5.5	Expected Shortfall und Verletzungswahrscheinlichkeit	46
2.6	Die Risikokennzahlen im Vergleich	50
2.7	Kurzzusammenfassung	52
2.8	Verständnisfragen	53
2.9	Aufgaben	54
3	Phase 1: Identifikation relevanter Risikoereignisse	57
3.1	Was verstehen wir unter Risikoidentifikation?	58
3.2	Vorgehen und Methoden zur Identifikation relevanter Risikoereignisse	60
3.2.1	Aufspüren möglicher Risikoereignisse	60
3.2.2	Klassifizieren der identifizierten Risikoereignisse	61
3.2.3	Priorisieren der Risikoereignisse für das weitere Vorgehen	62

3.3	Darstellung ausgewählter Methoden der Risikoidentifikation	63
3.3.1	Wertstromanalyse zum Aufspüren von Risikoereignissen	64
3.3.2	Risikomatrix und Risikowürfel zum Priorisieren von Risikoereignissen	67
3.3.3	RMEA zum Klassifizieren und Priorisieren von Risikoereignissen	70
3.3.4	Frühaufklärung zum Priorisierungschwerwiegender Risikoereignisse	72
3.3.5	Regressionsanalyse zur Priorisierung von Risikoereignissen	76
3.4	Übergreifendes Fallbeispiel Automobilindustrie: Risikoidentifikation	86
3.5	Kurzzusammenfassung	88
3.6	Verständnisfragen	89
3.7	Aufgaben	90
4	Phase 2: Analyse und Bewertung der Risikoereignisse zur Ermittlung des Risikos	91
4.1	Was verstehen wir unter Risikoanalyse und Risikobewertung?	92
4.2	Methoden der Risikoanalyse und Risikobewertung	93
4.2.1	Analytische Ermittlung	93
4.2.2	Historische Simulation	94
4.2.3	Monte Carlo Simulation	96
4.2.4	Szenarioanalyse	98
4.3	Festlegung des geeigneten Detailierungsgrades	101
4.4	Übergreifendes Fallbeispiel Automobilindustrie: Risikobewertung	103
4.5	Kurzzusammenfassung	104
4.6	Verständnisfragen	106
5	Phase 3: Entwicklung von Maßnahmen zur Handhabung der Risikoereignisse	107
5.1	Die drei Phasen der Risikohandhabung	108
5.2	Prinzipien zur Risikohandhabung	109
5.2.1	Prinzip der Risikovermeidung	109
5.2.2	Prinzip der Risikoübertragung	110
5.2.3	Prinzip der Risikodiversifikation	112
5.2.4	Prinzip der Risikoverminderung	114
5.2.5	Prinzip der Risikoakzeptanz	117
5.3	Die Bedeutung der Geschwindigkeit	118
5.4	Auswahl von Instrumenten zur Risikohandhabung	120
5.4.1	Praxisorientierte Gestaltungsprinzipien	120
5.4.2	Die stochastische Optimierung als Entscheidungsunterstützung	122
5.5	Übergreifendes Fallbeispiel Automobilindustrie: Handhabung	126
5.6	Kurzzusammenfassung	127
5.7	Verständnisfragen	128
5.8	Aufgaben	128

6	Phase 4: Lernen und kontinuierliche Verbesserung des Risikomanagementsystems	131
6.1	Was verstehen wir unter Lernen und kontinuierlicher Verbesserung	132
6.2	Der innere und der äußere Regelkreis als Anwendungsfelder des Lernens und der kontinuierlichen Verbesserung	133
6.3	Ansätze zur Ausgestaltung der Regelkreise im Überblick	135
6.3.1	Ansätze für den äußeren Regelkreis	135
6.3.2	Ansätze für die inneren Regelkreise	137
6.4	Ausgewählte Instrumente zum Lernen und für die kontinuierliche Verbesserung	138
6.4.1	Analyse von Nahezu-Risikoereignisse zur kontinuierlichen Verbesserung	138
6.4.2	Audits zur Absicherung und Weiterentwicklung des Risikomanagements	142
6.4.3	Reifegradmodelle	144
6.5	Hindernisse bei der Umsetzung	145
6.6	Kurzzusammenfassung	148
6.7	Verständnisfragen	150
7	Literaturverzeichnis	151
8	Zusatzmaterial: Mathematische Herleitung der Risikodiversifikation	159
9	Lösungshinweise	161
9.1	Lösungen Kapitel 1	161
9.2	Lösungen Kapitel 2	161
9.3	Lösungen Kapitel 3	170
9.4	Lösungen Kapitel 4	173
9.5	Lösungen Kapitel 5	174
9.6	Lösungen Kapitel 6	176
10	Stichwortverzeichnis	177

Inhaltsverzeichnis aller Kurse

Kurs 42331 Rechnerübungen zum Risikomanagement in Supply Chains

1	Identifikation von relevanten Risikoereignissen	1
1.1	Fallstudie: Lieferantenausfälle bei der AutoFusion AG	1
1.1.1	Ausgangslage und Problemstellung	1
1.1.2	Qualitative Analyse der Wirkungszusammenhänge	2
1.1.3	Wahrscheinlichkeit eines Lieferantenausfalls	3
1.1.4	Manuelle Berechnung von Likelihood- und Log-Likelihood-Funktionswerten	4
1.1.5	Excelbasierte Schätzung der Modellparameter	5
1.1.6	Anwendung des geschätzten Modells	9
1.2	Rechnerübung 1: Logistische Regression	10
1.2.1	Aufgabe 1	10
1.2.2	Aufgabe 2	10
1.2.3	Aufgabe 3	11
1.2.4	Aufgabe 4	11
1.2.5	Aufgabe 5	11
1.2.6	Aufgabe 6	12
2	Analyse und Bewertung der Risikoereignisse zur Ermittlung des Risikos	13
2.1	Fallstudie: Supply Chain Risikomanagement bei der DeepDrawAG	13
2.1.1	Ausgangslage und Problemstellung	13
2.1.2	Ermittlung von Gewinn und Kostensenkungspotenzial	14
2.1.3	Kennzahlen zur Risikobewertung	17
2.1.4	Excelbasierte Ermittlung der Risikokennzahlen	20
2.2	Rechnerübung 2: Monte Carlo Simulation	24
2.2.1	Aufgabe 1	25
2.2.2	Aufgabe 2	25
2.2.3	Aufgabe 3	25
2.2.4	Aufgabe 4	26
2.3	Zusatzaufgaben	26
2.3.1	Beschaffung von Baumwolle	26
2.3.2	Beschaffung von Malz	27
3	Entwicklung von Maßnahmen zur Handhabung der Risikoereignisse	29
3.1	Fallstudie: Risikoorientierte Belegungsplanung bei der AutoFusion AG	29
3.1.1	Ausgangslage und Problemstellung	29
3.1.2	Formulierung und Charakterisierung desstochastischen Optimierungsmodells	33
3.1.3	Lösung des Modells mit AIMMS	36
3.1.4	Analyse der Güte der szenariobasierten Abbildung der Unsicherheit	38
3.1.5	Interpretation der Belegungspläne	40
3.2	Rechnerübung 3: Stochastische Optimierung	42
3.2.1	Aufgabe 1	45
3.2.2	Aufgabe 2	45

3.2.3	Aufgabe 3	45
3.2.4	Aufgabe 4	46
3.2.5	Aufgabe 5	47
4	Literaturverzeichnis	48
5	Zusatzmaterial	50
5.1	Aktivierung des Excel-Solvers	50
5.2	Exkurs: Dreiecksverteilung	52
5.3	Exkurs: Inverse Transformation zur Erzeugung von Zufallszahlen	53
6	Lösungen	54
6.1	Lösung der Rechnerübung 1	54
6.1.1	Lösung Aufgabe 1	54
6.1.2	Lösung Aufgabe 2	55
6.1.3	Lösung Aufgabe 3	55
6.1.4	Lösung Aufgabe 4	56
6.1.5	Lösung Aufgabe 5	57
6.1.6	Lösung Aufgabe 6	57
6.2	Lösung der Rechnerübung 2	58
6.2.1	Lösung Aufgabe 1	58
6.2.2	Lösung Aufgabe 2	60
6.2.3	Lösung Aufgabe 3	61
6.2.4	Lösung Aufgabe 4	64
6.2.5	Lösung Zusatzaufgabe: Beschaffung von Baumwolle	65
6.2.6	Lösung Zusatzaufgabe: Beschaffung von Malz	70
6.3	Lösung der Rechnerübung 3	75
6.3.1	Lösung Aufgabe 1	75
6.3.2	Lösung Aufgabe 2	75
6.3.3	Lösung Aufgabe 3	78
6.3.4	Lösung Aufgabe 4	84
6.3.5	Lösung Aufgabe 5	86

1.1 Was verstehen wir unter Risiko, Risikomanagement und der Risikostrategie?

Risikobegriff



Der Begriff *Risiko* ist auf das italienische Wort *risicare* (wagen, herausfordern) zurückzuführen. In der betriebswirtschaftlichen Literatur wird unter Risiko üblicherweise die (zufällige) Möglichkeit einer Zielabweichung verstanden.¹ Risiken können somit bei weiter Auslegung des Begriffs negativen (Risiken als Gefahr) als auch positiven Charakter haben (Risiken als Chance).² Diese Sichtweise liegt auch der klassischen Entscheidungstheorie zugrunde. In der betrieblichen Praxis wesentlich geläufiger ist allerdings eine engere Auslegung des Risikobegriffs. Risiken werden demnach einseitig mit einer möglichen ungünstigen oder gar existenzbedrohenden zukünftigen Entwicklung (Verlust, Gefahr) verbunden.³ Diese enge Definition des Risikobegriffs bildet auch die Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen.

Unter Risiken (risk) verstehen wir negative Abweichungen von einer Zielgröße, die mit ungünstigen Konsequenzen für das Unternehmen einhergehen.⁴ Der Risikobegriff beinhaltet eine wertende, wirkungsbezogene Komponente (den Schaden als Konsequenz der Zielabweichung) und eine informatorische, ursachenbezogene Komponente (die Wahrscheinlichkeit der Zielabweichung).⁵


Analog zu den unterschiedlichen Zielen von Unternehmen lassen sich auch Risiken hinsichtlich (i) ihres Bezugs zum übergeordneten Unternehmensziel und (ii) ihres zeitlichen Horizonts unterscheiden.

Bezug von Risiken zum Unternehmensziel

(i) **Risiken im engeren Sinne betreffen Abweichungen von Formalzielen.** Formalziele (auch: Oberziele) operationalisieren den unternehmerischen Erfolg, stehen also im direkten Bezug zur übergeordneten Zielsetzung des Unternehmens. Formalziele beziehen sich in der Regel auf ökonomische Größen (z.B. Gewinnmaximierung) und bilden den Beurteilungsmaßstab für das unternehmerische Handeln. **Risiken im weiteren Sinne betreffen Abweichungen von Instrumentalzielen.** Instrumentalziele (auch: Unterziele oder Sachziele) übertragen die Formalziele auf die einzelnen Funktionsbereiche im Unternehmen und beziehen sich üblicherweise auf die Objekte (Anlagen, Produkte, ...) und Aktivitäten (Produktionsprozesse, ...) des Unternehmens. Instrumentalziele sind oftmals nicht-monetär (z.B. Zielservicegrad, Durchlaufzeiten).

¹ Vgl. Nicklisch (1912), 165ff.; Oberparleiter (1955), S. 99.

² Vgl. Haller (1975), S. 26; Kersten et al. (2008), S. 10; Wälchli (1974), S. 28; Zawisla (2008), S. 56; Bussmann (1955), 12f.; Fasse (1995), 44f.; Schuy (1989), S. 10; Stadler (1932), 25ff.; Vollmar (1957), 8ff.; Tümpen (1987), S. 11.

³  Zum Risikobegriff: Wagner/Bode (2008) und Wagner et al. (2009) sowie die dort angegebenen Quellen. Zum Zielbegriff: Zäpfel (2001), 37ff.

⁴ Vgl. Wagner/Bode (2008); Wagner et al. (2009); Chopra/Sodhi (2007).

⁵ Vgl. Nübling (1991), 22f.

(ii) Entsprechend ihres zeitlichen Horizonts werden lang- und kurzfristige Risiken unterschieden. **Langfristige Risiken** stehen in Verbindung mit den strategischen Unternehmenszielen wie Marktanteil, Rentabilität oder Eigenkapitalausstattung und haben eine Wirkung auf die dauerhafte Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. **Kurzfristige Risiken** beziehen sich auf operative Kosten- und Leistungsgrößen wie den Umsatz oder den Deckungsbeitrag und betreffen somit die Vorteilhaftigkeit der aktuellen Leistungserstellung.

Zeitlicher Horizont von Risiken

Der Fokus dieses Studienbriefs liegt auf kurz- und langfristigen Risiken im engeren Sinne (siehe Abbildung 1-1). Risiko ist demnach wie folgt definiert:

Definition Risiko: negative Abweichung von einem Formalziel mit ungünstigen Konsequenzen für das Unternehmen.

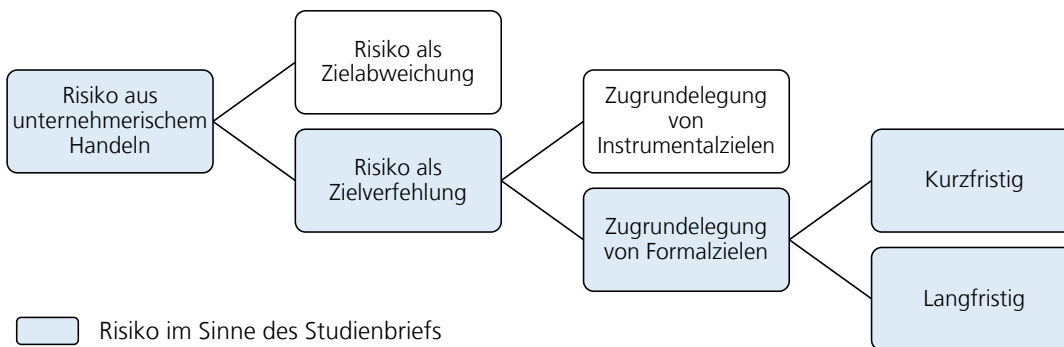


Abbildung 1-1: Zum allgemeinen Risikobegriff

Risiken haben ihren Ursprung in sogenannten **Risikoereignissen** (risk source, risk event). Dies sind unsichere, nicht beabsichtigte Entwicklungen mit irregulärem Charakter, die dem Unternehmen oder seinem Umfeld entstammen und die Geschäftstätigkeit des Unternehmens ungünstig beeinflussen können. In der Literatur werden Risikoereignisse oft auch als **Gefahren** (hazard) oder **Störungen** (disruption) bezeichnet. Beispiele sind etwa politische Unruhen oder Streiks.

Risikoereignisse

Definition Risikoereignis: unsichere, nicht beabsichtigte Entwicklungen mit irregulärem Charakter, die dem Unternehmen oder seinem Umfeld entstammen und die Geschäftstätigkeit des Unternehmens ungünstig beeinflussen können.

Risikoereignisse stehen in der Regel nicht in einem direkten Bezug zum Formalziel des Unternehmens, d.h. dem unternehmerischen Risiko. Vielmehr bewirken Risikoereignisse zunächst eine Veränderung bestimmter ökonomischer und physischer Parameter des Wertschöpfungsprozesses, die dann wiederum auf den betriebswirtschaftlichen Erfolg wirken. Diese risikorelevanten Bestimmungsgrößen der Zielerreichung werden auch als **Risikofaktoren** (risk factors) bezeichnet. So mögen politische Unruhen stei-

Risikofaktoren

gende Ressourcenpreise nach sich ziehen oder Streiks die Verfügbarkeit von Produktionsanlagen herabsetzen. Erst über die Veränderung der Risikofaktoren entfalten Risikoereignisse ihre negative Wirkung auf Unternehmen.

Definition Risikofaktor: risikorelevante Bestimmungsgröße des betriebswirtschaftlichen Erfolgs

Verwundbarkeit

Die Risikofaktoren – und damit das Ausmaß in dem Risikoereignisse auf den Erfolg wirken – hängen von der Aufstellung bzw. **Konfiguration des Unternehmens** ab. Etwa führen steigende Ressourcenpreise nur dann zu einem reduzierten Erfolg, wenn keine hinreichenden Absicherungsmechanismen vorhanden sind (z.B. Preisgarantien). Streiks führen nur dann zum Produktionsausfall, wenn keine Ausweichressourcen zur Verfügung stehen. Die Anfälligkeit eines Unternehmens gegenüber den Folgen von Risikoereignissen wird auch als **Verwundbarkeit** (vulnerability) bezeichnet. Sie resultiert aus der Aufstellung bzw. Konfiguration des Unternehmens und wird operationalisiert durch die Risikofaktoren. Im besten Fall entfalten Risikoereignisse keine nennenswerte negative Wirkung auf die Supply Chain. Die Supply Chain ist dann im Hinblick auf diese Risikoereignisse nicht verwundbar.

Definition Verwundbarkeit: Anfälligkeit eines Unternehmens für die Folgen von Risikoereignissen

Beispiel Microsoft Surface RT:⁶ Nachdem Apple mit dem iPad den Markt für Tabletcomputer weitestgehend für sich erobert hatte, plante Microsoft für 2012 die Einführung eines eigenen Tablets, des Surface RT. Zum Zeitpunkt der Markteinführung in Deutschland, den USA und Kanada am 26.10.2012 ging Microsoft von fünf Millionen Verkäufen in 2012 aus. Entsprechend hoch waren die Bestellungen beim taiwanesischen Zulieferer Pegatron. Aufgrund langer Lieferzeiten entschied sich Microsoft für eine Produktion auf Lager (Konfiguration der Supply Chain). Während sich spätestens zum Ende des Jahres sehr deutlich abzeichnete, dass die tatsächliche Nachfrage weit hinter den Erwartungen zurückbleiben würden (Risikoereignis), sah sich Microsoft durch den anhaltenden Zulauf neuer Geräte mit weiter zunehmenden Lagerbeständen und entsprechenden Kosten konfrontiert (Risikofaktor). Zeitweise wurde von einem Bestand von mehr als sechs Millionen Geräten ausgegangen. Ein Abverkauf der Produkte war nur möglich, indem drastische Preisnachlässe eingeräumt wurden (Risikofaktor). Gegen Ende des ersten Halbjahrs 2013 meldete Microsoft schließlich Abschreibungen auf die Lagerbestände des Surface RT in Höhe von 900 Millionen Dollar (Risiko). Die Verwundbarkeit der Supply Chain gegenüber ausbleibenden Verkäufen war durch die Lagerproduktion demnach sehr groß.

⁶ Daten entnommen aus Amonn (2013).

Unternehmen sehen sich mit einer Vielzahl von sehr unterschiedlichen Risikoereignissen konfrontiert. Um eine Orientierungshilfe zu geben und weitergehende Analysen zu ermöglichen, wurden in der Wissenschaft zahlreiche Ansätze zur Systematisierung von Risikoereignissen anhand sogenannter **Risikoereigniskategorien** vorgeschlagen. Eine Auswahl möglicher Kriterien zur Kategorisierung von Risikoereignissen ist in Tabelle 1-1 zusammengefasst.

Definition Risikoereigniskategorie: fasst ähnliche Risikoereignisse zu Gruppen zusammen

Tabelle 1-1: Kriterien zu Kategorisierung von Risikoereignissen

Kriterium	Beschreibung
Messbarkeit	Risikoereignisse können hinsichtlich ihrer Messbarkeit unterschieden werden (z.B. leicht, schwer und kaum oder nicht messbare Risikoereignisse). Risikoereignisse werden als messbar bezeichnet, sofern objektive Wahrscheinlichkeiten für ihr Eintreten ermittelt werden können. Für den Fall nicht messbarer Risikoereignisse lassen sich diese nur subjektiv schätzen. Entsprechend werden auch die Begriffe objektive beziehungsweise subjektive Risikoereignisse verwendet. ⁷
Aggregationsniveau	Es können einzelne und aggregierte Risikoereignisse unterschieden werden. Erstere stellen primäre Risikoereignisse dar und können nicht weiter aufgeteilt werden. Sie bilden die Ursache für Zielverfehlungen. Werden mehrere Risikoereignisse simultan betrachtet, so werden diese als aggregierte Risiken, als Risikoverbund oder als Risikoaggregat bezeichnet. ⁸
Beeinflussbarkeit	Die Unterscheidung der Risikoereignisse erfolgt nach leicht beeinflussbaren, kaum/schwer beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren Risikoereignissen.
Versicherbarkeit	Risikoereignisse können hinsichtlich ihrer Versicherbarkeit unterschieden werden. Für versicherbare Risikoereignisse sind Versicherungsdeckungen erhältlich beziehungsweise grundsätzlich möglich.
Häufigkeit	Innerhalb des Kriteriums der Häufigkeit kann zwischen gleichmäßig auftretenden Risikoereignissen und plötzlich bzw. irregulär auftretenden Risikoereignissen unterschieden werden.
Risikoherkunft	Es werden interne (aus dem Unternehmen) und externe Risikoereignisse (aus dem Umfeld) unterschieden.

⁷ Vgl. Krelle (1957), 633ff.; Philipp (1967), 55ff.

⁸ Vgl. Farny (1979), 19f.

Vom Risikoereignis zum Risiko

Zusammenfassend lassen sich die zuvor eingeführten Begriffe wie folgt systematisieren (Abbildung 1-2).

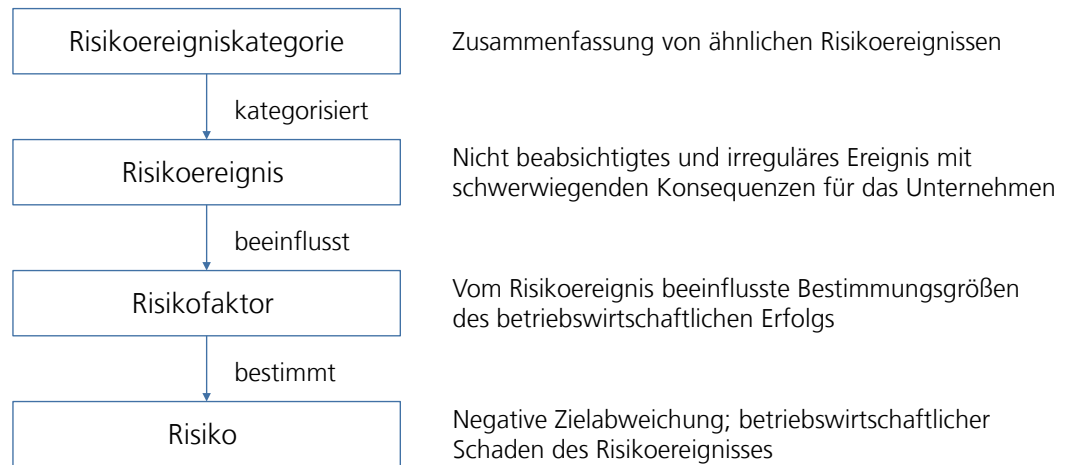


Abbildung 1-2: Wichtige Begriffe des betrieblichen Risikomanagements

Risikomanagement

Aufbauend auf diesen grundlegenden Begriffsbestimmungen wenden wir uns im Folgenden dem Risikomanagement zu. Das **Risikomanagement** ist allgemein definiert als die Gesamtheit aller organisatorischen Regelungen, Maßnahmen und Instrumente zur Identifikation, Abwendung und Handhabung von Risikoereignissen mit dem Ziel eines planhaften Umgangs mit Risiken. Voraussetzung eines Risikomanagements sind also zunächst klar formulierte und messbare Unternehmensziele, um anhand dieser mögliche Abweichungen feststellen zu können. Unter Berücksichtigung dieser Ziele besteht die wichtigste Aufgabe des Risikomanagements darin, sicherzustellen, dass die durch die Gesamtheit aller Risiken bestimmte Risikoposition eines Unternehmens dessen Risikotragfähigkeit nicht übersteigt und damit die Wahrscheinlichkeit schwerwiegender Krisen reduziert wird.⁹ Die Kernfragen des Risikomanagements sind: Was sind die größten Bedrohungen des Unternehmens (Risikoereignisse) und wie lassen sich die Folgen dieser Ereignisse abwenden oder abmildern?

Definition Risikomanagement: Gesamtheit aller organisatorischen Regelungen, Maßnahmen und Instrumente zur Identifikation, Abwendung und Handhabung von Risikoereignissen mit dem Ziel eines planhaften Umgangs mit Risiken.



Das Risikomanagement beinhaltet einen deskriptiven und einen normativen Bestandteil sowie einen übergeordneten Lernprozess.¹⁰

⁹ Vgl. Wildemann (2002), S. 27.

¹⁰ Zum Gegenstand des Risikomanagements: Kleindorfer/Saad (2005); Kern et al. (2012), S. 66.

3 Entwicklung von Maßnahmen zur Handhabung der Risikoereignisse

Nach Abschluss der Einheit sind Sie in der Lage:

- Zweistufige stochastische Optimierungsmodelle zur Auswahl von Risikohandhabungsweisen zu formulieren.
- Lösungen mittels kommerzieller Optimierungssoftware (AIMMS) zu ermitteln.
- Die Lösungen zu bewerten und zu interpretieren.

3.1 Fallstudie: Risikoorientierte Belegungsplanung bei der AutoFusion AG

3.1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Innerhalb der Produktionsprogrammplanung eines großen Automobilherstellers ist Eva Meier verantwortlich für die mittelfristige Belegungsplanung. Ihre Aufgabe besteht darin, die vom Vertrieb geplanten Absatzmengen auf die Standorte des Produktionsnetzwerkes aufzuteilen. Als Mittler zwischen den Vertriebseinheiten und den Werken kommt ihr eine ganz entscheidende Bedeutung zu.

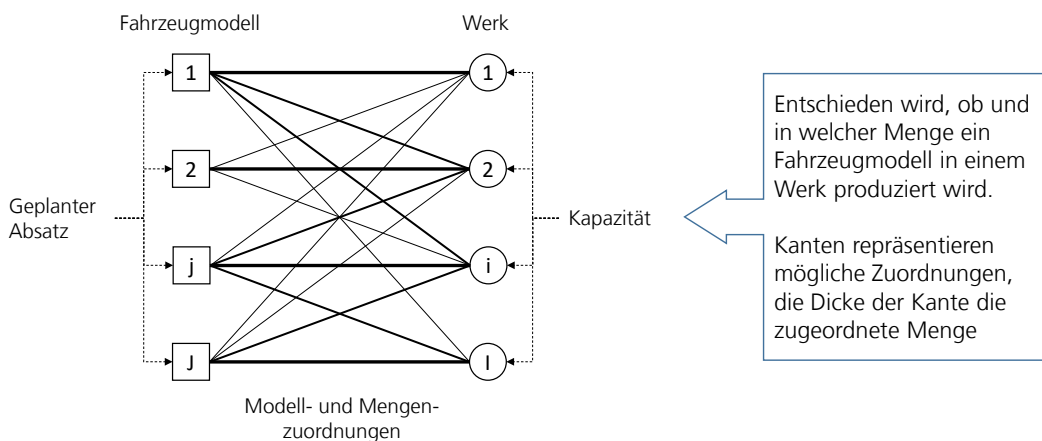


Abbildung 3-1: Grundstruktur der Belegungsplanung

Alle Jahre wieder richtet sich insbesondere nach der Sommerurlaubszeit die Aufmerksamkeit auf Eva Meiers Bereich. Der Vertrieb, wie auch die Produktionsstandorte warten ungeduldig auf die Ergebnisse ihrer Planung, um auf dieser Basis die eigene Planung fortschreiben zu können. Insbesondere für die Werke wird die Zeit knapp. Zwar steht ein üppiges Repertoire an Flexibilitätsinstrumenten zur Verfügung, mittels derer

sich die Kapazitäten an die herzustellenden Fahrzeugmodelle und -volumina anpassen lassen, jedoch benötigt die Umsetzung der Instrumente eine Vorlaufzeit von einigen Wochen bis Monaten.

In der Vergangenheit hat die gesteigerte Aufmerksamkeit Eva Meier nicht aus der Ruhe bringen können. War doch die Anzahl der Standorte und Fahrzeugmodelle gut überschaubar und die Planung des Vertriebs stets verlässlich. Insofern war es ein Leichtes, eine sinnvolle Belegung durch „Draufschaun“, d.h. durch die Anwendung einfacher Regeln zu konstruieren. Bedingt durch das Wachstum des Unternehmens und der anhaltenden Ausweitung des Produktprogramms kamen allerdings zuletzt immer neue Produktionsstandorte und Fahrzeugmodelle hinzu. Zudem beobachtete Eva Meier eine drastische Zunahme der Planungsunsicherheit als Folge vager Vertriebspläne. Damit häuften sich zuletzt die Beschwerden über angeblich unvorteilhafte Belegungspläne. So konnten laut Aussage des Vertriebs wiederholt Marktchancen aufgrund fehlender Kapazitäten nicht genutzt werden. Gleichmaßen blieben Marktanteil und Unternehmensergebnis hinter den veröffentlichten Zielen zurück. Und auch die Werke machten ihrem Unmut Luft, da geplante Produktionsmengen häufig hinter den Erwartungen zurückblieben. Eine wirtschaftliche Produktion war so in vielen Fällen nicht möglich. Mit Folgen für Eva Meier. In der letzten Eskalation war es den Werken gelungen, Mindestmengen für jedes zugeordnete Fahrzeug durchzusetzen, um das werksseitige Auslastungsrisiko zu vermindern. Werden die Mindestmengen im betrachteten Jahr nicht erreicht, erhalten die Werke eine Kompensationszahlung aus einem von Eva Meier verantworteten Budget.

Vor dem Hintergrund der Beschwerden und der schwindenden Mittel für Kompensationszahlungen entscheidet Eva Meier, die Belegungsplanung grundlegend neu aufzustellen. Die Entscheidungssituation stellt sich im Detail wie folgt dar. Der Vertrieb meldet die für das kommende Jahr geplanten Absatzvolumina. Nach endlosen Gesprächen ist es Eva Meier gelungen, die Punktprognose des Absatzvolumens je Fahrzeugmodell durch drei Prognosewerte abzulösen: den ungünstigsten Fall, den bestmöglichen Fall und den wahrscheinlichsten Fall. Parallel melden die Werke die modellspezifischen Herstellkosten je Fahrzeugeinheit und die maximale Gesamtkapazität. Die Aufgabe von Eva Meier besteht nun darin, die geplanten Absatzvolumina auf die Standorte zu verteilen.

Sowohl die Werke als auch der Vertrieb bilden eigenständige Geschäftseinheiten (Business Units). Zur Verrechnung der Leistung werden intern Preise festgelegt. Die Aufgabe von Eva Meier ist es, den übergeordneten Deckungsbeitrag aus Sicht des Produktionsnetzwerks zu maximieren. Dieser ergibt sich als Differenz der vom Vertrieb je Fahrzeug entrichteten Bezugspreise und dem an die Werke zu zahlenden Herstellungspreis samt Kompensationszahlungen.

Folgende Daten liegen Eva Meier vor:

Tabelle 3-1: Parameter der Belegungsplanung (1/3)

Parameter	Wert
Anzahl Fahrzeugmodelle	4
Anzahl Standorte	4
Nachfrage für Modell 1, 2, 3 und 4 – wahrscheinlichster Wert [1.000 Fahrzeuge/Jahr]	1.200
Nachfrage für Modell 1, 2, 3 und 4 – ungünstigster Fall [1.000 Fahrzeuge/Jahr]	500
Nachfrage für Modell 1, 2, 3 und 4 – bestmöglicher Fall [1.000 Fahrzeuge/Jahr]	1.300
Maximale Kapazität von Standort 1, 2, 3 und 4 [1.000 Fahrzeuge/Jahr]	1.000
Zugesicherte Mindestmenge [1.000 Fahrzeuge/Jahr]	300
Pauschale Strafe für Unterschreitung der Mindestmenge [€/Unterschreitung]	20.000
Große Zahl	1.297

Tabelle 3-2: Parameter der Belegungsplanung (2/3): Deckungsbeitrag [€/Fahrzeug]

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Standort 1	1.000	880	720	840
Standort 2	950	1.100	855	945
Standort 3	900	1.045	900	997
Standort 4	850	990	810	1.050

Tabelle 3-3: Parameter der Belegungsplanung (3/3): Szenariospezifische Nachfrage [1.000 Fahrzeuge/Jahr]

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Szenario 1	1.000	1.000	1.000	1.000
Szenario 2	1.033	1.201	1.019	1.147
Szenario 3	1.123	1.057	790	1.003
Szenario 4	662	796	1.155	984
Szenario 5	875	1.069	635	1.178
Szenario 6	1.119	1.234	960	824
Szenario 7	1.125	1.132	681	867
Szenario 8	908	1.153	933	1.012

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Szenario 9	1.008	910	1.160	943
Szenario 10	1.196	1.180	846	1.092
Szenario 11	666	1.236	956	1.033
Szenario 12	1.283	938	1.133	897
Szenario 13	1.233	1.092	1.052	783
Szenario 14	1.111	982	1.192	1.142
Szenario 15	1.143	965	601	875
Szenario 16	1.021	1.066	1.162	1.041
Szenario 17	1.112	1.134	1.109	560
Szenario 18	759	1.233	846	706
Szenario 19	1.173	1.039	873	1.028
Szenario 20	1.201	620	1.034	1.051
Szenario 21	1.142	1.118	1.184	1.077
Szenario 22	1.155	746	950	1.126
Szenario 23	906	932	1.154	1.226
Szenario 24	1.156	910	741	568
Szenario 25	871	1.113	901	630
Szenario 26	766	829	1.110	1.165
Szenario 27	879	995	1.182	1.042
Szenario 28	763	786	762	1.043
Szenario 29	1.107	610	1.197	1.047
Szenario 30	602	830	1.213	899
Szenario 31	1.031	818	985	791
Szenario 32	1.271	1.074	1.081	887
Szenario 33	715	962	828	663
Szenario 34	1.058	1.235	978	1.026
Szenario 35	923	1.162	925	853
Szenario 36	1.204	671	823	1.076
Szenario 37	915	1.180	1.152	1.192
Szenario 38	1.060	873	801	1.140
Szenario 39	1.024	1.007	892	914
Szenario 40	810	1.023	866	1.114
Szenario 41	1.213	1.266	709	848
Szenario 42	1.103	1.265	1.234	1.231

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Szenario 43	864	1.050	718	1.151
Szenario 44	1.112	1.028	1.268	766
Szenario 45	971	816	1.165	1.262
Szenario 46	709	875	1.004	919
Szenario 47	1.135	1.082	1.154	930
Szenario 48	1.218	1.006	1.093	1.093
Szenario 49	1.039	1.041	1.167	856
Szenario 50	1.184	1.022	989	1.219

Zur Lösungsfindung geht Eva Meier wie folgt vor:

3.1.2 Formulierung und Charakterisierung des stochastischen Optimierungsmodells

Eva Meier entscheidet sich für einen zweistufigen stochastischen Modellierungsansatz. Sie formuliert das mathematische Modell und definiert, um welche Art von Modell es sich handelt. Des Weiteren bestimmt Eva Meier die Anzahl der Entscheidungsvariablen und Nebenbedingungen des Modells unter der Annahme, dass zunächst ein und im Folgenden 50 bzw. 1.000 Szenarien berücksichtigt werden müssen.

Hinweis: Es ist davon auszugehen, dass grundsätzlich jede positive Produktionsmenge möglich ist. Lagerbestandsaufbau ist zu vermeiden. Die Nebenbedingungen zur Beschränkung des Wertebereichs der Variablen sind zu vernachlässigen.

Stochastisches Optimierungsmodell

Modell		
Indizes		
i	Standorte	$(i = 1, 2, \dots, I)$
j	Fahrzeugmodelle	$(j = 1, 2, \dots, J)$
s	Szenarien	$(s = 1, 2, \dots, S)$
Daten		
$Nachfrage_{sj}$	Nachfrage nach Fahrzeugmodell j in Szenario s [1.000 Fahrzeuge] <i>siehe Tabelle Parameter der Belegungsplanung (3/3)</i>	

Daten (Fortsetzung)

<i>Kapazitaet_i</i>	Kapazität von Standort <i>i</i> [1.000 Fahrzeuge]; hier: <i>Kapazitaet_i</i> \equiv 1.000
<i>Deckungsbeitrag_{ji}</i>	Deckungsbeitrag von Fahrzeugmodell <i>j</i> bei Herstellung in Standort <i>i</i> [€/Fahrzeug] <i>siehe Tabelle Parameter der Belegungsplanung (2/3)</i>
<i>Mindestmenge</i>	Zugesicherte Mindestmenge [1.000 Fahrzeuge] hier: <i>Mindestmenge</i> = 300
<i>Kompensation</i>	Kompensationszahlung bei Unterschreiten der Mindest- menge [€/Unterschreitung] hier: <i>Kompensation</i> = 20.000
<i>BigM</i>	Große Zahl (z.B. maximale Nachfrage); hier: <i>BigM</i> = 1.297

Entscheidungsvariablen

<i>Zuordnung_{ij}</i>	Zuordnung von Fahrzeugmodell <i>j</i> zu Standort <i>i</i> (<i>Zuordnung_{ij}</i> \in {0; 1})
<i>Produktionsmenge_{sij}</i>	Produktionsmenge von Fahrzeugmodell <i>j</i> an Standort <i>i</i> in Szenario <i>s</i> (<i>Produktionsmenge_{sij}</i> \in \mathbb{R}^+)
<i>Unterschreitung_{sij}</i>	Unterschreitung der Mindestmenge von Fahrzeugmodell <i>j</i> an Standort <i>i</i> in Szenario <i>s</i> (<i>Unterschreitung_{sij}</i> \in {0; 1})

Zielfunktion

Für die allgemeine Struktur der Zielfunktion bei zweistufiger Stochastische Optimierung gilt:

$$Z = \text{Deckungsbeitrag}(\text{Entscheidungen der Stufe 1}) \\ + E(\text{Deckungsbeitrag}(\text{Entscheidungen der Stufe 2}))$$

Die Entscheidungen auf der ersten Stufe werden vor der Realisierung der unsicheren Nachfrage getroffen. Der sich ergebene Deckungsbeitrag ist folglich unter Sicherheit bekannt. Die Entscheidungen der zweiten Stufe werden erst getroffen, nachdem die konkrete Realisierung der zu betrachtenden Zufallszahlen bekannt ist. Der resultierende Deckungsbeitrag ist somit zum Zeitpunkt der Planung nicht unter Sicherheit bekannt. Es wird daher auf den Erwartungswert zurückgegriffen.

Im vorliegenden Fall werden auf der ersten Stufe die Zuordnungsentscheidungen getroffen. In Abhängigkeit der getroffenen Zuordnungsentscheidungen und der beobachteten Nachfrage werden auf der zweiten Stufe die Produktionsmengen je Fahrzeug und Standort festgelegt.

Da die Zuordnungsentscheidung zunächst keine Ergebniswirksamkeit besitzt ($\text{Deckungsbeitrag}(\text{Entscheidungen der Stufe 1}) = 0$), entfällt der erste Term. Der zweite Term, d.h. der Erwartungswert des von der zufälligen Nachfrage abhängigen Deckungsbeitrags, wird näherungsweise bestimmt, indem der Mittelwert über S Szenarien berechnet wird. Es folgt:

$$\text{Min } \overline{DB}_S = \frac{1}{S} \cdot \left(\sum_{s=1}^S \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (\text{Deckungsbeitrag}_{ji} \cdot \text{Produktionsmenge}_{sij} + \text{Kompensation} \cdot \text{Unterschreitung}_{sij}) \right)$$

Anmerkung: Anstelle der Betrachtung des Mittelwerts wäre hier auch eine Betrachtung des absoluten Deckungsbeitrags möglich. Bei strukturell identischer Lösung (d.h. gleichen Zuordnungsentscheidungen im Optimum) ließe sich somit die Rechenzeit verkürzen.

Nebenbedingungen

Kapazität

$$\sum_{j=1}^J \text{Produktionsmenge}_{sij} \leq \text{Kapazitaet}_i \quad \forall s, i$$

Nachfrage

$$\sum_{i=1}^I \text{Produktionsmenge}_{sij} \leq \text{Nachfrage}_{sj} \quad \forall s, j$$

Zuordnungsbedingung

$$\text{Produktionsmenge}_{sij} \leq \text{Zuordnung}_{ij} \cdot \text{Kapazitaet}_i \quad \forall s, i, j$$

Unterschreitung

$$\begin{aligned} \text{Produktionsmenge}_{sij} + \text{BigM} \cdot (\text{Unterschreitung}_{sij} + (1 - \text{Zuordnung}_{ij})) \\ \geq \text{Mindestmenge} \quad \forall s, i, j \end{aligned}$$

Es handelt sich um ein gemischt-ganzzahliges Modell (MILP = Mixed-Integer Linear Programming). Die Zuordnungsentscheidungen und die Unterschreitungen sind binär (Spezialfall der Ganzzahligkeit), die Entscheidungen über die Produktionsmengen sind positiv reellwertig.