



**STEINBEIS-HOCHSCHULE
BERLIN**

Daniela Simone Kappler

Systeminterdependenzen und Risikoverhalten

**Systemtheoretische-kybernetische Simulation
von Innovationsrisiken am Beispiel des deutschen
Maschinen- und Anlagenbaus**



Steinbeis-Edition

Daniela Simone Kappler
Systeminterdependenzen und Risikoverhalten



Steinbeis-Edition

Daniela Simone Kappler

Systeminterdependenzen und Risikoverhalten

Systemtheoretische-kybernetische Simulation
von Innovationsrisiken am Beispiel des deutschen
Maschinen- und Anlagenbaus

Impressum

© 2018 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Die Publikation erscheint in der Reihe „Dissertationen der Steinbeis-Hochschule Berlin“.

Daniela Simone Kappler

Systeminterdependenzen und Risikoverhalten. Systemtheoretische-kybernetische Simulation von Innovationsrisiken am Beispiel des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus

1. Auflage, 2018 | Steinbeis-Edition, Stuttgart

ISBN 978-3-95663-154-2

Zugl. Steinbeis-Hochschule Berlin, Dissertation 2017

Satz: Steinbeis-Edition

Druck: e.kurz+co druck und medientechnik gmbh, Stuttgart

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Forschung und Entwicklung, Beratung und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung für alle Technologie- und Managementfelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei. Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

159637-2018-03 | www.steinbeis-edition.de

Geleitwort

Innovationskraft ist heute einer der wichtigsten Treiber von Wettbewerbsfähigkeit und wird für Unternehmen immer herausfordernder. In diesen Situationen nimmt insbesondere die Veränderungsgeschwindigkeit in technologiegetriebenen Branchen stark zu. Als Wirkung der wachsenden Komplexität in der Umwelt erhöht sich in den Unternehmen die Wahrscheinlichkeit von Zielabweichungen, welche als Risiken auftreten. Wenn die Kausalitäten in der Unternehmensumwelt zunehmend ausgreifen, werden die damit zusammenhängenden Risiken ebenfalls komplexerer Natur. Das unternehmerische Risikomanagement ist stark branchenabhängig und in Frau Kapplers Arbeit wird exemplarisch der deutsche Maschinen- und Anlagenbau betrachtet. Für die überwiegend mittelständischen Unternehmen der Branche stellt die Innovationsfähigkeit den zentralen Erfolgsfaktor dar, ermöglicht Wettbewerbsvorteile, aber bedingt auch komplexe Risikostrukturen.

Im betrieblichen Risikomanagement überwiegt ein traditioneller Führungsprozess, welcher Risiken isoliert voneinander betrachtet und somit deren Kompliziertheit und Dynamik nur begrenzt berücksichtigt. Die eingesetzten Instrumente insbesondere in der Prozessphase der Risikoanalyse erfassen die reale Komplexität von Innovationsprozessen im deutschen Maschinen- und Anlagenbau nur unzureichend. Als Ergebnis kann die Risikosituation von Unternehmen nicht hinreichend genau abgebildet werden. Aber genau im Mittelstand ist unternehmerisches und proaktives Risikomanagement besonders erforderlich und ganzheitliche Steuerungs- und Führungskonzepte sind angemessen.

Frau Kappler greift diesen Forschungsbedarf auf und thematisiert die ganzheitliche und übergreifende Erfassung bestehender Risiken im Rahmen einer geeigneten Analyse. Daraus lassen sich entscheidungsunterstützende Gestaltungshinweise ableiten. Mit ihren gewonnenen Ergebnissen können Innovationsrisiken in ihrer Komplexität bereits in der Angebotsphase realitätsnah abgebildet und entsprechende Risikosteuerungsmechanismen berücksichtigt und beurteilt werden. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse können Kausal- und Simulationsmodelle für das umfassende Management komplexer Innovationsrisiken genutzt werden. Damit kann das Risikobewusstsein über Wirkungsmechanismen im Innovationsmanagement geschärft sowie transparenter gestaltet werden. Der Arbeit von Frau Kappler mit einem sowohl wissenschaftlichen wie praxisgerichteten Fokus ist in beiden Welten Erfolg zu wünschen.

St. Gallen, im Dezember 2017
Prof. Dr. habil. Hans Jobst Pleitner

Heilbronn, im Dezember 2017
Prof. Dr. Ralf Dillerup

Vorwort

Die vorliegende Dissertationsschrift entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für „Strategische Unternehmensführung und Controlling“ von Herrn Prof. Dr. Ralf Dillerup an der Hochschule Heilbronn.

Die Erstellung einer Dissertation ist eine Aufgabe, die im Alleingang nicht zu bewältigen ist. Ich möchte daher all jenen danken, die mich während dieses Lebensabschnitts persönlich und fachlich begleitet und unterstützt haben.

Mein außerordentlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. habil. Hans Jobst Pleitner für die Übernahme des Erstgutachtens. Abseits von rein mathematischen und statistischen Strömungen hat Herr Prof. Dr. habil. Hans Jobst Pleitner einen systemtheoretischen-kybernetischen Forschungsansatz zur Entwicklung eines neuen Entscheidungs- und auch Deutungsmodells unterstützt. Dies trifft in gleicher Weise auf meinen Betreuer, Herrn Prof. Dr. Ralf Dillerup, zu, der das Forschungsprojekt maßgebend begleitet und durch wichtige Impulse und eine Vielzahl an wertvollen Feedbackschleifen in besonderem Maße zu dessen Gelingen beigetragen hat. Ich danke zudem Frau Prof. Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein für ihre hilfreichen Anmerkungen und die Übernahme der Zweitbegutachtung.

Darüber hinaus danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Johann Löhn für die wertvollen Hinweise und die moralische Unterstützung im Rahmen der Kolloquien sowie Frau Petra Dettinger für die stets ausgezeichnete Betreuung und auch herzliche Unterstützung über den gesamten Promotionsprozess hinweg.

Ein großer Dank gilt auch den vielen Projekt- und Interviewpartnern, die mit ihrem KnowHow und Zeitinvestment maßgebend zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Herzlich danken möchte ich dem gesamten Team des Studienganges Betriebswirtschaft und Unternehmensführung und besonders Herrn Prof. Dr. Joachim Löffler und meinen Kollegen Susanne Hannss, Birgit Seeburger, Andrea Muth, Stefanie Pemsel, Miriam Fuentes Ballesteros und Joachim Bethke für viele aufbauende Gespräche und die IT-Unterstützung. Meinen Doktorandenkollegen Alexander Ritzel, Tim Fritzenschaft, Michael Timo Minnici und Simone von Boddien danke ich sehr für den konstruktiven Austausch sowie die gegenseitige Unterstützung.

Mein besonderer Dank gebührt meiner Familie und meinen Freunden, die mich in dieser Zeit nicht nur ertragen, sondern auch bedingungslos getragen haben. Dies trifft in ganz besonderer Weise auf meine Eltern, Cornelia und Dr. Hans-Thomas Kappler, und Elvan Yarpinar zu.

*Stuttgart, im Dezember 2017
Daniela Simone Kappler*

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XVI
Abkürzungsverzeichnis	XIX
1 Kurzfassungen	1
1.1 Kurzzusammenfassung	1
1.2 Executive Summary	2
2 Einführung	3
2.1 Globale Problemstellung	3
2.2 Branchenbezogene Problemstellung	8
2.3 Status Quo und Zielsetzung	10
2.3.1 Status Quo des allgemeinen Risikomanagements	11
2.3.2 Status Quo des branchenspezifischen Risikomanagements	12
2.3.3 Status Quo der wissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit Innovationsrisiko-Systemen	13
2.3.4 Zielsetzung der Arbeit	13
2.4 Simulation und Forschungsdesign	16
2.4.1 Modelle und Simulationsverfahren	17
2.4.2 Simulationsbasiertes Forschungsdesign	22
3 Grundlagen und Theorien	27
3.1 Risiko – Begriffe, Definitionen, Prozesse, Methoden	28
3.1.1 Etymologie	28
3.1.2 Risiko und Ungewissheit	28
3.1.3 Risiko in der Betriebswirtschaft	30
3.1.4 Risikomanagement	34
3.1.5 Risikomanagement Prozess	36
3.1.6 Risikomanagement im Maschinen- und Anlagenbau	43
3.1.7 Limitationen bisheriger Methoden	52
3.1.8 Komplexitätserfassung von Risiken	53
3.2 Systemwissenschaft – Kontext, Begriffe, Grundlagen	55
4 Innovationen im Maschinen- und Anlagenbau	62
4.1 Innovation, Innovationsmerkmale und Innovationsrisiken	62
4.2 Branchenspezifische Innovationsmerkmale und Innovationsrisiken	66
4.2.1 Branchendefinition der Innovation	66
4.2.2 Geschäftsmodell und Branchenprofil	68
4.3 Zwischenfazit zu den Innovationsmerkmalen und -risiken	69

5	Zentrale Determinanten von Innovationsrisikosystemen.....	71
5.1	Zentrale Determinanten und kausale Zusammenhänge im Marktsystem	71
5.1.1	Theoriegeleitetes Marktsystem der Innovation	71
5.1.2	Transferbezogenes Marktsystem der Innovation.....	78
5.2	Zentrale Determinanten und kausale Zusammenhänge im Unternehmen	84
5.2.1	Transferbezogene Determinanten des Risikos Technologieleistung und Qualität.....	85
5.2.2	Transferbezogene Determinanten des Risikos Entwicklungszeit.....	89
5.2.3	Transferbezogene Determinanten des Risikos der quantitativen und qualitativen Entwicklungskapazität	92
5.2.4	Transferbezogene Determinanten des Risikos Wissenstransfer	97
5.3	Zwischenfazit zu den zentralen Determinanten von Innovationsrisikosystemen	98
6	Dynamische Ursache-Wirkungsbeziehungen von Innovationsrisiken.....	101
6.1	Systemstruktur Risiko Technologieleistung	101
6.2	Systemstruktur Risiko preisliche Wettbewerbsfähigkeit	104
6.3	Simulationsstruktur Markt	107
6.4	Systemstruktur Risiko der Qualität.....	113
6.5	Systemstruktur Risiko Entwicklungszeit	119
6.6	Systemstruktur Risiko Entwicklungskapazität.....	123
6.6.1	Internes Kapazitätsrisiko.....	123
6.6.2	Externes Kapazitätsrisiko.....	125
6.7	Systemstruktur Risiko Qualifikation.....	128
6.7.1	Erfahrung und Fähigkeiten	129
6.7.2	Ausbildung und Training.....	133
6.7.3	Kooperation und Zukauf.....	134
6.8	Systemstruktur Risiko Wissenstransfer Extern.....	137
6.8.1	Reverse Engineering.....	138
6.8.2	KnowHow-Abfluss.....	140
6.9	Zwischenfazit zu den Ursache-Wirkungsbeziehungen von Innovationsrisiken	145
7	Validierung des generischen dynamischen Wirkungsmodells für Innovationsrisiken ...	148
7.1	Testverfahren System Dynamics Modelle	148
7.1.1	Modellstruktur.....	149
7.1.2	Modellverhalten und -wirkung	150
7.2	Angewandte Testverfahren und Vorgehen	151
7.2.1	Angewandte Testverfahren.....	151
7.2.2	Vorgehensweise.....	152
7.3	Durchführung und Ergebnisse	153
7.3.1	Ergebnisse Strukturtest Adäquanz.....	153
7.3.2	Ergebnisse Verhaltenstest Adäquanz	156
7.3.3	Ergebnisse Strukturexistenztest.....	158

7.3.4	Ergebnisse Verhaltensvorhersagetest.....	160
7.3.5	Ergebnisse Parametertest	162
7.3.6	Ergebnisse Einheitstest	164
7.3.7	Ergebnisse Extrembedingungstest	166
7.3.8	Ergebnisse Verhaltensanomalietest	167
7.3.9	Generalisierungstest – „Family Member Test“	168
7.4	Zwischenfazit zur Validierung Inno_MOD	170
8	Interdependentes und dynamisches Verhalten von Innovationsrisiken	172
8.1	Szenarioentwicklung und Ergebnisanalyse.....	172
8.1.1	Szenariogestaltung.....	172
8.1.2	Allgemeine Unternehmens- und Projektinformationen.....	173
8.1.3	Ergebnisdarstellung	175
8.2	Parametrisierung Basisszenarien und Simulationsergebnis	178
8.2.1	Matrixauswertung	178
8.2.2	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Basisszenario Plan.....	180
8.2.3	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Basisszenario System	196
8.2.4	Gegenüberstellung der Basisszenarien	201
8.3	Parametrisierung Risikoszenarien und Simulationsergebnis	204
8.3.1	Allgemeine Unternehmens- und Projektinformationen – Risikoszenario....	204
8.3.2	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Risikoszenario Plan.....	205
8.3.3	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Risikoszenario System	207
8.3.4	Gegenüberstellung der Risikoszenarien Fachkräftemangel.....	208
8.4	Zwischenfazit zur Risikoentwicklung im Basis- und Risikoszenario.....	210
8.5	Parametrisierung Risikoszenarien Erweitert und Simulationsergebnis	213
8.5.1	Allgemeine Unternehmens- und Projektinformationen – Risikoszenario Erweitert.....	213
8.5.2	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Risikoszenario System – Erweitert.....	215
8.5.3	Parametrisierung und Simulationsergebnisse Risikoszenario System – Erweitert Kompetenz ‚All In‘	220
8.6	Zwischenfazit zum interdependenten und dynamischen Verhalten von Innovationsrisiken.....	227
9	Schlussbetrachtung	231
9.1	Schlussfolgerungen	232
9.1.1	Potentiale.....	232
9.1.2	Schlussfolgerungen für die Wissenschaft	234
9.1.3	Schlussfolgerungen für die Praxis.....	234
9.2	Anknüpfungspunkte für weitere Forschung.....	236
10	Anhang.....	238
	Literaturverzeichnis.....	375

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Grafische Abbildung des Risikobegriffs	4
Abb. 2.2: Ausschnitt aus einem Risikonetz.....	6
Abb. 2.3: Komplexitätserfassung von Risiken mit derzeitigen Methoden in der Risikoanalyse ..	7
Abb. 2.4: Verschiedene Ebenen von Systemen.....	11
Abb. 2.5: Mögliche Folgerisiken bei Risikoeintritt.....	12
Abb. 2.6: Risikocluster im Maschinen- und Anlagenbau	12
Abb. 2.7: Komplexitätserfassung von Risiken in der Risikoanalyse	15
Abb. 2.8: Modelltypen	17
Abb. 2.9: Vorteile der Nutzung von Modellen.....	18
Abb. 2.10: Elemente eines Systems in System Dynamics	20
Abb. 2.11: Struktur- und Verhaltensmuster R-Loop.....	21
Abb. 2.12: Struktur- und Verhaltensmuster B-Loop.....	22
Abb. 2.13: Aufbau der Arbeit und Forschungsprozess	24
Abb. 3.1: Risiko als Abweichung / Streuung vom Zielwert	31
Abb. 3.2: Isolierte Risikobetrachtung in den Prozessschritten des klassischen Risikomanagements	37
Abb. 3.3: Risikostrategiematrix mit abgeleiteten Risikosteuerungsstrategien	39
Abb. 3.4: Risikosteuerung.....	42
Abb. 3.5: Instrumente im Projektmanagement.....	45
Abb. 3.6: Traditionelles Kalkulationsschema mit möglichen Risikopositionen und Auszug Risikocheckliste.....	49
Abb. 3.7: Ursache-Wirkungszusammenhänge (Strategy Map) einer Balanced Scorecard für den Maschinen- und Anlagenbau	54
Abb. 3.8: Systemkomplexität.....	55
Abb. 3.9: Systemdenker im Kontext verschiedener Wissenschaftsrichtungen mit Fokus auf die Systemwissenschaft und Systemgestaltung	56
Abb. 3.10: ‚Regelungsprinzip‘	57
Abb. 3.11: Systemelemente.....	58
Abb. 3.12: Der Komplexitätsbegriff im betriebswirtschaftlichen Umfeld.....	59
Abb. 4.1: Innovationsmerkmale und Innovationsrisiken	65
Abb. 5.1: Generische Marktstruktur nach Dillerup	72
Abb. 5.2: Glockenkurve der Adoptionsrate und S-Kurve der Adopter-Verteilung.....	74
Abb. 5.3: Bass Diffusionsmodell modelliert durch Sterman.....	75
Abb. 5.4: Prozess der Strategieformulierung und Bewertung.....	76
Abb. 5.5: Kosten-Nutzen-Relationen in Abhängigkeit des Technologieniveaus.....	76
Abb. 5.6: Aufwands- und Ertragsrealisation im Prozess der Produktinnovation	77
Abb. 5.7: Durchbrechung der Preis-Kosten-Schere	77
Abb. 5.8: Zentrale Stellung des Kostenrisikos	84

Abb. 5.9: Zielgrößen der Prozesseffizienz	85
Abb. 5.10: Agiles Stage-Gate-Hybrid-Modell	87
Abb. 5.11: Einfluss von Qualitäts- und Reworkeffekten auf den Projektverlauf	88
Abb. 5.12: Vereinfachte Darstellung des ‚Rework Cycle‘	89
Abb. 5.13: Kombinierte Timingstrategien nach Buchholz	91
Abb. 5.14: Zeitliche Projektentwicklung durch Rework – Simuliert und Entscheidungsorientiert	92
Abb. 5.15: Geplante Veränderungen in der Personalstruktur	94
Abb. 5.16: Anteile der zugekauften EuK-Leistungen	94
Abb. 5.17: Kompetenzbereiche	94
Abb. 5.18: Beispiel einer Wissenstreppe in der Produktentwicklung	95
Abb. 5.19: Drei Gestaltungsebenen des Wissensmanagements	97
Abb. 5.20: „Schaden durch Produktpiraterie im Maschinen- und Anlagenbau nach Unternehmensgröße im Vergleich“ (N106)	98
Abb. 6.1: Vereinfachte generische Rückkopplungen der Innovationsdiffusion einschließlich Wettbewerber	102
Abb. 6.2: Branchenmodell der Technologieleistung mit dem hervorgehobenen Loop der Entwicklungspolitik	104
Abb. 6.3: Generische Systemstruktur preisliche Wettbewerbsfähigkeit I	105
Abb. 6.4: Generische Systemstruktur preisliche Wettbewerbsfähigkeit II	105
Abb. 6.5: Inno_LOOP Modell des Unternehmensumfelds	106
Abb. 6.6: Legende für die Layout-Codierung im Simulationsmodell Inno_SIM	108
Abb. 6.7: Einflussfaktoren auf die Marktdiffusion der Innovation	109
Abb. 6.8: Zeit, Preis, Qualität und Technologieleistung als Einflussfaktor auf die Akquisewahrscheinlichkeit im Marktrisikomodul	111
Abb. 6.9: Marktmodell Inno_SIM	112
Abb. 6.10: Generische Simulationsstruktur des ‚Rework Cycle‘ adaptiert durch Lyneis & Ford in Anlehnung an Cooper und die vereinfachte Kausalstruktur	114
Abb. 6.11: Vereinfachte generische Systemstruktur der Qualität und die Umsetzung im Modell Inno_SIM	116
Abb. 6.12: Vereinfachte generische Systemstruktur der Entstehung von Fehlerkosten und die Umsetzung im Modell Inno_SIM	117
Abb. 6.13: Inno_LOOP-Modell der Qualität,	118
Abb. 6.14: Produktanteile nach Produktalter (Mittelwert) in Prozent,	120
Abb. 6.15: Vereinfachte generische Systemstruktur der Entwicklungszeit und die Ergänzung im Modell Inno_LOOP	122
Abb. 6.16: Vereinfachte generische Systemstruktur der internen Kapazitätserweiterung und die Umsetzung im Modell Inno_LOOP	124
Abb. 6.17: Vereinfachte generische Systemstruktur der externen Kapazitätserweiterung und die Umsetzung im Modell Inno_LOOP	127
Abb. 6.18: FuE-Personal absolut; Anteil an den Beschäftigten in Prozent	129
Abb. 6.19: Beispiel für ein Funktionendiagramm mit Aufwandschätzung	130

Abb. 6.20: Vereinfachte generische Systemstruktur der Erfahrung und Fähigkeiten	130
Abb. 6.21: Vereinfachte Abbildung der Flow-Struktur verfügbarer Mitarbeiter im Personalsektor Inno_SIM	131
Abb. 6.22: Vereinfachte generische Systemstruktur der Einstellungen und Qualitätsabweichungen.....	131
Abb. 6.23: Wissensgewinn durch Forschung und Entwicklung	132
Abb. 6.24: „Schwerpunkte der Personalentwicklung in Prozent der Meldungen“	133
Abb. 6.25: Erweiterte Flow-Struktur verfügbarer Mitarbeiter im Personalsektor Inno_SIM...	134
Abb. 6.26: Vereinfachte generische Systemstruktur der externen Kompetenzentwicklung	135
Abb. 6.27: Inno_LOOP Modell der Qualifikation	136
Abb. 6.28: Lebenszyklus Wissen	136
Abb. 6.29: Generische Systemstruktur dynamisch komplizierter Interaktionen durch Informationsaustauschsysteme	138
Abb. 6.30: Balanced Loop KnowHow Abfluss durch Reverse Engineering	139
Abb. 6.31: Sichtbarkeit von Wissen - Explizites und implizites Wissen	140
Abb. 6.32: Generische Systemstruktur des kapazitativen Einflusses der Fluktuation	141
Abb. 6.33: Wissenszufluss bei Kooperationspartnern.....	143
Abb. 6.34: Maximal transferierbares Wissen an die Konkurrenz über Externe Mitarbeiter.....	143
Abb. 6.35: Balanced Loop KnowHow-Abfluss Intern und Extern	144
Abb. 6.36: Systemdynamisches Wirkungsmodell zur Beurteilung von Innovationsrisiken (Inno_LOOP).....	146
Abb. 6.37: Innovationsrisiken und deren Interdependenzen in Inno_SIM	147
Abb. 7.1: Testmatrix Inno_MOD.....	153
Abb. 7.2: „Training on the Job“-Struktur im Modell Inno_SIM vor Validierung	157
Abb. 7.3: „Training on the Job“-Struktur im Modell Inno_SIM nach Validierung	158
Abb. 7.4: Simulationsergebnis des generischen „Rework Cycles“	160
Abb. 7.5: Simulationsergebnis des Rework Cycles Intern im Modell Inno_SIM.....	161
Abb. 7.6: Modellverhalten des Referenzmodells und des Modellsektors Markt im Modell Inno_SIM.....	161
Abb. 7.7: Frage 12 in der Kennzahlenübersicht Studie Entwicklung und Konstruktion	163
Abb. 7.8: Problematische Variable: Converter „Vollwissenschaftleräquivalent“	165
Abb. 7.9: Problemlösung: Originäres Rework Model hat keine Umwandlung von Rookies in Vollwissenschaftleräquivalente	165
Abb. 7.10: Verhaltensanomalietest im Kompetenzsektor	167
Abb. 7.11: Modellstruktur der Verhaltensanomalietest im Kompetenzsektor	167
Abb. 7.12: Ergebnisübersicht Testmatrix Inno_MOD.....	170
Abb. 8.1: Übersicht über die Projektphasen und dazugehörigen Risikoanalyseverfahren.....	175
Abb. 8.2: Beispiel für die Darstellung von Einzelrisiken mittels Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß	176
Abb. 8.3: Beispiel einer Risikomatrix für Innovationsrisiken.....	176
Abb. 8.4: Wirkungszusammenhänge zwischen den Sektoren im „Basisszenario Plan“	180

Abb. 8.5: Entwicklung der Personalkapazität im Personalsektor im ‚Basisszenario Plan‘	183
Abb. 8.6: Entwicklung der Qualität im Entwicklungs- und Konstruktionssektor im ‚Basisszenario Plan‘	185
Abb. 8.7: Entwicklung der Qualität in der fremdvergebenen Entwicklungsleistung innerhalb der ersten drei Monate im ‚Basisszenario Plan‘	185
Abb. 8.8: Der Einsatz von qualitativen und quantitativen Kennzahlen in Abhängigkeit des Entwicklungsfortschritts	186
Abb. 8.9: Entwicklung der Technologieleistung im Entwicklungs- und Konstruktionssektor im ‚Basisszenario Plan‘	186
Abb. 8.10: Entwicklung der Technologieleistung im Entwicklungs- und Konstruktionssektor differenziert nach intern und extern sowie fehlerhafte und erledigte Aufgaben im ‚Basisszenario Plan‘	187
Abb. 8.11: Entwicklung der anteiligen Personal- und Sachkosten für Entwicklungs- und Konstruktionsaktivitäten im ‚Basisszenario Plan‘	190
Abb. 8.12: Entwicklung der Gesamtkosten differenziert nach Entwicklungs- und Konstruktions- und sonstigen Innovationskosten im ‚Basisszenario Plan‘ (in Tausend Euro).....	191
Abb. 8.13: Entwicklung der Gesamtkosten im ‚Basisszenario Plan‘	191
Abb. 8.14: Zeitpunkt Markteinführung im ‚Basisszenario Plan‘	193
Abb. 8.15: Entwicklung des Kundenstamms auf dem Markt im ‚Basisszenario Plan‘	195
Abb. 8.16: Wirkungszusammenhänge zwischen den Sektoren im ‚Basisszenario System‘	196
Abb. 8.17: Gesamtentwicklung des Personalsektors im ‚Basisszenario System‘	198
Abb. 8.18: Nebeneffekte als systeminhärente Risikoursachen	199
Abb. 8.19: Entwicklung der Personalkapazität Experten in Weiterbildung im Personalsektor im ‚Basisszenario System‘	199
Abb. 8.20: Entwicklung der Stellenausschreibungen und Neueinstellungen im Personalsektor im ‚Basisszenario System‘	200
Abb. 8.21: Entwicklung Final verfügbare Mitarbeiter im Personalsektor im ‚Basisszenario System‘	200
Abb. 8.22: Entwicklung der durchschnittlichen Produktivität im Personalsektor im ‚Basisszenario System‘	201
Abb. 8.23: Entwicklung des Kundenstamms auf dem Markt im ‚Basisszenario System‘	201
Abb. 8.24: Risikomatrix des Basisszenarios ‚Plan‘ vs. ‚System‘	202
Abb. 8.25: Interdependente Systemrisiken im ‚Basisszenario System‘	202
Abb. 8.26: Entwicklung der Personalkapazität im Personalsektor im ‚Risikoszenario Plan‘ ...	206
Abb. 8.27: Entwicklung der Personalkapazität ausgeschriebene Stellen und Rookies im Personalsektor im ‚Risikoszenario System‘	207
Abb. 8.28: Gesamtentwicklung des Personalsektors im ‚Risikoszenario System‘	208
Abb. 8.29: Risikomatrix des Risikoszenarios Fachkräftemangel ‚Plan‘ und ‚System‘	211
Abb. 8.30: Entwicklung der systeminhärenten Risiken	212
Abb. 8.31: Wirkungszusammenhänge im ‚RSE‘	214
Abb. 8.32: Entwicklung des Risikos Qualität im Entwicklungs- und Konstruktionssektor im ‚RSE‘	217

Abb. 8.33: Entwicklung des Risikos Technologieleistung im Entwicklungs- und Konstruktionssektor im ‚RSE‘	217
Abb. 8.34: Entwicklung des Kundenstamms auf dem Markt im ‚RSE‘	219
Abb. 8.35: Entwicklung des Wissens der Experten im Kompetenzsektor im ‚RSEK‘	223
Abb. 8.36: Entwicklung des Wissens über die Innovation bei der Konkurrenz im ‚RSEK‘	223
Abb. 8.37: Kundenentwicklung Wissen und Technologieleistung im ‚RSEK‘	226
Abb. 8.38: Risikomatrix ‚RSEK‘	229
Abb. 9.1: Methodenanforderungsprofil.....	235
Abb. 9.2: Weiterentwicklungspotentiale von Inno_SIM.....	237
Abb. 10.1: Methoden und Instrumente in der Risikoidentifikation.....	239
Abb. 10.2: Risikomaße in der Risikobewertung	239
Abb. 10.3: Methoden und Instrumente in der Risikobewertung nicht quantifizierbarer Risiken	240
Abb. 10.4: Methoden und Instrumente in der Risikobewertung quantifizierbarer Risiken	241
Abb. 10.5: Methoden und Instrumente in der Risikoaggregation	242
Abb. 10.6: Methoden und Instrumente in der Risikosteuerung	243
Abb. 10.7: Methoden und Instrumente in der Risikokontrolle und im Risikoreporting	244
Abb. 10.8: Beispiel für ein Funktionendiagramm mit Aufwandschätzung.....	246
Abb. 10.9: Beispiel für einen vernetzten Balkenplan.....	246
Abb. 10.10: FuE-Aufwendungen nach Finanzierungsquelle - Gesamtaufwendungen differenziert nach Inland und Ausland.....	247
Abb. 10.11: Sechs Ansätze zur Design-Iteration	248
Abb. 10.12: Feedbackstrukturen zur Einflussnahme auf die Zielerreichung	249
Abb. 10.13: Projektschalter Fertigstellungsgrad im Modell Inno_SIM	249
Abb. 10.14: Projektschalter Zeit im Modell Inno_SIM	250
Abb. 10.15: Potenzielle Bearbeitungszeit im Modell Inno_SIM	250
Abb. 10.16: Ausstehende FuE Aufgaben Intern und Extern im Modell Inno_SIM	251
Abb. 10.17: ‚Rework Cycle‘ Intern im Modell Inno_SIM	251
Abb. 10.18: Vereinfachte Darstellung des Entwicklungs- und Konstruktionssektors Intern mit einem Beispiel für eine Planungsannahme, ein Risiko, eine Managemententscheidung und einen Nebeneffekt	252
Abb. 10.19: ‚Rework Cycle‘ Extern im Modell Inno_SIM	253
Abb. 10.20: Projektdeadline zur Ermittlung des Personalbedarfs im Personalsektor im Modell Inno_SIM	254
Abb. 10.21: Deadlineschalter zur Abbildung der Intoleranz weiterer Terminverschiebungen im Sektor Entwicklung und Konstruktion im Modell Inno_SIM	254
Abb. 10.22: Berechnung Personalbedarf in Abhängigkeit der Aufwandschätzung im Modell Inno_SIM	255
Abb. 10.23: Flow-Struktur verfügbarer Mitarbeiter mit dem Risiko Stellenbesetzungsdauer (Fachkräftemangel) im Modell Inno_SIM.....	256
Abb. 10.24: Produktivität der Entwicklungskapazitäten im Modell Inno_SIM.....	257

Abb. 10.25: "Simple Balanced Scorecard – Learning & Growth Perspective"	258
Abb. 10.26: "Simple Balanced Scorecard – Learning & Growth Perspective" – Bestand Total Knowledge	258
Abb. 10.27: "Simple Balanced Scorecard – Learning & Growth Perspective" – Wissensgewinn	259
Abb. 10.28: Wissensgewinn durch Weiterbildung im Modell Inno_SIM	259
Abb. 10.29: Wissensgewinn durch Zukauf und Kooperationen im Modell Inno_SIM	260
Abb. 10.30: Maximal transferierbares neues Gesamtwissen im Produkt im Modell Inno_SIM	260
Abb. 10.31: Abfluss von (implizitem) Wissen durch Fluktuation im Modell Inno_SIM	261
Abb. 10.32: Wissenstransfer durch Fluktuation im Modell Inno_SIM	261
Abb. 10.33: Wissenstransfer durch externe Mitarbeiter im Modell Inno_SIM	262
Abb. 10.34: Wissenstransfer durch Reverse Engineering im Modell Inno_SIM	263
Abb. 10.35: Wissensalterung bei der Konkurrenz im Modell Inno_SIM	263
Abb. 10.36: Wissensvorsprung im Modell Inno_SIM	264
Abb. 10.37: Relativer Wissensindex im Modell Inno_SIM	264
Abb. 10.38: Personalaufwendungen FuE im Modell Inno_SIM	265
Abb. 10.39: Kumulative Sach- und Investitionskosten FuE im Modell Inno_SIM	265
Abb. 10.40: Kumulative Kosten externe FuE im Modell Inno_SIM	266
Abb. 10.41: Sonstige Kosten der Innovation im Modell Inno_SIM	266
Abb. 10.42: Tatsächlich erwirtschaftete Marge im Modell Inno_SIM	267
Abb. 10.43: Kosten der Produktpiraterie im Modell Inno_SIM	267

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Anforderungsprofil zur Methodenevaluation im Risikomanagementprozess.....	16
Tab. 3.1: Kategorisierung von Unsicherheiten.....	29
Tab. 3.2: Gängige Definitionen des Risikos i. e. S.	30
Tab. 3.3: Gängige Definitionen des Risikos i. w. S.	32
Tab. 3.4: Gängige Definitionen des Risikomanagements	35
Tab. 3.5: Auszug aus einer Nutzwertanalyse	46
Tab. 3.6: Anonymisierte Risikocheckliste eines Maschinen- und Anlagenbauers zur Projektbeurteilung.....	48
Tab. 3.7: “Wie haben sich die Plagiateure das notwendige Wissen beschafft (Einschätzung) N = 239 Mehrfachnennungen möglich“	51
Tab. 4.1: Gegenüberstellung allgemeiner Merkmale technologischer Innovation mit denen der Branche	67
Tab. 5.1: Chancen- und Risiken von Neu- und Weiterentwicklungen.....	79
Tab. 5.2: Determinanten der Innovationsmerkmale im Maschinen- und Anlagenbau.....	100
Tab. 6.1: Größen im Kausal- und Flussdiagramm für den Rework	115
Tab. 7.1: Angewandte Validierungstests.....	152
Tab. 7.2: Anonymisierte Experten im Projekt Inno_MOD	156
Tab. 7.3: Übersicht über die Ergebnisse des Extrembedingungstests	166
Tab. 7.4: Differenzierungsmöglichkeiten bei den Kennzahlen	169
Tab. 7.5: Übersicht über die Realwelt- und Szenarioentwicklung von Mitarbeitern, Durchlaufzeit und Marge.....	171
Tab. 8.1: Kurzübersicht Basisszenario	174
Tab. 8.2: Ergebnistabelle zur Darstellung der mehrdimensionalen Risikoentwicklung	177
Tab. 8.3: „Welche Projektrisiken sind am größten / kleinsten“	179
Tab. 8.4: „Benotungstabelle zur Projektbeurteilung“	179
Tab. 8.5: Kombination Risikoprioritäten und Nutzwert als Indikator für die Eintrittswahrscheinlichkeit	180
Tab. 8.6: Parametrisierung des Personalsektors im ‚Basisszenario Plan‘	182
Tab. 8.7: Parametrisierung des Entwicklungs- und Konstruktionssektors im ‚Basisszenario Plan‘	184
Tab. 8.8: Parametrisierung des Kostensektors im ‚Basisszenario Plan‘	190
Tab. 8.9: Parametrisierung des Kompetenzsektors im ‚Basisszenario Plan‘	192
Tab. 8.10: Parametrisierung des Marktsektors im ‚Basisszenario Plan‘	194
Tab. 8.11: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom ‚Basisszenario Plan‘	196
Tab. 8.12: Parametrisierung des Personalsektors im ‚Basisszenario System‘	198
Tab. 8.13: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom ‚Basisszenario System‘	204

Tab. 8.14: Kurzübersicht ‚Risikoszenario Plan‘	205
Tab. 8.15: Parametrisierung des Personalsektors im ‚Risikoszenario Plan‘	205
Tab. 8.16: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom ‚Risikoszenario Plan‘	207
Tab. 8.17: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom ‚Risikoszenario System‘ ...	209
Tab. 8.18: Übersicht über die Risikoentwicklung auf Basis der Kostenbetrachtung im Basis- und Risikoszenario	210
Tab. 8.19: Übersicht über die Risikoentwicklung auf Basis des Kundenstamms in den Basis- und Risikoszenarien	213
Tab. 8.20: Kurzübersicht ‚RSE‘	214
Tab. 8.21: Ergänzende Parametrisierung des Personalsektors im ‚Risikoszenario System – Erweitert‘	215
Tab. 8.22: Ergänzende Parametrisierung des Entwicklungs- und Konstruktionssektors im ‚RSE‘	215
Tab. 8.23: Ergänzende Parametrisierung des Kostensektors im ‚RSE‘	216
Tab. 8.24: Ergänzende Parametrisierung des Marktsektors im ‚RSE‘	216
Tab. 8.25: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom Risikoszenario und ‚Risikoszenario System - Erweitert‘	218
Tab. 8.26: Übersicht über die Risikoentwicklung auf Basis des Kundenstamms in den Risiko- und erweiterten Risikoszenarien	219
Tab. 8.27: Kurzübersicht Risikoszenario ‚RSEK‘	221
Tab. 8.28: Parametrisierung des Kompetenzsektors im ‚RSEK‘	222
Tab. 8.29: Ergänzende Parametrisierung des Marktsektors im ‚RSEK‘	224
Tab. 8.30: Übersicht über die Risikoentwicklung ausgehend vom ‚Risikoszenario System‘ im ‚RSEK‘	225
Tab. 8.31: Übersicht über die Delta-Risikoentwicklung auf Basis des Kundenstamms in den ‚Risikoszenarien System‘	226
Tab. 8.32: Zusammenfassende Übersicht über die Delta-Risikoentwicklung	228
Tab. 10.1: Übersicht über verschiedene Simulationsverfahren und deren Eignung für die Komplexitätserfassung	238
Tab. 10.2: Auszug aus einer Risikocheckliste	245
Tab. 10.3: Größen im Kausal- und Flussdiagramm für den Rework	253
Tab. 10.4: Realitätsnähe der Parameter im Personalsektor (Teil I)	284
Tab. 10.5: Realitätsnähe der Parameter im Personalsektor (Teil II)	285
Tab. 10.6: Realitätsnähe der Parameter im Kompetenzsektor	286
Tab. 10.7: Realitätsnähe der Parameter im Kostensektor	287
Tab. 10.8: Realitätsnähe der Parameter im Entwicklungs- und Konstruktionssektor (Teil I) ...	288
Tab. 10.9: Realitätsnähe der Parameter im Entwicklungs- und Konstruktionssektor (Teil II) .	289
Tab. 10.10: Realitätsnähe der Parameter im Markt	290

Tab. 10.11: Eintrittswahrscheinlichkeit im ‚Basisszenario Plan‘	291
Tab. 10.12: Eintrittswahrscheinlichkeit im ‚Basisszenario System‘	292
Tab. 10.13: Eintrittswahrscheinlichkeit im ‚Risikoszenario Plan‘	292
Tab. 10.14: Eintrittswahrscheinlichkeit im ‚Risikoszenario System‘	293

Abkürzungsverzeichnis

AW	Akquisewahrscheinlichkeit
B	Balancing Loop (Kompensationsfeedbackschleife)
BilReG	Bilanzrechtsreformgesetz
BS	Basisszenario
BSS	Basisszenario System
c	constant (Konstante / Hilfsvariable)
CLD	Causal Loop Diagram (Kausalschleifendiagramm)
DIN	Deutsche Industrie Norm
DS	Durchschnitt
dt	delta time (Zeit Delta)
EuK	Entwicklung und Konstruktion
f	flow (Fluss)
FBL	feedback loop (Rückkopplungsschleife)
FPY	First-Pass-Yield
F&E / FuE	Forschung & Entwicklung
FuI	Forschung und Innovation
FTF	Forschungsteilfrage
FZ	Forschungsziel
HR	Human Resource (Personal)
IDW	Institut der Wirtschaftsprüfer
i. e. S.	im engeren Sinne
IfM	Institut für Mittelstandsforschung
Inno_LOOP	Systeminterdependenzen und Risikoverhalten von Innovationsrisiken_Kausaldiagramm
Inno_MOD	Synonym für Inno_LOOP und Inno_SIM
Inno_SIM	Systeminterdependenzen und Risikoverhalten von Innovationsrisiken_Simulationsmodell
IPOO	Input Process Output Outcome
ISO	Internationale Organisation für Standardisierung
i. w. S.	im weiteren Sinne
KapCoRiLiG	Kapitalgesellschaften- und Co-Richtliniengesetz
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KO	Kosten
Konk	Konkurrenz
KonTraG	Kontrolle und Transparenzgesetz im Unternehmensbereich
KWG	Kreditwesengesetz
MA	Mitarbeiter
MIKA	Mitlaufenden Kalkulation
MwSt	Mehrwertsteuer
o (-)	opposite direction (gegengerichtete Beziehung)
o.V.	ohne Verfasser
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PLC	Produktlebenszyklus
PP	Produktpiraterie
PS	Prüfungsstandard

QM	Qualitätsmanagement
R	Reinforcing Loop (Verstärkungsfeedbackschleife)
RE	Reverse Engineering
RS	Risikoszenario
RSE	Risikoszenario System - Erweitert
RSEK	Risikoszenario System - Erweitert Kompetenz
RSS	Risikoszenario System
S	stock (Bestand)
s (+)	same direction (gleichgerichtete Beziehung)
SD	System Dynamics
t	time (Zeit)
TTM	Time to Market
U	Unternehmen
VaR	Value at Risk
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VHB	Verband der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft e. V.
VUCA	volatility (Volatilität), uncertainty (Unsicherheit), complexity (Komplexität), ambiguity (Unklarheit)
WV	Wissensvorsprung
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

1 Kurzfassungen

1.1 Kurzzusammenfassung

Unternehmen agieren in einem Umfeld, das durch zunehmend komplexere Rahmenbedingungen gekennzeichnet ist. Dynamiktreiber, wie die Entwicklung von Rohstoffpreisen, Wechselkursen, Gesetzen etc. erschweren eine gezielte Beeinflussung der Unternehmensumwelt. Die Abweichungen (Risiken) von Unternehmenszielen resultieren daher meist aus einer unabhängigen Betrachtung dieser Treiber oder deren Analyse in einem falschen Kontext. Gängige Instrumente im Risikomanagement erfassen derzeit die Kombination aus Vernetzung und Wirkung der Einflussfaktoren im Zeitverlauf nur ansatzweise oder zweidimensional. Doch nur wenn die wirklichen Strukturen (Kausalitäten) des Systems und die darin herrschenden Dynamiken und Wirkungen verstanden werden, kann eine gezielte und proaktive Beeinflussung an den richtigen Stellen erfolgen.

Das Geschäftsmodell des Maschinen- und Anlagenbauers basiert auf der Entwicklung, Konstruktion und Produktion von Maschinen und kundenspezifischen technischen Anlagen, die mit hohen Investitionsvolumen verbunden sein können. Innovative Technologien schaffen hierbei Wettbewerbsfähigkeit und sichern die Zukunftsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus ab. Mit der Kernkompetenz im Bereich der Innovationsfähigkeit besitzt der Maschinen- und Anlagenbau einen komplexen Erfolgsfaktor und Wettbewerbsvorteil und damit verbunden aber auch ein komplexes Risikocluster. Dieser Herausforderung stellt sich die Branche nicht nur im nationalen, sondern auch internationalen Kontext.

Viele mittelständische Unternehmen setzen dafür standardisierte statische Risikomanagementmethoden ein. Die Verwendung dieser Methoden führt oft dazu, dass kritische Situationen zu spät erkannt werden oder diese nicht zum Verständnis von Problemmerkmalen und deren Interdependenzen beitragen und daher zu fehlerhaften Entscheidungen führen. Bereits durch die Modellierung von Ursache- und Wirkungsstrukturen der Innovationsrisiken kann eine gezielte Auseinandersetzung mit den Systemstrukturen und Verhaltensdynamiken von Risikonetzen erfolgen. Die Simulation ermöglicht eine zeitabhängige und somit eine dynamische Betrachtung des Risikoverhaltens und unterstützt den Risikomanager in der Entscheidungsfindung im Hinblick auf geeignetere Risikosteuerungsmaßnahmen.

Am Beispiel des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus wurde ein Simulationsmodell zur Risikoanalyse entwickelt, das die Wirkungen von Innovationsrisiken und deren Zusammenspiel im Zeitablauf erklärt. Ziel ist es, das Verständnis über dynamische Risikonetze und deren Interdependenzen zu verbessern, um dadurch die Wettbewerbsposition in einem komplexen Marktumfeld zu stärken.¹

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Dissertation die männliche Form zur Personenbezeichnung verwendet. Gemeint ist jedoch stets sowohl die weibliche als auch die männliche Form.