Oliver Strangfeld

Die Vorteilhaftigkeit relativer Anreizschemata unter Berücksichtigung der Kollusionsgefahr

GABLER RESEARCH

Schriften des Center for Controlling
& Management (CCM)
Band 44

Herausgegeben von
Universitätsprofessor Dr. Dr. h.c. Jürgen Weber
WHU – Otto Beisheim School of Management, Vallendar

Die Schriftenreihe präsentiert Ergebnisse betriebswirtschaftlicher Forschung im Bereich Controlling und Führung. Sie basiert auf einer akteursorientierten Sicht des Controlling, in der die Rationalitätssicherung der Führung einen für die Theorie und Praxis zentralen Stellenwert einnimmt.

Oliver Strangfeld

Die Vorteilhaftigkeit relativer Anreizschemata unter Berücksichtigung der Kollusionsgefahr

Eine agentenbasierte Simulation

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Dr. h. c. Jürgen Weber

RESEARCH

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Dissertation WHU – Otto Beisheim School of Management, Vallendar, 2010

1. Auflage 2012

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2012

Lektorat: Marta Grabowski | Stefanie Loyal

Gabler Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.gabler.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-2872-6

Geleitwort

Die vorliegende Dissertation von *Strangfeld* ist eingebettet in einen Forschungsstrang am Institut, der sich mit der Anwendung der Forschungsmethode computerbasierter Simulation beschäftigt, speziell mit einer agentenbasierten Simulation, wie etwa learning classifier systems. Die erste Arbeit war die von *Langer* 2002; ihnen folgten die Arbeit von *Kunz* 2004, von *Riesenhuber* 2005, *Heine* 2006 und *Hufschlag* 2008. Wie letztere beiden ist auch die Arbeit von *Strangfeld* in ein striktes methodologisches Vorgehen eingebettet. Agentenbasierte Modellierung bietet den großen Vorteil, die kognitive Seite von Akteuren mit modellieren zu können; allerdings unterliegt sie durch ihre im Vergleich zu neo-klassischer oder institutionenökonomischer Modellierung größere Offenheit der Gefahr eines „anything goes“. Insofern ist es strikt erforderlich oder zumindest in hohem Maße angeraten, bei der Begründung der gewählten Modellierung hohe Präzision und Sorgfalt walten zu lassen. Dieses erscheint am ehesten dann möglich, wenn als Bezugspunkt eine neo-klassische oder institutionenökonomische Formulierung des Problems verwendet wird, die einen Referenzstatus für die agentenbasierte Modellierung ebenso besitzt, wie deren Aussagegrenzen das Simulationsmodell motivieren. Exakt diesen Weg wählt auch die vorliegende Arbeit.

Strangfeld widmet sich einem Problem, dem (zumindest) in der Volkswirtschaftslehre unter dem Stichwort Kartellbildung schon lange eine wichtige Bedeutung zugemessen wird. Die Aufhebung von Marktkräften durch Absprachen findet seine Entsprechung innerhalb des Unternehmenskontextes dann, wenn zur Motivation unterschiedlicher Manager relative, auf das Verhältnis deren individueller Leistung bezogene Anreizschemata gestaltet werden. Solche Anreizschemata erfreuen sich in der Unternehmenspraxis – etwa im Kontext des „Beyond Budgeting“-Ansatzes – aktuell hoher Aufmerksamkeit und werden in der Prinzipal-Agenten-Theorie seit längerer Zeit sehr umfangreich diskutiert, ebenso wie die Frage, ob solche relativen Anreize durch die Möglichkeit von Absprachen zwischen den Agenten ausgehöhlt werden können. Letztere spezifische potenzielle Kollusionsproblematik wurde auch empirisch, von Experimenten bis zu großzahligen Erhebungen, erforscht. Die bisher vorliegenden Lösungsansätze sind aber nicht geeignet, das betrachtete Kollusionsphänomen bei relativen Anreizschemata in seiner erheblichen Breite zu berücksichtigen. Insbesondere ist unklar, unter welchen Bedingungen eine Kollusionsgefahr besteht und unter welchen nicht. Exakt an dieser Stelle setzt die vorliegende Dissertation an.

Es ist nicht die Aufgabe eines Geleitworts, den Inhalt einer Arbeit wiederzugeben – schließlich soll ja noch genügend Anreiz bestehen, diese intensiv zu studieren. Nur so viel sei vorweg genommen: Es gelingt *Strangfeld* nicht nur, die in der Literatur vorhandenen formal-analytisch ebenso wie empirisch gewonnenen bisherigen Ergebnisse zum Kollusionsphänomen in seinem Modell zu reproduzieren. Das Modell ist vielmehr darüber hinaus auch geeignet, die Wirkung der einzelnen Einflussgrößen im Zusammenhang zu betrachten. Dies erfolgt mit einer hohen Präzision und Sorgfalt ebenso wie mit bemerkenswerten didaktischem Geschick. Insofern ist der Arbeit ein großer Leserkreis zu wünschen, der damit angeregt würde, sich intensiver mit der agentenbasierten Simulation auseinanderzusetzen.

Prof. Dr. Dr. h.c. Jürgen Weber

Vorwort

„There is only one way to be perfect but many ways to be imperfect“ Helpman/Krugman (1989).

Relative Anreizschemata für Manager sind ein in der Unternehmenspraxis und der Wissenschaft seit längerem diskutiertes Thema. Sie bieten den Vorteil, dass sie vom Manager beeinflussbare Faktoren aus der Bewertung dessen Leistung herausfiltern und somit die von ihm geforderte Risikoprämie reduzieren. Allerdings besteht bei ihrer Anwendung das Risiko zu Absprachen der miteinander verglichenen Manager untereinander zu Ungunsten des Unternehmenseigentümers. Mit Hilfe der Prinzipal-Agenten-Theorie lässt sich die Fragestellung, ob der Einsatz relativer Anreizschemata für den Eigentümer vorteilhaft ist oder ob die Gefahr der Schädigung durch Absprachen dominiert, auf die Struktur eines Gefangenendilemmas reduzieren. Damit wäre die Teilnahme an Absprachen nachteilig für die Manager, und eine Schädigung des Unternehmenseigentümers wäre ausgeschlossen.

Empirische Untersuchungen zeigen aber, z. B. bei Kartellen, dass sehr wohl stabile Absprachen entstehen können. Eine Ursache für die Abweichung zwischen empirischer Beobachtung und Vorhersage auf Basis der Beschreibung mit Hilfe eines Gefangenendilemmas ist der hohe Abstraktionsgrad der verwendeten Modellierung. Bei ihren Entscheidungen verhalten sich Manager eben nicht, wie in der PA-Theorie angenommen, immer vollständig rational im Sinne einer Gewinnmaximierung. Für die Durchführung einer formalanalytischen Untersuchung auf Basis der PA-Theorie ist aber genau dies eine wesentliche Annahme, denn nicht im Sinne der Gewinnmaximierung rationale Verhaltensmuster lassen sich nur selten mit einem formalanalytischen Modell beschreiben.

Eine Möglichkeit, von der Maximierungslogik abweichendes Verhalten wissenschaftlich zu untersuchen, bieten Computersimulationen. Mit ihnen können recht einfach beliebige Verhaltensmuster jenseits einer einfachen Maximierungslogik modelliert und die Auswirkung unter ebenfalls nahezu frei wählbaren Rahmenbedingungen ermittelt werden. Diese hohe Flexibilität und Freiheit bei der Wahl der Rahmenbedingungen stellen zum einen eine große Stärke der Computersimulation dar, zum anderen birgt sie aber auch eine sehr große Gefahr. Werden die untersuchten Parameter oder die modellierten Rahmenbedingungen nicht mit engem Bezug zu empirischen Beobachtungen festgelegt, lassen sich die Ergebnisse ebenfalls kaum mit empirischen Untersuchungen vergleichen und besitzen damit wenig wissenschaftliche Aussagekraft.

Wie die einer Computersimulation zu Grunde liegenden Parameter und Rahmenbedingungen systematisch aus empirischen Untersuchungen abgeleitet werden können, ist bisher kaum systematisch untersucht worden. Diese methodische Lücke möchte die Arbeit schließen, indem sie am Beispiel der Kollusionsproblematik relativer Anreizschemata zeigt, wie mit Hilfe des Konzepts der Stylized Facts von Kaldor systematisch die Rahmenbedingungen für eine Computersimulation abgeleitet werden können und wie sich darauf aufbauend ein Simulationsmodell entwickeln lässt.

Die Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Controlling und Unternehmensteuerung sowie am Center for Controlling & Management der WHU – Otto Beisheim School of Management und wurde im Dezember 2010 als Dissertation angenommen.

Besonders herzlich danke ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Jürgen Weber. Seiner großen Offenheit und seiner Geduld ist es zu verdanken, dass die Arbeit entstehen konnte und auch abgeschlossen wurde. Ich danke auch Herrn Prof. Dr. Peter Witt für die Übernahme des Zweitgutachtens, seine Anregungen und die investierte Zeit.

Bei den zahlreichen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl und am Center für Controlling und Management bedanke ich mich für die vielen wertvollen Anregungen, insbesondere aber für eine sehr schöne Zeit. Mein Dank gilt insbesondere „meinem“ CCM Team, Prof. Dr. Bernhard Hirsch, Dr. Anne Schüller, Dr. Dennis Spillecke und Dr. Sven Schaier. Gleiches gilt für die Vorgänger Dr. Klaus Hufschlag, Dr. Guido Pieroth und Dr. Mascha Sorg. Darüber hinaus gilt mein Dank Beata Kobylarz-Winn und Fotini Noutsia, die mich bei allen kleinen und großen Problemen äußerst tatkräftig unterstützt haben.

Der Arbeitsgruppe Simulation mit Dr. Bernd-Oliver Heine und Prof. Dr. Mathias Meyer danke ich herzlich dafür, dass sie mich als Physiker geduldig bei der Ergründung der vielschichtigen Theorien der Wirtschaftswissenschaften in zahlreichen und oft langen Diskussionen mit großem Engagement unterstützt haben.

Schließlich gilt mein tiefer Dank meinen Eltern und meiner Familie. Durch ihre stete Unterstützung und Förderung, insbesondere dabei Dinge zu hinterfragen und eigene Wege jenseits des Üblichen zugehen, haben meine Eltern Christa und Peter Strangfeld den Grundstein für mein wissenschaftliches Interesse gelegt. Ohne unsere Kinder Frederik, Nele, Finja und Mats wäre die Arbeit wahrscheinlich ein wenig früher fertig geworden, mein Leben aber unermesslich ärmer. Während der gesamten Zeit brachte meine Frau Anke nicht nur sehr viel Verständnis für mich auf, sondern unterstützte und ermutigte mich immer wieder, insbesondere gegen Ende der Fertigstellung der Arbeit. Daher widme ich diese Arbeit ihr.

Oliver Strangfeld

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort.....	V
Vorwort	VII
Inhaltsverzeichnis.....	IX
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis.....	XIX
1 Einführung.....	1
1.1 Einordnung von Anreizschemata und Charakterisierung vorhandener Veröffentlichungen	2
1.2 Abgrenzung der untersuchten Aspekte von Anreizschemata	8
1.3 Charakterisierung relativer Anreizschemata.....	9
1.4 Zielsetzung der Arbeit auf Basis der Analyse relevanter Veröffentlichungen	12
1.5 Vorgehen und Struktur der Arbeit	14
2 Modellierung von Delegationsbeziehungen	17
2.1 Die normative Prinzipal-Agent-Theorie	17
2.2 Ein einfaches Prinzipal-Agent-Modell	18
2.3 Vereinfachte Nutzenfunktionen: Das LEN-Modell	22
2.4 Auswirkung unbeobachtbarer Handlungen und Informationsasymmetrie in Verbindung mit risikoscheuen Agenten.....	24
2.5 Relative Anreizverträge als Mittel zur Reduktion von Agency-Kosten	26
2.6 Delegationsbeziehung mit mehreren Agenten: Multivariates LEN-Modell	28
2.7 Auswirkung relativer Anreizschemata am Beispiel des Zwei-Agenten-Falles auf Basis eines LEN-Modells	32
2.8 Individuelle und kollektive Optimierung.....	33
2.9 Zwischenfazit	43
3 Ausarbeitung des Konzepts der Stylized Facts	45
3.1 Vorstellung des Stylized-Facts-Konzepts	46

3.2	Anwendungsmöglichkeiten.....	50
3.3	Vorgehen bei der Bestimmung von Stylized Facts.....	53
3.4	Beispielhafte Ausgestaltung der Anwendungsmöglichkeiten des Konzepts	62
4	Bestimmung der Stylized Facts von Kollusion.....	69
4.1	Begriffsdefinition.....	69
4.2	Isolation des Stylized Fact Gruppengröße	76
4.3	Isolation des Stylized Fact Umfeld	78
4.4	Isolation des Stylized Fact Gewinn.....	83
4.5	Isolation des Stylized Fact Zeithorizont	85
4.6	Isolation des Stylized Fact konstante Gruppenzusammensetzung.....	87
4.7	Isolation des Stylized Fact Bestrafung.....	89
4.8	Analyse keinem Stylized Fact zugeordneter Aussagen	91
5	Anwendung des Konzepts zum Vergleich vorhandener Modelle.....	95
5.1	Analyse des Modells von Budde/Göx/Luhmer (1998).....	96
5.3	Analyse des Modells von Krapp (2000b)	102
5.4	Analyse des Modells von Deliano (2000).....	107
5.5	Vergleich des Erklärungsgehalts der Modelle	111
5.7	Zwischenfazit.....	118
6	Aufbau des Simulationsmodells.....	119
6.1	Computersimulation als Untersuchungsmethode	120
6.2	Logischer Aufbau des Simulationsmodells	125
6.4	Qualitätssicherung der Modellergebnisse	144
6.5	Reliabilität der Ergebnisse	146
6.6	Validierung der Ergebnisse.....	155
6.7	Zwischenfazit.....	156
7	Auswertung der Simulationsexperimente.....	159
7.1	Stylized Fact Umfeld und Gewinn.....	160
7.2	Stylized Fact Bestrafung.....	180
7.3	Stylized Fact Zeithorizont.....	188

7.4	Stylized Fact Gruppenzusammensetzung	191
7.5	Stylized Fact Gruppengröße	193
7.6	Zwischenfazit	196
8	Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick	199
8.1	Zusammenfassung und Einordnung der Ergebnisse	199
8.2	Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Unternehmenspraxis	202
8.3	Weiterführende Fragestellungen	203
Anhang A: Stylized Facts Ableitung.....		205
Aussagen Stylized Fact Gruppengröße		205
Anhang B: Konfidenztabelle		247
Literaturverzeichnis.....		249

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Koordinationsbedarfe in Anlehnung an Ewert/Wagenhofer (2008).....	3
Abbildung 2:	Struktur der Arbeit.....	16
Abbildung 3:	Fünfstufiges Prinzipal-Agent-Modell.....	21
Abbildung 4:	Kontinuierlicher Zusammenhang Anstrengung und Entlohnung.....	38
Abbildung 5:	Analyse der Nutzenfunktion des Prinzipals bei relativer Entlohnung.....	40
Abbildung 6:	Vorgehen bei der Ableitung von Stylized Facts.....	57
Abbildung 7:	Beispiel für die Identifikation von Aussagen zum betrachteten Phänomen	60
Abbildung 8:	Beispiel für die Gruppierung der Aussagen und Ableitung der Stylized Facts.....	61
Abbildung 9:	Modellvergleich mit Hilfe einer „Forschungslandschaft“	64
Abbildung 10:	Funktion der Stylized Facts beim Modellvergleich.....	66
Abbildung 11:	Terminologie der Schritte bei der Aggregation der Aussagen zur Kollusion	75
Abbildung 12:	Forschungslandschaft bestehender Modelle zur Kollusionsproblematik	112
Abbildung 13:	Illustration einer Begegnung zweier Agenten	126
Abbildung 14:	Kodierung einer Strategie zur Anwendung eines genetischen Algorithmus	129
Abbildung 15:	Illustration des Cross-over-Verfahrens.....	131
Abbildung 16:	Auswirkung der Variation von α , ρ und σ auf die Anreizstruktur der Agenten.....	138
Abbildung 17:	Die fünf Ebenen der Grobstruktur des Computerprogramms	139
Abbildung 18:	Realisierte Klassen mit Beispielen der implementierten Methoden.....	141
Abbildung 19:	Ergebnis zehn Programmläufe, 1.000 Generationen, zwei Agenten mit je 50 Strategien	147
Abbildung 20:	Ergebnis zehn Programmläufe, 250 Generationen, zwei Agenten mit je 26 Strategien	148
Abbildung 21:	Auswirkung der Variation der Mutationsrate auf den Anteil beidseitig kooperativen Verhaltens	149
Abbildung 22:	Auswirkung der Variation der Cross-over-Rate auf den Anteil beidseitig kooperativen Verhaltens	150
Abbildung 23:	Verteilung des Anteils beidseitig kooperativen Verhaltens für 100 Begegnungen mit jeweils 50 Spielen (für $\alpha = 0,9$; $\rho = 0,9$ $\sigma = 0,1$)	154
Abbildung 24:	Gegenüberstellung der Ergebnisse Axelrod und des Simulationsmodells dieser Arbeit.....	156

Abbildung 25:	Wahrscheinlichkeiten für Verhaltensformen in Abhängigkeit von σ mit α und p als Parameter	162
Abbildung 26:	Verlauf der Irrtumswahrscheinlichkeit (oben) und des Anteils des statistischen Nutzens (unten) jeweils in Abhängigkeit von σ für $\alpha = 0 \dots$	166
Abbildung 27:	Zustandekommen wechselseitig einseitig kooperativen Verhaltens	168
Abbildung 28:	Häufigkeit beidseitig kooperativen Verhaltens in Abhängigkeit der Wahl der Kooperationsschwelle	170
Abbildung 29:	Relative Häufigkeit der unterschiedlichen Verhaltensformen in Abhängigkeit von p	172
Abbildung 30:	Relative Häufigkeit der Verhaltensformen in Abhängigkeit von α	173
Abbildung 31:	NEW_{diff} für ausschließlich beidseitig nichtkooperatives Verhalten	176
Abbildung 32:	Beitrag der unterschiedlichen Verhaltensformen zum NEW_{rel} für $\alpha = 1$ und $p = 0,9$	178
Abbildung 33:	NEW_{diff} unter der Berücksichtigung kooperativen Verhaltens	179
Abbildung 34:	NEW_{diff} in Abhängigkeit von σ für unterschiedliche Werte von p	180
Abbildung 35:	Ausbildung von Kooperation durch Einwirken des genetischen Algorithmus	182
Abbildung 36:	Beispiele für Bestimmung des Kooperationshistorienindex einer Strategie	183
Abbildung 37:	Entwicklung Anteil beidseitig kooperativen Verhaltens innerhalb der ersten 50 Generationen	184
Abbildung 38:	Entwicklung nichtkooperativen Verhaltens in den ersten 50 Generationen	184
Abbildung 39:	Entwicklung der Wahrscheinlichkeit für nichtkooperatives Verhalten in Abhängigkeit des KHI und der Anzahl der Generationen	185
Abbildung 40:	Veränderung der Häufigkeitsverteilung des KHI mit steigendem σ	186
Abbildung 41:	Wahrscheinlichkeit für beidseitig kooperatives Verhalten in Abhängigkeit vom Diskontfaktor und σ als Parameter	189
Abbildung 42:	NEW_{diff} für $\alpha = 1$ und $p = 0,95$ in Abhängigkeit vom gewählten Diskontfaktor	190
Abbildung 43:	Einfluss der Stabilität der Gruppenzusammensetzung auf den Anteil beidseitig kooperativen Verhaltens für $\sigma = 0,05$	191
Abbildung 44:	NEW_{diff} für die Variation der Konstanz der Gruppenzusammensetzung in Abhängigkeit von σ	192
Abbildung 45:	Wahrscheinlichkeit einseitig kooperativen Verhaltens für die Variation der Gruppenstabilität in Abhängigkeit von σ	193
Abbildung 46:	Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der unterschiedlichen Verhaltensformen bei drei Agenten in Abhängigkeit von σ	194
Abbildung 47:	Nutzen der verschiedenen Verhaltensformen für den Prinzipal bei drei Agenten	195

Abbildung 48:	NEW _{rel} bei drei Agenten.....	196
Abbildung 49:	Vergleich der Ergebnisse des Simulationsmodells mit bestehenden Modellen.....	200

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Auswirkung des Verhaltens auf den realisierten Nutzen der Agenten.....	35
Tabelle 2:	Vergleich der Anstrengungsniveaus des Agenten	36
Tabelle 3:	Ergebnisse der Datenbanksuche – Verteilung der Artikel nach Suchbegriffen und Datenbanken	72
Tabelle 4:	Quellen der berücksichtigten Artikel.....	73
Tabelle 5:	Aussagen zum Stylized Fact Gruppengröße.....	77
Tabelle 6:	Aussagen zum Stylized Fact Umfeld.....	80
Tabelle 7:	Aussagen zum Stylized Fact Gewinn	84
Tabelle 8:	Aussagen zum Stylized Fact Zeithorizont.....	86
Tabelle 9:	Aussagen zum Stylized Fact Gruppenzusammensetzung	88
Tabelle 10:	Aussagen zum Stylized Fact Bestrafung	90
Tabelle 11:	Keinem Stylized Fact zugeordnete Aussagen	92
Tabelle 12:	Statistische Daten zu den Stylized Facts	93
Tabelle 13:	Modellanalyse Budde/Göx/Luhmer (1998).....	97
Tabelle 14:	Modellanalyse Kunz/Pfeiffer (1999) – Drohmodell.....	100
Tabelle 15:	Modellanalyse Kunz/Pfeiffer (1999) – Reputationsmodell.....	102
Tabelle 16:	Modellanalyse Krapp (2000b).....	105
Tabelle 17:	Modellanalyse Deliano (2000)	109
Tabelle 18:	Binomialverteilung für $n = 25$	247

Symbolverzeichnis

Symbol Bedeutung

A_1, A_2	Agent 1, Agent 2
A_i	Anstrengung des Agenten i
$\mathbf{D}$	Dispersionsmatrixoperator
$\exp()$	Exponentialfunktion von $()$
$E()$	Erwartungswert von $()$
$f(y x)$	Wahrscheinlichkeit mit der das Unternehmensergebnis y bei der Wahl des Anstrengungsniveaus x durch den Agenten erreicht wird
$G(s,x)$	Nutzenfunktion des Prinzipals
g	Fixer Grundlohn des Agenten
$\mathbf{g}$	Vektor des Grundlohns der Agenten
$H(s,x)$	Nutzenfunktion des Agenten
$\mathbf{i}$	$(n \times 1)$ -Einsvektor
$\mathbf{J}$	Einsmatrix
$\mathbf{l}()$	Vektor als lineare Funktion von zwei Vektoren
$l(x,\varepsilon)$	Lineare Funktion von x und ε
N_1, N_2	Nutzen Agent 1, Nutzen Agent 2
N_p	Nutzen des Prinzipals
N_{pret+}	Zusatznutzen der durch den Prinzipal bei Verwendung eines relativen Anreizschemas und kompetitiven Verhalten der Agenten realisiert wird
N_{pret-}	Schädigung des Prinzipal bei Verwendung eines relativen Anreizschemas und kollusiven Verhaltens der Agenten
NEW_{abs}	Nutzenerwartungswert bei Verwendung eines Anreizschemata ohne relative, d. h. nur mit absoluten Komponenten
NEW_{diff}	Differenz der Erwartungswerte des Prinzipals bei Verwendung eines relativen und eines absoluten Anreizsystems
NEW_{rel}	Nutzenerwartungswert des Prinzipals bei Verwendung eines relativen Anreizschemata
$\mathbf{p}$	Vektor des Lohns der Agenten
r	Vom Agent geforderter Reservationsnutzen

Symbol Bedeutung

R	$\frac{NEW_{rel} - NEW_{abs}}{\sigma_{rel}}$
r_p	Risikoprämie des Agenten
$s(y)$	Vertrag zwischen Prinzipal und Agent
$U(s)$	Monetäre Komponente der Nutzenfunktion des Agenten
$V(x)$	Einsatzkomponente der Nutzenfunktion des Agenten
$\mathbf{V}$	Quadratische Matrix zur Verknüpfung der Ergebnisse aller Agenten
$\mathbf{V}'$	Transponierte von $\mathbf{V}$
$Var()$	Varianz von ()
W	Vom Agenten unbeeinflussbare Größe, die Einfluss auf seinen Output besitzt
x	Anstrengungsniveau des Agenten
x_1, x_2	Anstrengungsniveau Agent 1, Anstrengungsniveau Agent 2
$\hat{x}$	Optimales Anstrengungsniveau des Agenten zur Maximierung seines Nutzen
$\hat{x}^i$	Optimales Anstrengung der Agenten bei individueller Optimierung
$\hat{x}^k$	Optimales Anstrengung der Agenten bei kollektiver Optimierung
$\hat{x}^g$	Anstrengungsniveau der Agenten dessen Überschreitung bei kollektiver Optimierung zur Schädigung der anderen Agenten führt
$\hat{x}^{fb}$	Optimales Anstrengungsniveau des Agenten im Falle der <i>first best</i> Lösung
$\hat{x}^{sb}$	Optimales Anstrengungsniveau der Agenten im Fall der <i>second best</i> Lösung
$\mathbf{x}$	Vektor der Anstrengungen der Agenten
$\mathbf{x}'$	Die zu x transponierte Matrix
y	Output der Arbeit des Agenten, entspricht im Ein-Agenten-Fall dem Firmenergebnis
$\mathbf{y}$	Vektor der Outputs der Arbeit der Agenten
$\mathbf{Y}$	Diagonalmatrix
α	Risikoaversion des Agenten
$\mathbf{\alpha}$	Vektor der Risikoaversion der Agenten
ε	Zufallsgröße
$\mathbf{\varepsilon}$	Vektor der Zufallsgrößen
ρ	Korrelationskoeffizient zwischen den Zufallsgrößen
Σ	Dispersionsmatrix

Symbol Bedeutung

Σ^{-1}	Inverse der Matrix Σ
σ	Wurzel aus der Varianz
σ_{rel}	Streuung des NEW_{rel}
v_y	Ergebnisabhängiger Anteil der Entlohnung des Agenten
v^{fb}	Wert first best Lösung
φ	Zielfunktion des Agenten
$\hat{\varphi}$	Maximum der Zielfunktion des Agenten
$\hat{\varphi}^i$	Maximum der Zielfunktion der Agenten bei individueller Optimierung
$\hat{\varphi}^k$	Maximum der Zielfunktion der Agenten bei kollektiver Optimierung
$\hat{\varphi}^{kk}$	Maximum der Zielfunktion des Agenten bei beidseitig kooperativem Verhalten
$\hat{\varphi}^{ii}$	Maximum der Zielfunktion des Agenten bei beidseitig nichtkooperativem Verhalten
$\hat{\varphi}^{fb}$	Maximum der Nutzenfunktion des Agenten für <i>first best</i> Lösung
Φ	Zielfunktion des Prinzipals
Φ^{fb}	Zielfunktion des Prinzipals unter der First-Best-Lösung
Ω	Matrix zur Verknüpfung der Vektoren der Anstrengungen der Agenten
Ω'	Transponierte von Ω
ω_{ij}	Elemente der Matrix Ω
χ^2	Maß für die Abweichung von zwei Verteilungen
$\mathcal{A}$	Diagonalisierungsoperator