Optimale Anreizverträge auf Basis nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen

Schriftliche Promotionsleistung
zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum politicarum

vorgelegt und angenommen an der
Fakultät für Wirtschaftswissenschaft
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Verfasser:	Tina Bensemann, M.Sc.
Geburtsdatum und –ort:	01.05.1978, Rüdersdorf
Arbeit eingereicht am:	16.02.2015

Gutachter der schriftlichen Promotionsleistung:
Prof. Dr. Barbara Schöndube-Pirchegger
Prof. Dr. Anne Chwolka

Datum der Disputation: 31.03.2016

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis IV
Abkürzungsverzeichnis V
Symbolverzeichnis VI
1 Einleitung 1
1.1 Begriffsklärung und Motivation 1
1.2 Zielsetzung 3
1.3 Aufbau der Arbeit 4
2 Grundlegende agencytheoretische Erkenntnisse bei ausschließlich verifizierbaren Beurteilungsgrößen 7
2.1 Einführender Überblick und Abgrenzung 7
2.1.1 Grundlagen der Prinzipal-Agenten-Theorie 7
2.1.2 Anwendungen der Prinzipal-Agenten-Theorie im Controlling 18
2.1.3 Neue Tendenzen in agencytheoretischen Untersuchungen 21
2.2 Agency-Modelle mit eindimensionalem Arbeitseinsatz 23
2.2.1 Grundmodell 23
2.2.2 Diskrete Variante des Grundmodells 28
2.2.3 LEN-Modell 38
2.2.4 „Informativeness"-Prinzip 48
2.2.5 Verzerrte Performancemessung 54
2.3 Agency-Modelle mit mehrdimensionalem Arbeitseinsatz 61
2.3.1 Multitask-Modell bei technologisch abhängigen Aktionen 61
2.3.2 Multitask-Modell bei technologisch unabhängigen Aktionen 68
3 Anreizverträge unter Einbezug nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen 82
3.1 Literaturüberblick und Abgrenzung 82
3.2 Langfristige Anreizverträge bei risikoneutralem Agenten 86
3.2.1 Kombination subjektiver und objektiver Beurteilungsgrößen in impliziten und expliziten Verträgen 86
3.2.2 Subjektive Beurteilungsgrößen als Teil einer Balanced Scorecard (BSC) 106
3.2.3 Hybrider Vertrag mit Ausstiegsklausel für den Prinzipal 122
3.3 Kurzfristige Anreizverträge bei risikoscheuem Agenten 130
3.4 Zwischenfazit 139
4 Nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen im LEN-Modell 149
4.1 Vorbemerkungen 149
4.2 Grundlegende Modellannahmen 150
4.3 Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages 160
4.3.1 Bestimmung des optimalen Vertrages 160
4.3.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages 165

4.4 Rückzugsposition Produktionseinstellung 173
4.4.1 Bestimmung des optimalen Vertrages 173
4.4.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages 176
4.5 Diskussion der Ergebnisse 192
5 Nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen im diskreten Modell 197
5.1 Vorbemerkungen 197
5.2 Grundlegende Modellannahmen 199
5.3 Perfekt präzise, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße 210
5.3.1 Bestimmung des optimalen Vertrages 210
5.3.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages 220
5.3.3 Zwischenfazit 235
5.4 Unpräzise, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße 239
5.5 Diskussion der Ergebnisse 259
6 Zusammenfassung 266
Anhang A 274
A.1 Herleitungen zu Abschnitt 2.2.5 274
A.2 Herleitungen zu Abschnitt 2.3.2 275
Anhang B 279
B.1 Herleitungen zu Abschnitt 3.2.1 279
B.2 Herleitungen zu Abschnitt 3.2.2 284
Anhang C 286
C.1 Herleitungen zu Abschnitt 4.2 286
C.2 Herleitungen zu Abschnitt 4.3.1 287
C.3 Herleitung zu Abschnitt 4.3.2 290
C.4 Herleitungen zu Abschnitt 4.4.1 291
C.5 Herleitungen zu Abschnitt 4.4.2 293
Anhang D 294
D.1 Herleitungen zu Abschnitt 5.3 294
D.2 Excel-Tabellen zu Abschnitt 5.4 303
Literaturverzeichnis 309

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Entlohnungen des optimalen Anreizvertrages sowie die erwarteten Entlohnungskosten E(s) für drei verschiedene Szenarien 137

Tabelle 3.2: Vergleich der modelltheoretischen Analysen von BGM (1994), Budde (2007, 2008) und RR (2009)........ 143

Tabelle 4.1: Darstellung der Fälle 1.1 (gem. (4.48)) und 2 (gem. (4.49)) zum Verhalten des optimalen hybriden Vertrages in Abhängigkeit der Varianz des verifizierbaren Maßes y bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung 182

Tabelle 4.2: Darstellung der Fälle 1.2 (gem. (4.48)) und 2 (gem. (4.49)) zum Verhalten des optimalen hybriden Vertrages in Abhängigkeit der Varianz des verifizierbaren Maßes y bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung 184

Tabelle 4.3: Auswirkungen des Diskontierungsfaktors $\boldsymbol{i}$ auf den optimalen hybriden Vertrag bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung 188

Tabelle 4.4: Einfluss der Varianz auf die Rückzugsposition des Prinzipals und den optimalen hybriden Anreizvertrag 190

Tabelle 5.1: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes 223

Tabelle 5.2: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes........ 229

Tabelle 5.3: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition Produktionseinstellung........ 232

Tabelle 5.4: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes bei konstanten Einzelwahrscheinlichkeiten für die Realisierungen des verifizierbaren Maßes........ 245

Tabelle 5.5: Einfluss der Präzision des verifizierbaren Maßes 250

Tabelle 5.6: Einfluss der Kosten des Disnutzens des hohen Arbeitseinsatzes........ 252

Tabelle 5.7: Einfluss des Reservationsnutzens des Agenten........ 254

Tabelle 5.8: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes bei konstanten bedingten Wahrscheinlichkeiten........ 257

Abkürzungsverzeichnis

BGM (1994)	Baker/Gibbons/Murphy (1994)
BSC	Balanced Scorecard
Bsp.	Beispiel
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
DBW	Die Betriebswirtschaft (*Fachzeitschrift*)
d. h.	das heißt
DKL (2001)	Datar/Kulp/Lambert (2001)
engl.	englisch
FB	First-best-…
FX(1994)	Feltham/Xie (1994)
gem.	gemäß
ggf.	gegebenenfalls
Gl.	Gleichung
GW	Glaubwürdigkeit
HM (1991)	Holmström/Milgrom (1991)
i. d. R.	in der Regel
i. V. m.	in Verbindung mit
Jg.	Jahrgang
Kap.	Kapitel
LEN	L-linear, E-exponentiell, N-normalverteilt
LGS	lineares Gleichungssystem
m. w. N.	mit weiteren Nennungen
NIÖ	Neue Institutionenökonomik
o. Ä.	oder Ähnliche
PAT	Prinzipal-Agenten-Theorie
Pkt.	Punkt
Prop.	Proposition (engl.)
s.	sieh[e]!
S.	Seite
sbr	Schmalenbach Business Review (*Fachzeitschrift*)
Sp.	Spalte
RR (2009)	Rajan/Reichelstein (2009)
u. a.	unter anderem
u. d. N.	unter der (den) Nebenbedingung(en)
usw.	und so weiter
u. U.	unter Umständen
v. a.	vor allem
vgl.	vergleich[e]!
z. B.	zum Beispiel
zfbf	Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung
z. T.	zum Teil

Symbolverzeichnis

a	Arbeitseinsatz/Anstrengung bzw. Aktion des Agenten
a^h	hoher Arbeitseinsatz
a^l	niedriger Arbeitseinsatz
B	impliziter Bonus (in Abschnitt 3.2.2)
b^{ij}	Bonus des Agenten entsprechend den Realisierungen der Performancemaße
$C(a)$	persönliche Kosten aus Arbeitsleid/Disnutzen des Agenten
c	marginale Veränderung der Grenzkosten des Arbeitseinsatzes
c_h	persönliche Kosten aus dem Disnutzen bei hohem Arbeitseinsatz
c_l	persönliche Kosten aus dem Disnutzen bei niedrigem Arbeitseinsatz
CEA_0	Reservationslohn des Agenten (über das Sicherheitsäquivalent ausgedrückter Reservationsnutzen)
CEA	Sicherheitsäquivalent (engl.: certainty equivalent) des Agenten
CEP	Sicherheitsäquivalent des Prinzipals
d	Grenzproduktivität des Arbeitseinsatzes bzw. der Aktionen des Ergebnisses
EU^A	Nutzenerwartungswert des Agenten
EU^P	Nutzenerwartungswert des Prinzipals
$f(..\|a)$	Dichtefunktion bzw. Wahrscheinlichkeit, parametrisiert über bzw. gegeben den Arbeitseinsatz
$F(..\|a)$	Verteilungsfunktion parametrisiert über den Arbeitseinsatz
$g(y\|x)$	Funktion zur Definition eines nichtinformativen Signals (in Abschnitt 2.2.4)
h	Umkehrfunktion der Nutzenfunktion des Agenten: $u^{-1}(s)$
i	Diskontierungssatz des Prinzipals
k	Variable zur Formelverkürzung (in Kap. 4)
L	Lagrangefunktion
m	Variable zur Formelverkürzung (in Kap. 4)
n	Anzahl von Aktionen
p	Laufindex, $p \in \{h, l\}$
q	Laufindex, $q \in \{h, l\}$
r	Risikoaversionskoeffizient des Agenten
$s(\cdot)$	Entlohnungsfunktion des Agenten
s^{pq}	Entlohnung des Agenten entsprechend den Realisierungen der Performancemaße
s^H	Entlohnung bei hohem Wert des Performancemaßes
s^L	Entlohnung bei niedrigem Wert des Performancemaßes
T	Zielvorgabe (engl.: target) (in Abschnitt 3.2.2)
U^A	Nutzenfunktion des Agenten
U^P	Nutzenfunktion des Prinzipals
U^R	Reservationsnutzen des Agenten
$u(s)$	Nutzen des Agenten aus der Entlohnung
v	Beteiligungsrate/Prämiensatz (in Abschnitt 2.2.3, Kap. 4) bzw. (diskreter) Bonus (in Abschnitt 3.2.1)
v_x	Beteiligungsrate am Maß x bzw. Bonus bei Realisierung von $x = 1$
v_x^{**}	optimale Beteiligungsrate/ Bonus bzgl. x im hybriden Vertrag
v_y	Beteiligungsrate am Maß y bzw. Bonus bei Realisierung von $y = 1$
v_y^*	optimaler Bonus des rein expliziten Vertrages (in Abschnitt 3.2.1)
v_y^{**}	optimaler Bonus bei $y = 1$ im hybriden Vertrag (in Abschnitt 3.2.1)
W	„Wurzelterm“ – Variable zur Formelverkürzung (in Kap. 4)

w	Fixum/Festbetrag, fester Bestandteil der Entlohnung
w^h	Bonuspool für x^h (in Abschnitt 3.3)
w^l	Bonuspool für x^l (in Abschnitt 3.3)
x	Ergebnis bzw. Zielgröße des Prinzipals
x^h	hoher Wert der Realisierung der Zielgröße/ Beurteilungsgröße x
x^l	niedriger Wert der Realisierung der Zielgröße/ Beurteilungsgröße x
y	Beurteilungsgröße/ zusätzliches Signal bzw. Vektor von Performancemaßen
y^h	hoher Wert der Realisierung der Beurteilungsgröße y
y^l	niedriger Wert der Realisierung der Beurteilungsgröße y
Z	„Zählerterm" – Variable zur Formelverkürzung (in Kap. 4)
$\varepsilon, \varepsilon_x$	zufälliger Umwelteinfluss, Störvariable (bzgl. x)
π	erwarteter Überschuss des Prinzipals: $E(x) - C(a)$
π^0	erwarteter Überschuss des optimalen rein expliziten Vertrages (in Pkt. 3.2.2)
π^{FB}	First-best-Überschuss des Prinzipals
$\sum$	Kovarianzmatrix des Vektors der Störvariablen (in Abschnitt 2.3.2)
σ^2	Varianz (einer Zufallsvariable)
σ_μ^2	Varianz des unsicheren Grenzbeitrages μ von y: $var(\mu)$ (in Punkt 3.2.1)
σ_{xa}	Standardabweichung von x_a (unsicherer Grenzbeitrag von x)
σ_{ya}	Standardabweichung von y_a (unsicherer Grenzbeitrag von y)
ϕ	Kongruenzparameter (in Abschnitt 3.2.2)
$\hat{\phi}$	Schwellenwert des Kongruenzparameters (in Abschnitt 3.2.2)
$\lambda, \lambda_1, ..$	Lagrange-Multiplikatoren
μ	Grenzbeitrag des Arbeitseinsatzes bzw. der Aktionen der Beurteilungsgröße

1 Einleitung

1.1 Begriffsklärung und Motivation

In dezentral organisierten Unternehmen kommt dem Controlling typischerweise u. a. auch eine Verhaltenssteuerungsfunktion zu, wenn man davon ausgeht, dass die Interessen der unternehmensinternen Entscheidungsträger nicht zwangsläufig mit denen der Unternehmensleitung übereinstimmen und zwischen den beteiligten Akteuren Informationsasymmetrien bestehen. Daraus resultierende personelle Koordinationsprobleme werden vorrangig im Rahmen der Prinzipal-Agenten-Theorie betrachtet, die auch den theoretischen Ansatz der vorliegenden Arbeit bildet. Bei der Gestaltung von Ziel- und Kennzahlensystemen, die ein wichtiges Controllinginstrument darstellen, ist zu beachten, dass darüber eine Ausrichtung der Aktionen der dezentralen Entscheidungsträger auf das Unternehmensziel gewährleistet wird. Dazu werden die vorgegebenen Kennzahlen zur Anreizsetzung für die dezentralen Manager[1] genutzt, indem sie typischerweise als **Beurteilungsgrößen** bzw. Bemessungsgrundlagen für deren Entlohnung dienen. Entlohnungsverträge werden deswegen in diesem Zusammenhang auch oft als „**Anreizverträge**" bezeichnet. Den Schwerpunkt agencytheoretischer Untersuchungen bildet häufig die Bestimmung und Analyse des optimalen Anreizvertrages in der Beziehung zwischen einem Prinzipal als Auftraggeber und einem Agenten als Beauftragten (z. B. zwischen Unternehmenseigentümer und Geschäftsführer oder zwischen Vorgesetztem und Mitarbeiter). Typische Beurteilungsgrößen für die Anreizsetzung des Agenten sind z. B. Kennzahlen, die aus Rechnungswesen-Größen oder dem Aktienkurs des Unternehmens abgeleitet sind. Solche Performancemaße sind i. d. R. verifizierbar, also durch eine dritte Instanz wie etwa ein Gericht überprüfbar. In diesen Fällen könnte die Vertragserfüllung notfalls gerichtlich durchgesetzt werden. Daneben besteht aber generell auch die Möglichkeit, nur schwer oder gar nicht verifizierbare Beurteilungsgrößen wie etwa nichtfinanzielle Kennzahlen (bspw. zur Messung der Kunden- und Mitarbeiter-Zufriedenheit) oder auch subjektive Beurteilungen durch den Vorgesetzten für die Anreizgestaltung in einem Unternehmen zu verwenden.

In den letzten Jahren ist ein Bedeutungszuwachs solcher Leistungsmaße in der Praxis zu verzeichnen. Dies ist u. a. auf neuere Managementkonzepte wie etwa die Balanced Scorecard (BSC)[2] zurückzuführen, die explizit den Einbezug nichtfinanzieller Kennzahlen fordert und

[1] In der vorliegenden Arbeit wird zur besseren Lesbarkeit vorwiegend die männliche Form verwendet, wobei sich die Äußerungen aber immer auf beide Geschlechter beziehen sollen.
[2] Für nähere Ausführungen zum Konzept der Balanced Scorecard siehe Kaplan/Norton (1992, 1996).

zunehmend Eingang in die Unternehmenspraxis gefunden hat. Auch aufgrund der Erfahrungen aus der Finanzkrise wird verstärkt die Forderung nach Kennzahlen erhoben, die Anreize zur langfristigen Steigerung des Unternehmenswertes setzen. Diese Fähigkeit wird oftmals eher mit nicht- oder nur schwer verifizierbaren Beurteilungsgrößen anstelle von finanziellen Kennzahlen, verbunden.[3] Es ist daher wenig überraschend, dass das Thema auch in der Forschung verstärkte Beachtung erfahren hat und es inzwischen auch eine Reihe von agencytheoretischen Beiträgen gibt, die sich mit der Anreizgestaltung auf Basis nichtverifizierbarer Größen auseinandersetzen.

Vertragliche Vereinbarungen unter Einbezug nichtverifizierbarer Leistungsmaße stellen allerdings keine vollständigen Verträge dar. Ein vollständiger Vertrag bezeichnet einen Vertrag, in dem für alle möglichen Eventualitäten, die im Laufe der Vertragsbeziehung auftreten können, die jeweils zu erbringenden Beiträge und sich ableitenden Ansprüche der Vertragsparteien im Voraus genau spezifiziert sind und der nur auf verifizierbaren Vertragselementen basiert. Im Zusammenhang mit der letztgenannten Eigenschaft von vollständigen Verträgen, nämlich der Verifizierbarkeit der Beurteilungsgrößen, die eine Durchsetzbarkeit des Vertrages mit Hilfe einer dritten Partei wie etwa einem Gericht garantiert, spricht man auch von einem **formalen** bzw. **expliziten Vertrag**. Im Gegensatz dazu wird ein Vertrag auf Grundlage **nichtverifizierbar**er Größen als **relational** oder auch **implizit** bezeichnet. Die Verwendung dieser Begriffe ist allerdings in der Literatur nicht einheitlich. Obwohl es Bedeutungsunterschiede zwischen den Begriffen „relational" und „implizit" in dem Sinne zu geben scheint, dass die Bedeutung eines „relationalen" Vertrag etwas weiter gefasst ist und auch die Fähigkeit der Vertragspartner zur Anpassung des Vertrages an neue Umstände beinhaltet[4] werden die Gegensatzpaare „formal und relational" sowie „explizit und implizit" im Rahmen dieser Arbeit zur besseren Vergleichbarkeit der analysierten Literaturbeiträge[5] synonym verwendet. Für die Kombination eines formalen (bzw. expliziten) und eines relationalen (bzw. impliziten) Vertrages prägt Budde (2007) den Begriff „hybrider" Vertrag, der im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls in dieser Bedeutung verwendet wird.

[3] Strategische Maßnahmen wie etwa zur Erschließung neuer Geschäftsfelder oder zum Aufbau langfristiger Kunden- und Mitarbeiterbindungen wirken sich in der Regel erst mit einer deutlichen Zeitverzögerung in den finanziellen Kennzahlen wie z. B. dem Jahresergebnis oder Return on Investment (ROI) einer Gesellschaft aus. Über solche finanziellen Beurteilungsgrößen werden häufig eher Anreize zum Ergreifen kurzfristiger, operativer Maßnahmen induziert. Nichtfinanzielle Maße wie z. B. die Anzahl angemeldeter Patente in einem Zeitraum oder Indizes zur Messung der Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit erscheinen dagegen eher geeignet, Anreize zur Motivation der zuvor genannten strategisch ausgerichteten Managementaktivitäten zur langfristigen Steigerung des Unternehmenswertes zu setzen.
[4] Vgl. Baker/Gibbons/Murphy (2002), S. 40.
[5] Das bezieht sich insbesondere auf die Arbeiten von Baker/Gibbons/Murphy (1994) sowie Budde (2007).

1.2 Zielsetzung

Ein grundlegender und viel zitierter Forschungsbeitrag zur Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen in Anreizverträgen stammt von Baker/Gibbons/Murphy (1994) – nachfolgend abgekürzt mit BGM (1994). Sie gehen in ihrer Untersuchung davon aus, dass die mangelnde Verifizierbarkeit der von ihnen betrachteten, subjektiven Größe einen Anreiz zum Vertragsbruch von Seiten des Prinzipals impliziert. So könnte der Prinzipal eine implizit versprochene Bonuszahlung im Nachhinein unrechtmäßig verweigern, da der Agent sie nicht einzuklagen vermag. Der optimale (hybride) Anreizvertrag bestehend aus einem impliziten, selbstdurchsetzenden Vertrag unter Einbezug einer subjektiven Größe und einem expliziten Vertrag auf Basis eines objektiven Leistungsmaßes wird im Rahmen eines mehrperiodigen Modells mit einem unendlichen Zeithorizont bestimmt. Dabei zeigt sich, dass ein hinreichend effektiver, rein expliziter Vertrag jegliche implizite Verträge verhindern kann.

Das **Ziel der vorliegenden Arbeit** ist es, die Forschung zum kombinierten Einsatz von verifizierbaren und nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen in langfristigen Anreizbeziehungen aufbauend auf der Untersuchung von BGM (1994) zu vertiefen, indem die Analyse auf andere Kontexte ausgedehnt wird. Der Modellierungsansatz von BGM (1994) unterstellt einen risikoneutralen Agenten, für dessen Anreizgestaltung neben einem verifizierbaren, verzerrten Performancemaß, über dessen Eigenschaften der Agent nach Vertragsschluss genauere Informationen als der Prinzipal erhält und seinen unbeobachtbaren Arbeitseinsatz darauf konditionieren kann, noch eine unverzerrte, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße zur Verfügung steht. Diese nichtverifizierbare Größe stellt gleichzeitig die Zielgröße des Prinzipals dar. Unter der Zielgröße des Prinzipals wird hierbei das dem Prinzipal zufließende Ergebnis der Kooperation (vor Abzug der Vergütung des Agenten) verstanden, welches z. B. der Kooperationsgewinn oder der Unternehmenswert sein könnte. In der Analyse von BGM (1994) repräsentiert die nichtverifizierbare Zielgröße den Beitrag des Agenten zum Unternehmenswert.

Im Gegensatz zu der Untersuchung von BGM (1994) wird in der vorliegenden Arbeit die Verwendung verifizierbarer und nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen für den **Standardfall eines risikoaversen Agenten**, aber ebenfalls in einer langfristigen Vertragsbeziehung, untersucht. Es soll geprüft werden, welche neuen Erkenntnisse sich hierfür generieren lassen und ob die agencytheoretischen Erkenntnisse für verifizierbare Maße auch bei der hier untersuchten Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen Bestand haben. Dabei wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit ebenfalls unterstellt, dass für die Anreizsetzung des Agenten neben dem nichtverifizierbaren, subjektiven Signal in jedem Fall noch eine weitere, allerdings verifizierbare, Größe zur Verfügung steht. Außerdem wird ebenfalls davon ausgegangen, dass die Nichtverifizierbarkeit der Beurteilungsgröße einen Anreiz zum Vertragsbruch von Seiten des Prinzipals impliziert. Darüber werden z. B. Situationen abgebildet, in denen der Prinzipal der Residualanspruchsberechtigte ist, wie etwa in der Beziehung zwischen Eigentümern (Prinzipal) und Unternehmensleitung (Agent). Aber auch auf mittleren Hierarchieebenen dürfte das Problem relevant sein, wenn z. B. die Vergütung eines unterstellten Mitarbeiters die Bemessungsgrundlage des direkten Vorgesetzten mindert. Dies könnte bspw. der Fall sein, wenn der Bereichsgewinn als Beurteilungsgröße für den Vorgesetzten verwendet wird, den die (implizit) versprochene Entlohnung als Kostenbestandteil mindert. Dann dürfte auch hier ein Anreiz zum Zurückhalten implizit versprochener Vergütungskomponenten bestehen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden zwei modelltheoretische Untersuchungen durchgeführt, die sich beide mit dem klassischen Risiko-Anreiz-Problem, d. h. dem Vertragsproblem zwischen einem risikoneutralen Prinzipal und einem risikoscheuen Agenten bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz, allerdings unter Einbezug nichtverifizierbarer Leistungsmaße, auseinandersetzen. Zur Beurteilung, ob grundlegende, agencytheoretische Erkenntnisse auch für die Verwendung nichtverifizierbarer Maße gelten, werden in Kapitel 2 verschiedene Prinzipal-Agenten-Modelle und die daraus abgeleiteten Ergebnisse vorgestellt. Dies dient gleichzeitig dazu, die in den späteren Untersuchungen verwendeten Modellierungsansätze einführend zu erläutern. Eine Auseinandersetzung mit Literaturbeiträgen zur Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen, speziell des Modells von BGM (1994) sowie mit weiteren Beiträgen, die sich teilweise direkt auf die Untersuchung von BGM (1994) beziehen, erfolgt im dritten Kapitel.

Die neuen Untersuchungen zur Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen für einen risikoscheuen Agenten sind in Kapitel 4 und 5 dargestellt. Hier zeigt sich in beiden modelltheoretischen Analysen, dass die für verifizierbare Maße geltenden agencytheoretischen Erkenntnisse nur eingeschränkt auf nichtverifizierbare Größen übertragbar sind. Die erste Analyse in Kapitel 4 wird im Rahmen eines LEN-Modells durchgeführt, wobei zur Herleitung des optimalen (selbstdurchsetzenden) Gleichgewichtsvertrages aber angenommen werden muss, dass das nichtverifizierbare Maß perfekt präzise (d. h. risikolos) sei. Wie bei BGM (1994) stellt die nichtverifizierbare Beurteilungsgröße hier die Zielgröße des Prinzipals dar. Die Modellanalyse zeigt, dass, wenn ein rein expliziter Vertrag auf Basis der verifizierbaren Größe für sich allein effektiv[6] ist (so dass er die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs darstellt), im optimalen hybriden Anreizvertrag die Beteiligungsrate des nichtverifizierbaren Maßes mit einer Zunahme der Präzision des verifizierbaren Maßes sinkt. Im Extremfall verhindert eine zu hohe Präzision das Zustandekommen eines hybriden Vertrages. Wenn aber ein rein formaler Vertrag für sich allein nicht effektiv ist, führt ein Anstieg der Präzision des verifizierbaren Maßes meist zu einer Erhöhung der Gewichtung des subjektiven Maßes, obwohl es auch vorkommen kann, dass die Beteiligungsrate des nichtverifizierbaren Maßes sinkt (wenn der explizite Vertrag innerhalb des hybriden Vertrages nur ein geringes Gewicht besitzt). Allerdings begrenzt eine hohe Präzision des verifizierbaren Maßes in diesem Fall nie die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages.

Kapitel 5 beinhaltet die zweite formal-analytische Untersuchung zur Verwendung nichtverifizierbarer Leistungsmaße, welche hier aber, anders als in Kapitel 4, im Rahmen eines diskreten Modells erfolgt. Das nichtverifizierbare Signal ist nun nicht die Zielgröße des Prinzipals, so dass es neben einer Beurteilung des Beitrags des Agenten zum Unternehmenswert auch subjektive Beurteilungen zu beliebigen anderen Leistungsindikatoren repräsentieren könnte.[7] Auch bei der Analyse des diskreten Modells wird anfangs angenommen, dass das subjektive, nichtverifizierbare Maß perfekt präzise sei. Hier zeigt sich, dass, wenn ein rein formaler Vertrag auf Basis der verifizierbaren Größe zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes für sich allein effektiv ist, (so dass er die Rückzugsposition des Prinzipals bildet), eine Erhöhung des Informationsgehalts des verifizierbaren Maßes die Realisierbarkeit des optimalen hybriden Anreizvertrages beschränkt. Falls ein solcher Vertrag als Rückzugsposition für den Prinzipal nach einem möglichen Vertragsbruch nicht zur Verfügung steht, wird die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages zwar auch vom verifizierbaren Maß, aber nur in dessen Eigenschaft als Zielgröße des Prinzipals, beeinflusst.

In Abschnitt 5.4 wird die Annahme, dass die subjektive Beurteilungsgröße perfekt präzise sei, aufgehoben. Aus der Modellanalyse für zwei stochastische Maße lassen sich allerdings keine allgemeingültigen Aussagen ableiten, so dass hier auf eine numerische Analyse zurückgegriffen werden muss. Auch bei den untersuchten Zahlenbeispielen wird die Realisierbarkeit des hybriden Anreizvertrages durch einen zu hohen Informationsgehalt der objektiven Größe beschränkt, wenn ein rein formaler Vertrag zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes die

[6] Ein rein expliziter Vertrag wird als effektiv bezeichnet, wenn er zu einem nichtnegativen, erwarteten Nettoüberschuss des Prinzipals führt.
[7] Stattdessen wird das objektive Maß als Zielgröße des Prinzipals modelliert.

Rückzugsposition des Prinzipals bildet. Falls ein solcher Vertrag für sich allein nicht effektiv ist, steigt dagegen die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages mit einem höheren Informationsgehalt der verifizierbaren Größe. Die Verbesserung der Realisierbarkeit resultiert hier nicht nur aus dem Einfluss der Zielgröße auf den erwarteten Nettoüberschuss des Prinzipals, sondern auch aus einem verbesserten Risiko-Anreiz-Tradeoff, der zu einer Verminderung der erwarteten Entlohnung des optimalen hybriden Vertrages führt.

Anschließend werden in Punkt 5.5 die Unterschiede zwischen den Resultaten der verschiedenen Modellierungsansätze herausgearbeitet und die Ergebnisse auch hinsichtlich ihrer Praxisimplikationen vergleichend beurteilt.

Eine Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte der Arbeit wird schließlich in Kapitel 6 präsentiert.

2 Grundlegende agencytheoretische Erkenntnisse bei ausschließlich verifizierbaren Beurteilungsgrößen

2.1 Einführender Überblick und Abgrenzung

2.1.1 Grundlagen der Prinzipal-Agenten-Theorie

Abgrenzung zu verwandten theoretischen Ansätzen

Der theoretische Ansatz der vorliegenden Arbeit ist, wie bereits erwähnt, die Prinzipal-Agenten-Theorie bzw. Agency-Theorie.[8] Diese Forschungsrichtung gehört mit zu den neueren mikroökonomischen Ansätzen[9], die seit den 1970er Jahren stärker beachtet wurden und oftmals unter dem Begriff „Neue Institutionenökonomik" (NIÖ) zusammengefasst werden.[10] Die NIÖ umfasst einige Merkmale, die sie von der traditionellen Mikroökonomie unterscheidet und damit der Sicht der Betriebswirtschaftslehre näher kam. Als eines der wichtigsten Erkenntnisziele der (volkswirtschaftlichen) Mikroökonomie sieht Hax (1991) die Erklärung der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den Aktionen rational agierender Marktteilnehmer, die sowohl die Transkationen auf den Märkten als auch das Zustandekommen der Preise bedingen.[11] In der traditionellen bzw. **neoklassischen Mikroökonomie** wird die Existenz von Institutionen (d. h. Gesetzen, Regeln, Normen, Verträgen, Unternehmen und Staaten) nicht erklärt. Beispielsweise führen die Gleichgewichtsmodelle der traditionellen mikroökonomischen Analyse zur These der Irrelevanz der Finanzierung, so dass die Existenz der in der Praxis vorkommenden verschiedenen institutionellen Gegebenheiten, in diesem Fall Finanzierungsformen, nicht erklärt werden kann.[12] Der methodische Ansatz in der Mikroökonomik ist die Ableitung von Erkenntnissen aus logisch verknüpften Aussagen, meist auf Basis formal-mathematischer Analysen. Es wird von der Annahme des Rationalverhaltens[13] ausgegangen, d. h. dass sich die Präferenzen der Individuen typischerweise mit Hilfe individueller Nutzenfunktionen beschreiben lassen und sie ihren Nutzen, Gewinn oder Vermögen zu maximieren suchen.[14] Des Weiteren wird von vollkommener Information der Individuen sowie der Irrele-

---

[8] Der Term „Agency-Theorie" ist dabei meist weiter gefasst, wobei die Definitionen in der Literatur aber nicht einheitlich sind.
[9] Vgl. Hax (1991), S. 55.
[10] Vgl. z. B. Picot (1991); Richter/Furubotn (1999); Langerfeldt (2003); Peukert (o.J.).
[11] Vgl. Hax (1991), S. 52.
[12] Vgl. Hax (1991), S. 54.
[13] Die Annahme der (ökonomischen) Rationalität beinhaltet, dass das Entscheidungsverhalten von Individuen konsistent ist und das setzt voraus, dass deren Präferenzen vollständig und transitiv (d. h. widerspruchsfrei) sein müssen (vgl. Christensen/Demski (2003), S. 95-96; Mas-Colell et al. (1995), S. 6-9 und S. 42-50). Allerdings gehen die Auffassungen darüber, was unter rationalen Präferenzbeziehungen zu verstehen ist, in der Literatur teilweise auseinander (vgl. Mas-Colell et al. (1995), S. 6, Fußnote 2).
[14] Vgl. Hax (1991), S. 54 sowie Milgrom/Roberts (1991), S. 42.

vanz von Informationskosten ausgegangen, z. B. wird mit der Annahme vollständiger Märkte in den beiden Hauptsätzen der Wohlfahrtsökonomik implizit vorausgesetzt, dass alle Marktteilnehmer die Qualität der auf dem Markt gehandelten Güter kennen.[15] In der **Neuen Institutionenökonomik**, zu der unterschiedliche Forschungsrichtungen und methodische Ansätze gehören, wird nun im Unterschied zur traditionellen Mikroökonomik die Annahme des rationalen Verhaltens stark modifiziert (allerdings nicht vollständig aufgegeben) und auch ein Erklärungsansatz für die Existenz und ökonomische Bedeutung von Institutionen ermöglicht.[16] Der Begriff der Institution ist dabei sehr weit gefasst und bezieht sich, wie oben bereits angedeutet, u. a. auf alle Gesetze, Regeln, Normen und Vorkehrungen sowie auch Verträge, Unternehmen und Staaten.[17] Die folgenden drei Merkmale unterscheiden die Neue Institutionenökonomik gem. Hax (1991) von der neoklassischen Mikroökonomik:[18]

1. Es besteht Informationsasymmetrie bzw. ein unvollkommener Informationsstand der Marktpartner, wobei auch die Kosten zur Veränderung des Informationsstandes berücksichtigt werden.
2. Die Individuen verhalten sich opportunistisch, so dass sie auch potentiell bereit sind, sich über vertragliche Verpflichtungen und allgemeine Normen zum eigenen Vorteil hinwegzusetzen. Eigennütziges Verhalten kann hierbei nur aus dem Rationalverhalten in Form der Nutzenmaximierung resultieren, wenn gleichzeitig ein unvollkommener Informationsstand besteht, so dass manche Autoren deswegen von „begrenzter Rationalität“ sprechen.[19]
3. Es handelt sich um langfristig angelegte Vertragsbeziehungen (im Unterschied zu einfachen, einmaligen Transaktionen, die über den Markt abgewickelt werden können). Beispiele dafür sind Gesellschaftsverträge oder auch Arbeitsverträge. Bei diesen spielen die Risiken im Verhalten der Vertragsparteien (zur Ausnutzung des Geschäftspartners) eine besondere Rolle.

Unter den soeben erläuterten Annahmen kommt der Vertragsgestaltung eine zentrale Bedeutung zu, da die Akteure nun potentiell Anreize zu Handlungen haben, bei denen sie auch negative Auswirkungen auf die jeweils andere Partei in Kauf nehmen. Dabei spielt natürlich

15 Vgl. Mas-Colell et al. (1995), S.436 i. V. m. 326-327.
16 Vgl. Hax (1991), S. 55.
17 Vgl. Langerfeldt (2003), S. 56.
18 Vgl. Hax (1991), S. 56-57.
19 Die damalige Begriffsauffassung ist allerdings mittlerweile in den Hintergrund getreten. Wichtiger scheint die Unterscheidung in vollkommene und unvollkommene individuelle Rationalität. In den Arbeiten der Neuen Institutionenökonomik wird in einigen Ansätzen wie z. B. der Prinzipal-Agenten-Theorie weiterhin der neoklassischen Mikroökonomik gefolgt und von vollkommener individueller Rationalität ausgegangen, wohingegen in anderen Ansätzen bewusst von dieser Annahme abgegangen wird (vgl. Richter/Furubotn (2010), S. 4-5).

ebenso die Art der vertraglichen Vereinbarung und der bestehenden Informationsasymmetrie eine Rolle. Das Ziel ist ein effizienter Vertrag, der für beide Partner eine akzeptable Lösung hinsichtlich der Risikoteilung, der resultierenden Handlungsanreize und der Vorkehrungen gegen mögliche Fehlanreize wie z. B. Kontrollen und Sanktionen beinhaltet.[20]

Zu den erwähnten Forschungsansätzen, die, wie gesagt, oft als Neue Institutionenökonomik bzw. „Neue Institutionelle Mikroökonomik“[21] zusammengefasst werden, zählt man meist neben der Prinzipal-Agenten-Theorie (u. a.) noch die Theorie der Verfügungsrechte (Property-Rights-Ansatz) sowie die Transaktionskostentheorie.[22] Der **Property-Rights-Ansatz,** zu deren Begründern Coase (1960), Alchian (1965) und Demsetz (1967) gehören, beschäftigt sich v. a. mit der Frage nach der effizienten Verteilung von Handlungs- und Verfügungsrechten, so dass die Summe der Transaktionskosten und die aus externen Effekten resultierenden Wohlfahrtseinbußen minimiert werden.[23] Dagegen untersucht der sich vorwiegend auf Williamson (1975, 1985) gründende **Transaktionskostenansatz** die Koordination wirtschaftlicher Leistungen.[24] Als Transaktionskosten werden hierbei die anfallenden Informations-, Vertragserrichtungs-, Vertragsdurchsetzungs-, Anpassungs- und Kontrollkosten bezeichnet.[25] Ziel ist es, bei gegebenen Einflussgrößen (d. h. der Spezifität von Wirtschaftsgütern, Unsicherheit, Komplexität, Transaktionshäufigkeit und der Amortisationszeit) die Koordinationsform zu wählen, die die geringsten Transaktionskosten hervorruft.[26] Größte Bedeutung kommt dabei den im Rahmen einer langfristigen Geschäftsbeziehung zu tätigenden spezifischen Investitionen zu, die zur Ausnutzung der Abhängigkeit und damit zu einem sogenannten Hold-up-Problem führen können.[27] Auf den dritten wichtigen Zweig der Neuen Institutionenökonomik, nämlich die Prinzipal-Agenten-Theorie, wird weiter unten noch ausführlicher eingegangen.

Neben der v. a. in der deutschsprachigen Literatur vertretenen Auffassung, den Prinzipal-Agenten-Ansatz als Forschungszweig der Neuen Institutionenökonomik (NIÖ) zu betrachten,[28] wird der Ursprung dieses Ansatz v. a. in der angelsächsischen Literatur eher in der In-

---

[20] Vgl. Hax (1991), S. 58.
[21] Hax (1991), S. 55.
[22] Vgl. Hax (1991), S. 55; Picot (1991), S. 144; Langerfeldt (2003), S. 57; Richter/Furubotn (2010), S. 41; Peukert (o.J.).
[23] Vgl. Picot (1991), S. 145.
[24] Vgl. Hax (1991), S. 55; Picot (1991), S. 147-150.
[25] Vgl. Picot (1991), S. 147; Wagenhofer (1993), S. 168.
[26] Vgl. Picot (1991), S. 147-149.
[27] Vgl. Picot (1991), S. 148; Peukert (o.J.).
[28] Vgl. Hax (1991), S.55; Picot (1991), S. 144; Richter/Furubotn (1999), S. 161; Langerfeldt (2003), S. 57; Peukert (o.J.).

formationsökonomie gesehen[29] bzw. wird die Prinzipal-Agenten-Theorie zu den informationsökonomischen Ansätzen gerechnet[30]. Die Informationsökonomik kann man als Weiterentwicklung der Entscheidungstheorie betrachten.[31]

In der (klassischen) **Entscheidungstheorie** werden allerdings nur Entscheidungssituationen betrachtet, die unabhängig von den Entscheidungen anderer Individuen sind.[32] Dabei untersucht man im Grundmodell der Entscheidungstheorie die verschiedenen Handlungsalternativen des Entscheiders hinsichtlich ihrer Vorteilhaftigkeit bzgl. seiner Zielfunktion, wobei die relevanten Umweltzustände sowie die Handlungsergebnisse ins Kalkül einbezogen werden. Sofern die Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Umweltzustände bekannt sind, handelt es sich um eine Entscheidung unter Risiko.[33] Neben der Erwartungswertregel, bei der die Entscheidungsempfehlung auf Grundlage der berechneten Erwartungswerte der Handlungsalternativen erfolgt, kann auch die μ- σ-Regel angewandt werden, bei der neben dem Erwartungswert μ noch das Risiko der Handlungsalternative, gemessen über die Standardabweichung σ, verwendet wird. Die Entscheidung hängt nun von der **Risikoeinstellung des Entscheiders** ab, wobei:

- ein risikofreudiger Entscheider eine riskante Alternative bei gleichem Erwartungswert gegenüber einer weniger riskanten präferiert,
- ein risikoneutraler Entscheider zwischen beiden Alternativen indifferent ist und
- ein risikoscheuer bzw. risikoaverser Entscheider die risikoärmere Variante bevorzugt.

Im Normalfall wird davon ausgegangen, dass Individuen risikoavers sind. Bei Handlungsalternativen mit unterschiedlichem Erwartungswert und Risiko lässt sich nur in bestimmten Fällen eine Entscheidungsempfehlung ableiten. Dies gelingt allerdings immer dann, wenn die Form der Risikoeinstellung des Entscheiders so genau bekannt ist, dass sie über eine Risikonutzenfunktion angegeben werden kann.[34] In diesem Fall ist es möglich, für jede Alternative den Erwartungsnutzen zu berechnen.

---

[29] Vgl. Eisenhardt (1989), S. 59; Ballwieser (1991), S. 100; Wagenhofer (1993), S. 163; Macho-Stadler/Pérez-Castrillo (2001), S. 1; Lambert (2001), S. 5.
[30] Vgl. Wagenhofer/Ewert (2007), S. 32.
[31] Vgl. Ballwieser (1991), S. 100.
[32] Vgl. Riechmann (2010), S. 19.
[33] Wenn die Wahrscheinlichkeiten dagegen unbekannt sind, spricht man von einer Entscheidung unter Unsicherheit.
[34] Vgl. Riechmann (2010), S. 5-18.

Ein weiterer wichtiger Baustein der Informationsökonomie ist die Spieltheorie. In der **Spieltheorie**[35] werden nun anders als in der klassischen Entscheidungstheorie solche Situationen betrachtet, in denen die Entscheidungen anderer Individuen (sogenannter „Mitspieler“) ebenfalls berücksichtigt werden. Auf Grundlage der Spieltheorie, die als spezieller Zweig der Entscheidungstheorie angesehen werden kann[36], ist es nun in der **Informationsökonomie** möglich, Probleme unvollkommener Information bei Interaktion mehrerer Individuen, speziell auf Märkten und in Vertragsbeziehungen, zu untersuchen.[37] Wichtige informationsökonomische Ansätze sind die folgenden drei Untersuchungsschwerpunkte:[38]

1. Preissuchmodelle, bei denen die optimale Gestaltung des Preisvergleichs homogener Güter bei verschiedenen Anbietern unter Berücksichtigung der damit verbundenen Kosten im Vordergrund steht,[39]
2. Ansätze zur Informationsproduktion und Informationsbeschaffung sowie zur Offenlegung von Informationen auf Märkten[40] sowie
3. Ansätze zur Untersuchung asymmetrischer Informationsverteilung, wozu auch die Prinzipal-Agenten-Theorie gerechnet wird.

Im Folgenden wird nun näher auf die besonderen Kennzeichen des Prinzipal-Agenten-Ansatzes eingegangen, wobei auch mögliche Gründe für die unterschiedliche Zuordnung der Prinzipal-Agenten-Theorie einerseits zur Neuen Institutionenökonomik (NIÖ) und andererseits zur Informationsökonomik angerissen werden sollen. Für die Zuordnung der Prinzipal-Agenten-Theorie zur NIÖ spricht die Berücksichtigung der asymmetrischen Informationsverteilung, die Annahme des opportunistischen Verhaltens der Individuen sowie die Fokussierung auf die effiziente Vertragsgestaltung (siehe oben), was bei den informationsökonomischen Ansätzen nicht generell der Fall ist. Die Interpretation der Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT) als informationsökonomischer Ansatz lässt sich dagegen auf die aus der Entscheidungstheorie stammende Berücksichtigung unterschiedlicher Risikoeinstellungen der Entscheider sowie auf die Verwendung spieltheoretischer Modelle zurückführen.[41]

---

[35] Für detaillierte Ausführungen siehe z. B. Rasmusen (2008); Riechmann (2010).
[36] Vgl. Riechmann (2010), S. 1.
[37] Vgl. Leuz (2002), Sp. 737.
[38] Vgl. Leuz (2002), Sp. 737-739.
[39] Vgl. z. B. Stigler (1961).
[40] Vgl. z. B. Arrow (1962); Grossmann/Stiglitz (1967).
[41] In neuerer Zeit scheint aber die Auffassung zu überwiegen, die Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT) eher als eng verwandt, aber nicht mehr unmittelbar zugehörig, zur Neuen Institutionenökonomik (NIÖ) zu betrachten (vgl. z. B. Richter/Furubotn (2010), S. 40). So werden ältere Beiträge der PAT in Richter/Furubotn (2010) zwar noch zur NIÖ gerechnet, aber gleichzeitig betont, dass die formal-analytische Vorgehensweise der PAT sowie die Annahme der vollständigen Rationalität von Individuen eher als unvereinbar mit dem Denkstil der Neuen Institutionenökonomik angesehen werden (vgl. Richter/Furubotn (2010), S. 40).

Die PAT analysiert die strategische Interaktion einzelner (im einfachsten Fall: zweier) Akteure: einem **Prinzipal** als Auftraggeber und einem **Agenten** als Beauftragten, wobei solch unterschiedliche Beziehungen wie zwischen Unternehmenseigentümer und Manager, Manager und Untergebener, Versicherer und Versicherter, Patient und Arzt, Lieferant und Zwischenhändler usw. betrachtet werden können. Der Prinzipal delegiert eine bestimmte Aufgabe an den Agenten, so dass dieser eine bestimmte Tätigkeit für den Prinzipal ausführt oder für diesen eine bestimmte Entscheidung trifft. Beispielsweise delegiert in einer Arbeitsbeziehung der Vorgesetzte die Erfüllung einer Arbeitsaufgabe an den Mitarbeiter. Im Mittelpunkt des Interesses steht hier die Gestaltung des Vertrages zwischen beiden Akteuren, in dem die Parteien ihre beiderseitigen Rechte und Pflichten festlegen, insbesondere die Entlohnung des Agenten zur Kompensation seines Arbeitseinsatzes.[42]

Forschungsansätze innerhalb der Prinzipal-Agenten-Theorie

Die Prinzipal-Agenten-Theorie unterteilt sich in zwei unterschiedliche Strömungen: den positiven sowie den normativen Prinzipal-Agenten-Ansatz.[43] Eisenhardt (1989) sieht als Gemeinsamkeit des positiven und des normativen Ansatzes, dass beide Strömungen von denselben Annahmen (u. a. Informationsasymmetrie und möglichem opportunistischen Verhalten der Akteure) ausgehen. Die der **positiven Prinzipal-Agenten-Theorie** zuzuordnenden Untersuchungen sind aber weniger mathematisch als die des normativen Ansatzes, so dass diese Arbeiten teilweise wegen ihrer mangelnden Genauigkeit kritisiert werden. Repräsentativ für den positiven Ansatz sind nach ihrer Einschätzung insbesondere die Werke von Berle/Means (1932), Jensen/Meckling (1976), Fama (1980) und Fama/Jensen (1983). Analysen des **normativen Prinzipal-Agenten-Ansatzes** beinhalten dagegen eine sorgfältige Spezifikation der Annahmen, sind abstrakt und mathematisch und richten ihren Schwerpunkt auf die optimale Vertragsgestaltung.[44]

In Übereinstimmung mit der Einordnung von Eisenhardt (1989), rechnen auch Ewert/Stefani (2001) und Wagenhofer (2001) Untersuchungen basierend auf dem Grundmodell der Prinzipal-Agenten-Theorie[45] zum normativen (ökonomischen) Ansatz.[46] Diese formal-analytischen Prinzipal-Agenten-Modelle haben vorrangig die (Vertrags-)Beziehung zwischen einem Prin-

[42] Vgl. Wagenhofer (1993), S. 165.
[43] Vgl. Eisenhardt (1989), S. 59-61; Wagenhofer (1993), S. 167-168; Richter/Furubotn (2010), S. 176.
[44] Vgl. Eisenhardt (1989), S. 58-60.
[45] Siehe nachfolgende Ausführungen und Abschnitt 2.2.1.
[46] Vgl. Ewert/Stefani (2001), S. 156; vgl. Wagenhofer (2001), S. 441-444.

zipal als Unternehmenseigentümer und einem Agenten als Manager zum Gegenstand. Hier maximiert der Prinzipal seinen erwarteten Nutzen und stellt gleichzeitig sicher, dass die Kompensation des Agenten ausreichend attraktiv ist, so dass dieser das Vertragsangebot akzeptiert.[47] Zum Forschungszweig der positiven PAT gehören inzwischen allerdings nicht mehr nur vorwiegend deskriptiv-empirisch ausgerichtete Arbeiten, mit einer oftmals nur verbal-argumentativen Begründung von Hypothesen[48], sondern auch modelltheoretische Untersuchungen, die häufig der finanziellen Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT)[49] zuzuordnen sind. Die letztgenannten Analysen konzentrieren sich im Gegensatz zu normativen Arbeiten vorrangig auf die Beziehung zwischen einem Unternehmen (bzw. Manager als Unternehmenseigentümer), das den Agenten repräsentiert, und einem externen Kapitalgeber, dem die Rolle des Prinzipals zufällt. Es wird anders als in den normativen Beiträgen meist der Marktwert des Unternehmens aus Sicht des Eigentümers (Agent) maximiert.[50] Das Ziel der Untersuchungen ist häufig die Analyse von Anreizeffekten verschiedener Finanzierungsformen.[51]

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit sind dem normativen Prinzipal-Agenten-Ansatz zuzurechnen. Im Unterschied zum positiven Ansatz geht es nicht um die Erklärung beobachtbarer Sachverhalte, wobei sich diese Erklärungsansätze auch empirisch widerlegen lassen, sondern stattdessen um Empfehlungen, d. h. Aussagen darüber, wie etwas sein soll.[52] Allerdings ist es auch möglich, die aus den modelltheoretischen Untersuchungen der normativen Prinzipal-Agenten-Ansätze abgeleiteten Handlungsempfehlungen empirisch zu überprüfen, indem die normativen Aussagen in Beziehung zu einem Ziel gesetzt werden. Damit lassen sie sich in konditionale Behauptungen der Form: „Unternehmen, die dieser Empfehlung nachkommen, sollten erfolgreicher werden", transformieren, so dass ihre empirische Validität untersucht werden kann.[53]

Grundlegendes Prinzipal-Agenten-Modell

Im Folgenden soll das zuvor erwähnte Grundmodell der Prinzipal-Agenten-Theorie einführend vorgestellt werden. Die nachfolgenden Ausführungen in diesem Abschnitt basieren, so-

---

[47] Vgl. Wagenhofer (2001), S. 444.
[48] Dies bezieht sich hier auf Studien im Bereich der Wirtschaftsprüfung. Vgl. Ewert/Stefani (2001), S. 148 sowie S. 150.
[49] Vgl. Wagenhofer (2001), S. 444.
[50] Vgl. Wagenhofer (2001), S. 444.
[51] Hier kann beispielsweise gezeigt werden, dass ein Standardkreditvertrag modellendogen als eine Finanzierungsform erklärt werden kann, die das Anreizproblem der Unterinvestition (durch den Manager) optimal löst. Vgl. Hartmann-Wendels (2001), S. 123-128.
[52] Vgl. Woll (Hrsg.), (1996), S. 553 sowie 514-515; vgl. Neuss (2001), S. 4.
[53] Vgl. Watts/Zimmermann (1986), S. 8-9.

weit nicht anders angegeben, auf Jost (2001).[54] Eine wichtige Voraussetzung im Standardmodell ist die **Verifizierbarkeit** bzw. Überprüfbarkeit der in dem zwischen Agent und Prinzipal geschlossenen Vertrag geregelten Größen. Denn wenn die Vertragselemente nach ihrem Eintreten durch eine außenstehende Partei wie etwa ein Gericht überprüft werden können, kann die Vertragsdurchsetzung im Falle eines Bruchs des Vertrages gerichtlich erzielt werden (s. auch Abschnitt 1.1). Hierbei liegt dem Modell die implizite Annahme zugrunde, dass ein solcher Vertragsbruch aufgrund enormer gerichtlicher Sanktionen für keine der involvierten Parteien in Frage kommt. Eine weitere wichtige Voraussetzung von Prinzipal-Agenten-Beziehungen ist das Bestehen eines Interessenkonfliktes zwischen den Parteien. Die Verhaltensannahme der individuellen Nutzenmaximierung[55] bedingt, dass beide Akteure ihr Handeln nach ihren spezifischen Zielen ausrichten, so dass der Prinzipal bei einem bestehenden Zielkonflikt den Vertrag so gestalten muss, dass darüber zielkonformes Verhalten des Agenten induziert wird. Auch der Agent beachtet, welche Auswirkungen sein Handeln im Rahmen des mit dem Prinzipal geschlossenen Vertrages haben wird. Insofern berücksichtigen sowohl der Prinzipal als auch der Agent bei ihren Entscheidungen die Wechselwirkung ihrer Interaktion und zeigen damit nach der Begriffsdefinition der Spieltheorie ein sogenanntes „strategisches Verhalten". Der **Zielkonflikt** zwischen beiden Akteuren kommt in der grundlegenden Prinzipal-Agenten-Beziehung dadurch zustande, dass der Prinzipal ein möglichst hohes Aktivitätsniveau des Agenten wünscht, da dadurch sein Ergebnis[56] aus der Kooperation erhöht wird.[57] Gleichzeitig soll der Ergebnisanteil des Agenten in Form seiner Entlohnung möglichst niedrig ausfallen. Dem Agenten seinerseits entstehen aber physische Arbeitskosten, die als **Disnutzen** oder Arbeitsleid bezeichnet werden, so dass er bei gleicher Entlohnung die Aufgabendurchführung mit den geringsten Kosten aus dem Disnutzen präferieren wird. Somit wird er, anders als der Prinzipal, eher an dem geringstmöglichen Arbeitseinsatz interessiert sein. Man unterstellt hier, dass der Agent „**arbeitsavers**" bzw. „arbeitsscheu" sei.[58] Da potentiell davon ausgegangen werden muss, dass sich der Agent opportunistisch verhält, kommt der Vertragsgestaltung eine verhaltenssteuernde Funktion zu. Die Entlohnung muss so gestaltet

---

[54] Vgl. Jost (2001), S. 12-23.
[55] Siehe Rationalitätsannahme der neoklassischen Mikroökonomie weiter oben sowie Fußnote 13.
[56] Das Ergebnis stellt die Zielgröße des Prinzipals dar und könnte bspw. seinen Nutzen, Erfolg, Gewinn oder Vermögen aus der Geschäftsbeziehung repräsentieren.
[57] Vgl. z. B. Holmström (1979), S. 76.
[58] Ausschlaggebend ist hier die Modellierung eines Interessenkonfliktes im Rahmen eines Arbeitsverhältnisses, wobei auch Konflikte zwischen Agent und Prinzipal bzgl. sachlicher Aspekte wie etwa der Zusammenstellung des Produktsortiments o. Ä. bestehen könnten. Die Annahme eines arbeitsaversen Agenten dient gem. Antle/Demski (1988) hier der Vereinfachung (vgl. Antle/Demski (1988), Fußnote 3, S. 702). Andere Autoren halten die Annahme dagegen sowohl für niedrig- als auch hochqualifizierte Berufsgruppen für realistisch (vgl. z. B. Rasmusen (2008), S. 202).

sein, dass der Agent zur Wahl des vom Prinzipal gewünschten Arbeitseinsatzes motiviert wird. Die Interaktionen der beiden Akteure werden als Spiel im Sinne der Spieltheorie modelliert, wobei sich die zeitliche Struktur folgendermaßen darstellt:

- Auf der 1. Stufe bietet der Prinzipal dem Agenten einen Vertrag an, in dem der Arbeitsauftrag sowie die Entlohnung geregelt sind.
- Auf der 2. Stufe entscheidet der Agent, ob er das Vertragsangebot annimmt oder ausschlägt. Bei einer Ablehnung endet das Spiel an dieser Stelle.
- Auf der 3. Stufe wählt der Agent im Falle einer Vertragsannahme seinen Arbeitseinsatz.
- Abschließend wird der Agent entsprechend den Vertragsklauseln entlohnt.

Die vorgestellte zeitliche Struktur impliziert die Annahme, dass die gesamte Verhandlungsmacht beim Prinzipal liegt, so dass Vertragsverhandlungen ausgeschlossen sind. Weiterhin wird angenommen, dass der Agent das Ergebnis bzw. den Erfolg der Arbeitsdurchführung allein bestimmt. Außerdem bekommt er nur eine Aufgabe übertragen, die auf eine einmalige Durchführung beschränkt ist. Bei der Formulierung seines Vertragsangebots muss der Prinzipal vorab das Verhalten des Agenten berücksichtigen. Insbesondere muss das Angebot so gestaltet sein, dass der Agent den Vertrag überhaupt annimmt und er bei einer Vertragsannahme anschließend die Aufgabendurchführung im Sinne des Prinzipals vornimmt. Die Erfüllung dieser beiden Voraussetzungen bedingt zwei Restriktionen bzw. Nebenbedingungen, die der Prinzipal bei der analytischen Formulierung des Vertragsproblems zu beachten hat. Dies ist einerseits die Partizipations- oder **Teilnahmebedingung** und andererseits die Anreizkompatibilitätsbedingung, die im weiteren Verlauf der Arbeit vereinfachend als **Anreizbedingung** bezeichnet wird. Über die Teilnahmebedingung wird sichergestellt, dass der Agent das Vertragsangebot des Prinzipals akzeptiert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der erwartete Nutzen des Agenten aus der Entlohnung unter Abzug der Kosten seines Arbeitseinsatzes mindestens seinem Nutzen aus einer alternativen Beschäftigung oder Freizeit, bezeichnet als **Reservationsnutzen,** entsprechen muss. Über die Anreizbedingung beachtet der Prinzipal dagegen, dass der Agent nach der Vertragsannahme, den zu leistenden Arbeitseinsatz so wählen wird, dass sein erwarteter, individueller Nutzen maximiert wird, wobei er neben seinen Kosten auch die Auswirkungen auf seine Entlohnung berücksichtigen wird. Zur Bestimmung des optimalen Vertrages maximiert der Prinzipal unter Einhaltung der o.g. beiden Nebenbedingungen, sein Ergebnis aus der Aufgabendurchführung abzüglich der an den Agenten zu zahlenden Entlohnung. Die Vertragselemente, die der Prinzipal dabei variabel gestalten kann, sind der Arbeitseinsatz des Agenten sowie das Entlohnungssystem. Den Arbeitseinsatz kann der Prinzipal indirekt über die Wahl des Entlohnungssystems bestimmen, da über die Anreizbedingung die Reaktion des Agenten auf der dritten Stufe des Spiels berücksichtigt wird. Die vorgestellte Interaktion von Prinzipal und Agent stellt ein sequentielles Spiel dar. Zur Bestimmung des optimalen Vertrages kann hier das Lösungskonzept des teilspielperfekten Gleichgewichts angewendet werden.[59] Das Auffinden des Gleichgewichts ist über eine Rückwärtsinduktion möglich.[60] Man beginnt dabei auf der letzten Stufe des Spiels und bestimmt zuerst ausgehend von der Anreizbedingung den bezogen auf die Entlohnungsfunktion optimalen Arbeitseinsatz des Agenten, der dann bei der Festlegung des optimalen Entlohnungsvertrages einbezogen wird.

Zur vollständigen Charakterisierung des grundlegenden Prinzipal-Agenten-Problems fehlen an dieser Stelle noch weitere wichtige Annahmen. Bedeutsam ist das Vorliegen **asymmetrisch verteilter Information**, also dass z. B. eine Vertragspartei ein Informationsdefizit besitzt. Das betrifft typischerweise den Prinzipal, der die Aktivitäten des Agenten nicht unmittelbar beobachten kann. Bei symmetrischer Information, d. h. wenn der Prinzipal die Arbeitsleistung des Agenten direkt beobachten und vertraglich vorgeben könnte, müsste nur die Beachtung der Teilnahmebedingung sichergestellt werden. Ein solches Vertragsproblem wäre recht einfach zu lösen. Zwei weitere wichtige Annahmen sind, dass das Arbeitsergebnis nicht nur vom Arbeitseinsatz des Agenten, sondern auch noch von exogenen Faktoren (d. h. zufälligen Umwelteinflüssen) abhängig ist und der Agent risikoavers sei. Falls, entgegen dieser Annahmen, das Ergebnis eindeutig durch den Agenten bestimmt wäre, also ohne jegliches Risiko, könnte der Prinzipal vom realisierten Ergebnis auf den geleisteten Arbeitseinsatz zurückschließen. Das Vertragsproblem entspräche dann dem bei symmetrischer Information. Andererseits lässt sich das Vertragsproblem auch verhältnismäßig einfach lösen, wenn der Agent trotz des Bestehens exogener Einflüsse als risikoneutral angenommen wird. In diesem Fall könnte nämlich der Prinzipal das Unternehmen einfach an den Agenten „verpachten", so dass das Recht am Kooperationsergebnis gegen eine bestimmte Pacht bzw. Fixzahlung vollständig an den Agenten übertragen wird.[61] Dies würde dann für den Agenten optimale Anreize zur Wahl des bestmöglichen Arbeitseinsatzes implizieren. Dagegen ist bei Risikoaversion des Agenten die mit der Verpachtung oder dem Verkauf des Unternehmens verbundene Risikoübernahme mit zusätzlichen Kosten, einer sogenannten Risikoprämie, verbunden. Man

[59] Vgl. Jost (2001), Endnote 13, S. 42; Macho-Stadler/Pérez-Castrillo (2001), S. 40.
[60] Für weitere Informationen zu den Begriffen und Konzepten der Spieltheorie siehe z. B. Rasmusen (2008); Riechmann (2010).
[61] Vgl. Abschnitt 2.2.2.

spricht hier vom Problem der **(sub-)optimalen Risikoallokation.** Der Prinzipal als der weniger risikoscheue Akteur der beiden Vertragsparteien[62] wird meist als risikoneutral angenommen. Im Sinne der Risikoteilung wäre es dann optimal, wenn er das gesamte Risiko des unsicheren Kooperationsergebnisses übernimmt und den Agenten über eine konstante Entlohnung vollständig gegen jedes Risiko versichert. Ein solches Entlohnungssystem wäre aber aus Sicht der **Anreizsetzung** nicht optimal, da bei Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes und einer fixen Entlohnung der arbeitsaverse Agent immer das niedrigste Anstrengungsniveau wählen würde, da das seinen individuellen Nutzen maximiert. Der effiziente Vertrag muss somit zwischen den beiden Zielen der optimalen Risikoteilung und der optimalen Anreizsetzung abwägen. Wichtig ist hierbei außerdem noch, dass eine Neuverhandlung des ursprünglich geschlossenen Vertrages nach Leistung des Arbeitseinsatzes, wenn nur noch das Problem der suboptiomalen Risikoteilung besteht, glaubwürdig ausgeschlossen werden kann, da andernfalls der Anreizeffekt ex ante verloren gehen würde.[63]

Wesentlich für das im Rahmen der hier vorgestellten Prinzipal-Agenten-Beziehung untersuchte Vertragsproblem sind das Bestehen eines Interessenkonfliktes sowie von Informationsasymmetrie. Unter diesen Voraussetzungen bedingt die Annahme des Rationalverhaltens, d. h. der individuellen Nutzenmaximierung der Akteure, dass sich diese potentiell opportunistisch verhalten können. In diesem Fall betrifft das speziell den Agenten, da er aufgrund der Unbeobachtbarkeit seines Arbeitseinsatzes gegenüber dem Prinzipal einen Informationsvorteil (private Information bzgl. des geleisteten Arbeitseinsatzes) besitzt.[64] Hier kommt der Vertragsgestaltung die Aufgabe zu, geeignete (monetäre) Anreize für den Agenten zu setzen, damit dieser die ihm übertragene Aufgabe im Sinne des Prinzipals durchführt. Aus diesem Grund wird die Prinzipal-Agenten-Theorie auch zu den „anreiztheoretischen Ansätzen“[65] (engl.: „Theory of incentives“[66]) gerechnet.

---

[62] Der Prinzipal gilt als weniger risikoavers als der Agent, da davon ausgegangen wird, dass er als Eigentümer des Unternehmens das systematische Risiko aus der Beteiligung durch die Wahl seines Portfolios zu diversifizieren vermag wohingegen der Agent keine Diversifikationsmöglichkeit bzgl. seines Beschäftigungsrisikos besitzt (vgl. Eisenhardt (1989), S. 60-61; siehe auch Mas-Colell et al. (1995), S. 480).

[63] Vgl. Wagenhofer (1993), S. 167.

[64] Da das Ergebnis bzw. der Erfolg nicht nur vom Arbeitseinsatz des Agenten sondern auch von zufälligen, exogenen Einflüssen abhängt, kann der Agent im Fall eines Misserfolgs behaupten, dass dieser auf die exogenen Zufallseinflüsse zurückzuführen wäre, also z. B. eine allgemein schlechte, wirtschaftliche Situation (vgl. Wagenhofer (1993), S.165).

[65] z. B. Pfaff/Pfeiffer (2001), S. 388.

[66] z. B. Laffont/Martimort (2002), S. 4.

Im hier vorgestellten Prinzipal-Agenten-Problem erlangt der Agent seine private Information erst nach Vertragsabschluss (nachvertragliche Informationsasymmetrie), wenn er den für den Prinzipal unbeobachtbaren Arbeitseinsatz wählt. Dieser Problemtyp wird auch als „**Moral Hazard**" bezeichnet.[67] Daneben gibt es auch Agency-Probleme, die sich mit vorvertraglicher Informationsasymmetrie beschäftigen. Hier wird z. B. davon ausgegangen, dass es verschiedene Typen von Agenten (z. B. talentiertere und weniger talentierte) gibt, die im Unterschied zum Prinzipal ihren Typ kennen. Insofern könnte der Agent zum Vertragszeitpunkt falsche Angaben zu seinen Fähigkeiten machen. Diese Variante eines Agency-Problems wird als **„Adverse Selektion"** bezeichnet.[68] Der bekannteste Aufsatz zur Adversen Selektion stammt von Akerlof (1970): „The Market for Lemons", worin er sich mit dem Gebrauchtwagenmarkt beschäftigt. Neben reinen Moral-Hazard- sowie Adverse-Selektions-Modellvarianten gibt es auch kombinierte Modelle, aber deren Begriffsklassifikation wird in der Literatur unterschiedlich gehandhabt. Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit beschränken sich auf Moral-Hazard-Probleme.

2.1.2 Anwendungen der Prinzipal-Agenten-Theorie im Controlling

Einordnung ins Controlling

Der Untersuchungsgegenstand agencytheoretischer Analysen im Controlling bezieht sich v. a. auf dessen Koordinationsfunktion, wobei dem Controlling die Aufgabe zukommt, die verschiedenen Teilsysteme der Unternehmensführung zur Kompetenz- und Anreizgestaltung zu verbinden.[69] Man unterscheidet zwischen sachlicher und personeller Koordination.[70] Sachliche Koordinationsprobleme resultieren aus Interdependenzbeziehungen in Form von Ressourcen-, Erfolgs-, Risiko- oder Bewertungsverbunden in Unternehmen.[71] Personelle Koordinationsprobleme haben ihre Ursache dagegen in den in Unternehmen oft auftretenden Interessenkonflikten und asymmetrisch verteilter Information. Bei der Gestaltung und dem Einsatz von Controllinginstrumenten ist es somit sinnvoll, neben den sachlichen auch die personellen Koordinationsprobleme zu berücksichtigen. Insofern ist nicht nur die Entscheidungsfunktion des Controllings zur Unterstützung von (eigenen) Entscheidungen wie z. B. bzgl. des Produktionsprogramms, Preisgestaltung, Beschaffung usw., sondern auch die Verhaltenssteuerungs-

[67] Vgl. Eisenhardt (1989), S. 61; Rasmusen (2008), S. 181 sowie für weiterführende Informationen: Milgrom/Roberts (1992), S. 167-203.
[68] Vgl. Eisenhardt (1989), S. 61; Rasmusen (2008), S. 181 sowie für weiterführende Informationen: Milgrom/Roberts (1992), S. 149-154.
[69] Vgl. zu den nachfolgenden Ausführungen Pfaff/Pfeiffer (2001), S. 359-360.
[70] Vgl. ausführlich: Ewert/Wagenhofer (2008), S. 395-405.
[71] Vgl. Ewert/Wagenhofer (2008), S. 191-193 m. w. N.; vgl. auch Luhmer (2002), Sp. 1034.

funktion zur Beeinflussung der Entscheidungen anderer Entscheidungsträger von Bedeutung.[72] Die Verhaltenssteuerungsfunktion sollte insbesondere auch bei den sogenannten „originären“ Controllinginstrumenten berücksichtigt werden. Als solche werden übergreifende Koordinationsinstrumente bezeichnet, die im Unterschied zu den isolierten Koordinationsinstrumenten, die sich nur auf ein Führungsteilsystem beziehen, die Komponenten verschiedener Führungsteilsysteme, wie der Organisation, Personalführung, der Planung, Kontrolle und von Informationssystemen umfassen.[73] Zu diesen originären Instrumenten werden Ziel- und Kennzahlensysteme, Budgetierungssysteme sowie Verrechnungspreissysteme gezählt.[74] Für nähere Ausführungen zu Anwendungen der PAT bzgl. Budgets und Verrechnungspreissystemen wird an dieser Stelle auf Pfaff/Pfeiffer (2001)[75] sowie Ewert/Wagenhofer (2008)[76] verwiesen. Die Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind hauptsächlich im Bereich der Kennzahlensysteme angesiedelt. Ziel- und Kennzahlensysteme dienen nicht nur der Koordination und Steuerung sondern auch der Informationsanalyse.[77] Im Fokus agencytheoretischer Untersuchungen steht aber ihr Koordinationsaspekt. Hierbei geht es um die Vorgabe von Zielen oder Kennzahlen für die dezentralen Entscheidungsträger, nach denen sie dann im Zuge einer Leistungsbeurteilung bzw. Performancemessung bewertet werden. Die Vorgaben dienen dazu, die Ausrichtung der Aktionen der Entscheidungsträger auf das Gesamtziel sowie zur Abstimmung der unterschiedlichen Unternehmenseinheiten zu erreichen. Um diese Ausrichtung zu erzielen, bestimmt die Ausprägung der Kennzahlen typischerweise die dem Entscheidungsträger gewährten Anreize, so dass Kennzahlen in **Anreizsystemen** üblicherweise als Bemessungsgrundlagen verwendet werden.[78] In Anreizsystemen müssen neben den Bemessungsgrundlagen, d. h. den Performancemaßen bzw. Beurteilungsgrößen, noch die Entlohnungsart (monetärer oder auch immaterieller Art) sowie die Entlohnungsfunktion, die den Zusammenhang zwischen den Beurteilungsgrößen und der Kompensation angibt, spezifiziert werden.[79] Zur optimalen Gestaltung von Anreizsystemen, speziell der Wahl der Bemessungsgrundlagen und ihrer Verknüpfung mit der Entlohnungsfunktion, gibt es zahlreiche Untersuchungen auf Basis der Prinzipal-Agenten-Theorie, von denen einige grundlegende Beiträge, die in den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels eingehender vorgestellt werden, kurz benannt werden sollen.

[72] Siehe ausführlich Ewert/Wagenhofer (2008), S. 6-9; vgl. auch Christensen/Feltham (2005), S. 1-2.
[73] Vgl. Küpper (2005), S. 166.
[74] Vgl. Küpper (2005), S. 166.
[75] Vgl. Pfaff/Pfeiffer (2001), S. 375-388.
[76] Vgl. Ewert/Wagenhofer (2008), S. 393-448 sowie S. 571-632.
[77] Vgl. zu den folgenden Ausführungen zu Ziel- und Kennzahlensystemen: Pfaff/Pfeiffer (2001), S. 361.
[78] Vgl. Hofmann (2002), Sp. 77-78.
[79] Vgl. Ewert/Wagenhofer (2008), S. 404-405.

Wichtige Literaturbeiträge

Einen Überblick über die Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT) und ihre Anwendungen im Rechnungswesen geben z. B. Lambert (2001), Christensen (2002) und Indjejikian (1999). Das eingangs beschriebene grundlegende Prinzipal-Agenten-Problem (vgl. Abschnitt 2.1.1) wurde besonders von Mirrlees (1976) und darauf aufbauend von Holmström (1979) entwickelt und wird in Abschnitt 2.2.1 auf Basis des Beitrags von Holmström (1979) vorgestellt. Zur besseren Herausarbeitung der wesentlichen Modellergebnisse bzgl. der Abwägung zwischen den Zielen der optimalen Risikoteilung sowie der optimalen Anreizsetzung wird das grundlegende Prinzipal-Agenten-Modell auch noch in einer einfacheren, diskreten Modellvariante präsentiert, in der der Lösungsansatz von Grossman/Hart (1983) angewandt wird (vgl. Punkt 2.2.2). Das ursprünglich von Spremann (1987) entwickelte Prinzipal-Agenten-Modell auf Basis der LEN-Annahmen ermöglicht eine explizite Lösung der Entlohnungsparameter und wird in Abschnitt 2.2.3 erläutert. Da das LEN-Modell auf teilweise inkonsistenten Annahmen[80] beruht, wird zur Rechtfertigung dieses Ansatzes auf den Beitrag von Holmström/Milgrom (1987) Bezug genommen, worin gezeigt wird, dass das LEN-Modell als eine zulässige Vereinfachung eines weitaus komplexeren Modells interpretiert werden kann (siehe Abschnitt 2.2.3). Eine wesentliche Erkenntnis der PAT stellt das „Informativeness"-Prinzip von Holmström (1979) dar. Es besagt, dass jedes bzgl. des Arbeitseinsatzes des Managers informative Signal als Beurteilungsgröße in seinem Anreizvertrag verwendet werden sollte (vgl. Punkt 2.2.4). Darauf aufbauend zeigen Antle/Demski (1988), dass das „Informativeness"-Prinzip eine Abweichung von dem in der Controlling-Literatur und der Praxis anerkannten „Controllability"-Prinzip impliziert (vgl. Abschnitt 2.2.4, Fußnote 129). Ein weiterer Beitrag, der für die späteren Untersuchungen im Rahmen der Arbeit relevant ist, stammt von Baker (1992). Seine Analyse führt zu dem Ergebnis, dass es bei einer verzerrten Performancemessung trotz Risikoneutralität des Managers optimal ist, die Anreize abzuschwächen (vgl. Punkt 2.2.5). Neben diesen Prinzipal-Agenten-Modellen mit eindimensionalen Arbeitseinsatz wurden ausgehend von Holmström/Milgrom (1991) auch Prinzipal-Agenten-Modelle mit mehreren Aktivitäten des Agenten (sogenannte: Mehraktionen-Modelle bzw. Multitask-Modelle) entwickelt. Die Untersuchung im Rahmen des LEN-Modells von Holmström/Milgrom (1991) zeigt, dass es in Abhängigkeit vom Komplementaritätsgrad der Aktionen optimal sein kann, nur geringe oder gar keine Anreize zu setzen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Feltham/Xie (1994) bauen auf dem Multitask-Modell von Holmström/Milgrom (1991) auf, wobei sie allerdings eine

[80] Vgl. Abschnitt 2.2.3

Modellsituation mit technologisch unabhängigen Aktionen bei expliziter Berücksichtigung mehrerer Beurteilungsgrößen betrachten (vgl. Abschnitt 2.3.2). Wie aus der Überschrift von Kap. 2 deutlich wird, beziehen sich alle diese Beiträge auf Beurteilungsgrößen, die als verifizierbar angenommen werden. Untersuchungen auf Basis nichtverifizierbarer Performancemaße werden dagegen in Kapitel 3 behandelt (vgl. Kap. 3).

2.1.3 Neue Tendenzen in agencytheoretischen Untersuchungen

Der Hauptkritikpunkt an der normativen Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT) ist meist, dass die Modelle einerseits mathematisch sehr anspruchsvoll und anderseits die getroffenen Annahmen oftmals sehr einschränkend sind und somit dem in der Realität anzutreffenden Komplexitätsgrad nicht ausreichend gerecht werden würden. Speziell die in der PAT getroffenen Verhaltensannahmen wurden auch häufig von den Befürwortern der Agency-Theorie als Manko angesehen. So geben z. B. Laffont/Martimort (2002) an, dass neben dem Eigeninteresse der Individuen auch noch soziale und kulturelle Verhaltensnormen von großer Bedeutung sind[81], so dass deren Einbezug aus ihrer Sicht ein nächster wichtiger Schritt wäre.[82] Nach Auffassung von Milgrom/Roberts (1992) erzeugen die in der mikroökonomischen Analyse getroffenen Verhaltensannahmen, nämlich dass Individuen unmoralisch und streng eigennützig motiviert seien, ein extrem karikaturhaftes Abbild des Menschen, wobei die Annahmen aber nichtsdestoweniger zu äußerst brauchbaren Ergebnissen führen und somit aus ihrer Sicht meist gerechtfertigt erscheinen.[83] Auch Hax (1991) stellt fest, dass die Annahme der individuellen Rationalität, die sich in der Maximierung der Nutzenfunktion des Entscheiders konkretisiert, eine starke Vereinfachung menschlicher Verhaltensweisen darstellt und verweist in diesem Zusammenhang auf anders lautende Erkenntnisse der verhaltenswissenschaftlich orientierten Forschung.[84] Allerdings sieht er die Stärken des ökonomischen Ansatzes in seinem Potential zur Analyse von Märkten und den Interdependenzen zwischen den Marktteilnehmern.[85] Die Situation von damals, in der, wie Hax (1991) feststellte, mikroökonomische Ansätze in der Personalwirtschaft fast überhaupt nicht aufgegriffen wurden[86], hat sich mit der zunehmenden Beliebtheit der Prinzipal-Agenten-Theorie in den letzten 20 Jahren allerdings grundlegend geändert. Bei der Forschung zu Anreizsystemen, wo es zu Überschneidungen von Personalwirtschaft und Controlling kommt, konkurrieren verhaltenswissenschaft-

[81] Vgl. Laffont/Martimort (2002), S. 2.
[82] Vgl. Laffont/Martimort (2002), S. 3, Fußnote 1.
[83] Vgl. Milgrom/Roberts (1992), S. 42.
[84] Vgl. Hax (1991), S. 54.
[85] Vgl. Hax (1991), S. 66.
[86] Vgl. Hax (1991), S. 52 und S. 66.

liche und ökonomische Ansätze.[87] Die verhaltenswissenschaftlich orientierte Forschung basiert v. a. auf empirischen Untersuchungen wie z. B. Labor- oder Feldstudien und zielt darauf ab, die Wirkungsweise von Anreizsystemen zu erklären.[88] Dagegen ist das Ziel der ökonomisch fundierten Studien im Rahmen der PAT, wie bereits erläutert, die Ableitung von Aussagen über die optimale Gestaltung von Anreizsystemen.[89] Während Ewert/Wagenhofer (2008) eine Kombination beider Ansätze für schwierig halten und aufgrund dessen davon Abstand nehmen[90], werden in jüngerer Zeit zunehmend Bestrebungen deutlich, auch soziale Präferenzen von Individuen, z. B. zur Fairness, in modelltheoretische Untersuchungen zu integrieren. Ausgelöst durch neue Einsichten der experimentellen Wirtschaftsforschung[91] sowie durch die Erfahrungen der internationalen Finanz- und Wirtschaftskrise[92] von 2007-2010, gibt es nun vermehrt Beiträge, die Fairness-Überlegungen in formal-analytische Untersuchungen einbeziehen[93]. Zudem wird bspw. von Weber (2013) im Rahmen einer Abhandlung zum „verhaltensorientierten Controlling" gefordert, die kognitive Begrenzung der Akteure, welche sich z. B. in Wahrnehmungsverzerrungen und falschen Entscheidungsverfahren manifestiert, zu berücksichtigen.[94] Allerdings führt die explizite Modellierung von sozialen Präferenzen und kognitiven Fähigkeiten dazu, dass die Analysen auf der einen Seite komplexer werden und auf der anderen Seite ihr Gültigkeitsbereich eingeschränkt wird.[95] In der vorliegenden Arbeit wird aus diesem Grund auf eine analytische Berücksichtigung sozialer Präferenzen verzichtet, auch wenn die Annahme rein eigennütziger Individuen ebenso wie die Vernachlässigung intrinsischer Arbeitsmotive[96] natürlich modelltheoretische Vereinfachun-

---

[87] Vgl. Hofmann (2002), Sp. 69.

[88] Vgl. Hofmann (2002), Sp. 72-73. Bekannte verhaltenswissenschaftliche Erkenntnisse sind die Bedürfnispyramide von Maslow (1954) sowie die Zwei-Faktor-Theorie von Herzberg (1959), derzufolge Anreize in Motivatoren (v. a. immaterielle Anreize) und Hygienefaktoren (vorwiegend materielle Anreize) unterschieden werden, wobei die Hygienefaktoren nur zur Minderung von Unzufriedenheit beitragen können.

[89] Vgl. auch Hofmann (2002), Sp. 73.

[90] Vgl. Ewert/Wagenhofer (2008), S. 13-14.

[91] Für einen Überblick siehe Roth (1995).

[92] Einerseits wurde die Rolle der Bankmanager bei der Suche nach den Ursachen der Krise, die zu einem großen Teil auch in deren Streben nach einer hohen Vergütung bei gleichzeitiger Entkopplung vom Risiko gesehen wird, verstärkt hinterfragt, wobei Forderungen nach moralischem und verantwortlichem Handeln wieder größere Beachtung erfuhren. Auch die exzessiven und überwiegend als ungerecht empfundenen Bonuszahlungen an Finanzmanager insolventer Geldinstitute im Zuge der Krise rückten Fragen von ethischem und sozial verantwortlichem Verhalten sowie von Einkommensgerechtigkeit in den Mittelpunkt des gesellschaftlichen Interesses (vgl. z. B. Joffe (2013), Langhorst/Schäfer (2009), S. 27—28). Andererseits führte der drohende Zusammenbruch des globalen Finanzmarktes die Schwächen der in der neoklassischen Volkswirtschaftslehre getroffenen Annahmen einschließlich der Rationalitätsannahme der Marktteilnehmer deutlich vor Augen (vgl. Stiglitz (2009), S. 293-294).

[93] Vgl. z. B. Mayer/Pfeiffer (2004); Dierkes/Harreiter (2010); Engelmaier/Wambach (2010).

[94] Vgl. Weber (2013), S. 218.

[95] Vgl. Weber (2013), S. 221.

[96] Im Gegensatz zu extrinsischen Arbeitsmotiven, die z. B. aus der fixen oder variablen Entlohnung resultieren, werden intrinsische Motive durch den Vollzug der Arbeitsaufgaben ausgelöst und befriedigt (vgl. z. B. Hofmann (2002), Sp. 71).

gen darstellen. Diese müssen genauso wie die übrigen Annahmen bei der Übertragung der modelltheoretischen Erkenntnisse auf praktische Probleme in angemessener Weise beachtet werden. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden nun einige grundlegende agencytheoretische Erkenntnisse aus Prinzipal-Agenten-Modellen mit eindimensionalem Arbeitseinsatz (vgl. Abschnitt 2.2) und mit mehreren Arbeitsaufgaben (siehe Punkt 2.3), die für die weiteren Untersuchungen wichtig sind, eingehender betrachtet.

2.2 Agency-Modelle mit eindimensionalem Arbeitseinsatz

2.2.1 Grundmodell

Die folgenden Ausführungen basieren auf Holmström (1979). Untersucht wird eine Prinzipal-Agent-Beziehung, bei der der Prinzipal, der über eine Technologie zur Erstellung von Produkten oder Dienstleistungen verfügt, den Agenten mit der Leistung eines Arbeitseinsatzes a beauftragt. Die Arbeitsleistung ist unbeobachtbar und bestimmt das monetäre Ergebnis x der Geschäftsbeziehung, das dem Prinzipal zufließt. Das Ergebnis ist aber nicht allein vom Arbeitseinsatz sondern auch noch von einem zufälligen Umwelteinfluss ε abhängig, so dass gilt: $x \in x(a, \varepsilon)$. Die Fragestellung ist nun, wie das monetäre Ergebnis zwischen beiden Akteuren aufgeteilt werden soll, also wie der Entlohnungsvertrag $s(\cdot)$ des Agenten gestaltet sein soll. Die Nutzenfunktion des Prinzipals U^P ist nur von seinem Anteil am Ergebnis $x - s(\cdot)$ abhängig, wohingegen angenommen wird, dass der Agent eine additiv separierbare Nutzenfunktion der Form $U^A = u(s) - C(a)$ hat. Der Nutzen des Agenten hängt damit nicht nur von seinem monetären Nutzen aus der Entlohnung $u(s)$ sondern auch vom geleisteten Arbeitseinsatz a ab. Es wird angenommen, dass dem Agenten aus seiner Arbeitsleistung ein Disnutzen $C(a)$ entsteht (z. B. aus Arbeitsleid oder Opportunitätskosten der Zeit) und dieser mit zunehmender Anstrengung steigt. Weiterhin wird angenommen, dass der Agent risikoscheu bezüglich seiner Entlohnung ist, so dass seine Nutzenfunktion in der Entlohnung s konkav und in der Arbeitsleistung a konvex ist, d. h. $u' > 0,\ u'' < 0,\ C' > 0,\ C'' > 0$. Der Zielkonflikt zwischen Agent und Prinzipal besteht nun darin, dass der Arbeitseinsatz des Agenten das monetäre Ergebnis des Prinzipals erhöht ($x_a \geq 0$)[97], aber gleichzeitig dem Agenten einen Disnutzen verursacht. Der Prinzipal ist folglich an einem höheren Arbeitseinsatz interessiert, wohingegen der Agent einen niedrigen bevorzugt. Der Prinzipal ist risikoscheu oder risikoneutral, d. h. $U^{P''} \leq 0$. Diese Annahme ist recht allgemein, wobei in den nachfolgenden Modellen aber

[97] Soweit nicht explizit anders angegeben, geben tiefgestellte Indizes partielle Ableitungen an.

immer davon ausgegangen wird, dass der Prinzipal risikoneutral ist[98]. Weiterhin wird angenommen, dass nur das Ergebnis x (aber nicht der Arbeitseinsatz a) beobachtbar und durch eine dritte Instanz wie etwa ein Gericht verifizierbar ist, so dass der Entlohnungsvertrag nur auf x basieren kann. Da x allerdings nicht nur vom Arbeitseinsatz sondern auch vom zufälligen Umwelteinfluss ε abhängt, kann der Agent bei Auftreten eines schlechten Ergebnisses immer behaupten, dass dies nicht auf einen niedrigen Arbeitseinsatz, sondern auf ungünstige Umwelteinflüsse zurückzuführen wäre. Da davon ausgegangen wird, dass die Akteure ihren jeweiligen Erwartungsnutzen maximieren und sich potentiell opportunistisch verhalten, muss der Agent durch eine entsprechende Gestaltung des Entlohnungsvertrages bzw. Anreizvertrages zur Wahl der gewünschten Arbeitsleistung motiviert werden. Der zeitliche Ablauf gestaltet sich folgendermaßen: (1) Prinzipal und Agent schließen einen Vertrag mit dem Entlohnungsschema $s(x)$, (2) der Agent leistet seinen Arbeitseinsatz, (3) der für den Prinzipal unbeobachtbare Umwelteinfluss ε realisiert sich, (4) danach wird das Ergebnis x realisiert und (5) der Agent erhält die vertraglich festgelegte Entlohnung $s(x)$.

Notation im Überblick

a - Arbeitseinsatz des Agenten
ε - zufälliger Umwelteinfluss
x - monetäres Ergebnis $\quad x = x(a, \varepsilon)$
x_a - partielle Ableitung von x nach a $\quad x_a \geq 0$
$U^P(\cdot)$ - Nutzenfunktion des Prinzipals $\quad U^{P\prime\prime} \leq 0$
$U^A(s, a)$ - Nutzenfunktion des Agenten $\quad U^A(s, a) = u(s) - C(a) \quad u'' < 0$
$C(a)$ - Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz $\quad C' > 0, C'' > 0$
$s(x)$ - Entlohnung des Agenten
$x - s(x)$ Nettoergebnis des Prinzipals
U^R- Reservationsnutzen des Agenten

Das Optimierungsproblem des Prinzipals gestaltet sich wie folgt:

$$\max_{s(x),a} E\{U^P(x - s(x))\} \tag{2.1}$$

$$u.d.N. \quad E\{U^A(s(x), a)\} \geq U^R \tag{2.2}$$

$$a \in \underset{a' \in A}{argmax}\, E\{U^A(s(x), a'\} \tag{2.3}$$

Hier steht die Variable a für das optimale Arbeitseinsatzniveau, a' kennzeichnet die Menge aller Arbeitseinsätze und E ist der Erwartungswertoperator. Der Prinzipal maximiert seinen erwarteten Nutzen aus dem Nettoüberschuss nach $s(x)$ und a. Die Teilnahmebedingung bzw.

[98] Zur Begründung dieser Annahme vgl. Mas-Colell et al. (1995), S. 480; vgl. Eisenhardt (1989), S. 60-61) sowie Fußnote 62, S. 16.

Partizipationsbedingung (2.2) stellt sicher, dass der erwartete Nutzen des Agenten mindestens seinem Reservationsnutzen U^R, den er aus alternativer Beschäftigung oder Freizeit erhalten würde, entspricht. Andernfalls würde der Agent das Vertragsangebot des Prinzipals ablehnen. Die zweite Nebenbedingung (2.3) wird, wie bereits erwähnt, als Anreiznebenbedingung bezeichnet (vgl. Pkt. 2.1.1) und berücksichtigt den Umstand, dass aufgrund der Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes der Prinzipal das Einsatzniveau a nicht direkt vorschreiben kann, sondern stattdessen der Agent den Arbeitseinsatz wählt, der seinen erwarteten Nutzen auf Basis des vereinbarten Entlohnungsschemas $s(x)$ maximiert. Die Notation „argmax" kennzeichnet die Menge aller a, für die die Nebenbedingung erfüllt ist. Die Variable a wird hier als Entscheidungsvariable des Prinzipals angegeben, da dieser das Kalkül des Agenten berücksichtigt und somit indirekt den Arbeitseinsatz über das Entlohnungsschema $s(x)$ induziert. Weiterhin impliziert die Maximierung über a auch die Annahme, dass sich der Agent bei Indifferenz bezüglich mehrerer Handlungsalternativen für diejenige entscheidet, die den erwarteten Nutzen des Prinzipals maximiert.[99]

Das Optimierungsproblem löst Holmström (1979) über den parametrisierten Ansatz nach Mirrlees (1974, 1976). Dabei wird die Störvariable ε unterdrückt und das Ergebnis x selbst als Zufallsvariable mit der gleichen Verteilung wie die der Störvariable, allerdings parametrisiert vom Arbeitseinsatz a, angesehen. Die über a parametrisierte Verteilungsfunktion von x wird mit $F(x, a)$ bezeichnet. Es wird angenommen, dass F eine Dichtefunktion $f(x, a)$ besitzt, die zweifach in a differenzierbar ist, so dass f_a und f_{aa} existieren. Aus der Annahme $x_a \geq 0$ ergibt sich, dass $F_a(x, a) \leq 0$. Das bedeutet, dass mit einem höheren Arbeitseinsatz a die Wahrscheinlichkeit für höhere Ergebnisse x steigt bzw. die Wahrscheinlichkeit für ein gegebenes x mit zunehmendem Arbeitseinsatz sinkt, wobei die zweite Ungleichung für eine Teilmenge von $x \in X$ strikt erfüllt sein muss. Man spricht hierbei auch von der Bedingung stochastischer Dominanz erster Ordnung. Ferner wird angenommen, dass für einen beliebigen Arbeitseinsatz a prinzipiell alle Ergebnisse x möglich sein müssen (engl.: non-moving support), da der Prinzipal ansonsten möglicherweise von dem realisierten Ergebnis auf den Arbeitseinsatz schließen könnte und in diesem Fall Bestrafungsregeln optimal sein könnten, die hier aber nicht betrachtet werden sollen.[100] Das obige Optimierungsprogramm stellt sich nach formelmäßiger Wiedergabe der Erwartungswerte für die kontinuierliche Zufallsvariable x wie folgt dar:

[99] Vgl. Budde (2000), S. 21.
[100] Vgl. Holmström (1979), Fußnote 7.

$$\max_{s(x),a} \int U^P\big(x - s(x)\big) f(x|a)dx \tag{2.4}$$

$$u.d.N. \int \big[U^A\big(s(x)\big) - C(a)\big] f(x|a)dx \geq U^R \tag{2.5}$$

$$a \in \underset{a' \in A}{\operatorname{argmax}} \int \big[U^A\big(s(x)\big) - C(a')\big] f(x|a')dx \tag{2.6}$$

Zur Lösung des Optimierungsproblems wird die Anreizbedingung (2.6) durch die Bedingung erster Ordnung ersetzt, d. h. der erwartete Nutzen des Agenten wird nach a maximiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass dieser „First-Order-Ansatz“ zulässig ist[101], so dass (2.6) nun folgendermaßen ausgedrückt werden kann:

$$\int U^A\big(s(x)\big) f_a(x,a)dx = C'(a) \tag{2.7}$$

Um die Existenz einer Lösung sicherzustellen, wird angenommen, dass der Entlohnungsvertrag in einem Intervall $[p, q + x]$ liegen muss[102]. Die Lagrangefunktion wird aufgestellt:

$$L = \int U^P\big(x - s(x)\big) f(x|a)dx + \lambda_1 \left[\int U^A\big(s(x)\big) f(x|a)dx - C(a) - U^R\right] + \lambda_2 \left[\int U^A\big(s(x)\big) f_a(x|a)dx - C'(a)\right] \tag{2.8}$$

Die punktweise Ableitung nach s und Nullsetzen führt zur folgenden Bedingung erster Ordnung:

$$\frac{\partial L}{\partial s} = (-1)U^{P'}\big(x - s(x)\big) f(x|a) + \lambda_1\, U^{A'}\big(s(x)\big) f(x|a) + \lambda_2\, U^{A\prime}\big(s(x)\big) f_a(x|a) = 0 \tag{2.9}$$

Nach weiteren Umformungen erhält man dann:

$$\frac{U^{P\prime}\big(x - s(x)\big)}{U^{A\prime}\big(s(x)\big)} = \lambda_1 + \lambda_2 \frac{f_a(x|a)}{f(x|a)} \tag{2.10}$$

Der optimale Arbeitseinsatz a wird durch die partielle Ableitung der Lagrangefunktion nach a bestimmt.

$$\frac{\partial L}{\partial a} = \int U^P\big(x - s(x)\big) f_a(x|a)dx + \lambda_1 \left[\int U^A\big(s(x)\big) f_a(x|a)dx - C'(a)\right] + \lambda_2 \left[\int U^A\big(s(x)\big) f_{aa}(x|a)dx - C''(a)\right] = 0 \tag{2.11}$$

Aus (2.7) ergibt sich, dass der Term in Klammern hinter λ_1 in (2.11) gleich null ist und somit entfällt, so dass sich die Bedingung erster Ordnung folgendermaßen vereinfacht:

[101] Für Bedingungen zur Zulässigkeit des First-Order-Ansatzes vgl. Mirrlees (1999) und Rogerson (1985).
[102] Vgl. Holmström (1979), S. 77.

$$\int U^P\big(x - s(x)\big)\, f_a(x|a)dx + \lambda_2 \left\{ \int U^A\big(s(x)\big)\, f_{aa}(x|a)dx - C''(a) \right\} = 0 \qquad (2.12)$$

Um zu Einsichten über die Struktur des optimalen Anreizvertrages gelangen zu können, müssen die bisherigen Ergebnisse der sogenannten Second-best-Lösung mit der First-best-Lösung verglichen werden. Bei der **First-best-Lösung** wird angenommen, dass der Arbeitseinsatz des Agenten im Gegensatz zur bisher getroffenen Annahme allgemein beobachtbar und verifizierbar ist. Somit kann der Prinzipal den gewünschten Arbeitseinsatz vertraglich vorgeben, so dass die Anreizbedingung (2.3) nun entfällt. Das Optimierungsproblem des Prinzipals verkürzt sich demnach zu:

$$\max_{s(x),\ a} \int U^P\big(x - s(x)\big) f(x|a)dx \qquad (2.13)$$

$$u.d.N. \quad \int \big[U^A\big(s(x)\big) - C(a)\big] f(x|a)dx \geq U^R \qquad (2.14)$$

Durch punktweise Optimierung der Lagrangefunktion nach s erhält man:

$$\frac{U^{P\prime}(x - s(x))}{U^{A\prime}(s(x))} = \lambda_1 \qquad (2.15)$$

Bei beobachtbarem Arbeitseinsatz hat der optimale Entlohnungsvertrag nur die Aufgabe, eine optimale Risikoteilung zu gewährleisten, wohingegen keine Anreize für die Wahl des vom Prinzipal gewünschten Arbeitseinsatzes nötig sind. Aus (2.15) ist erkennbar, dass bei optimaler Risikoteilung das Verhältnis der Grenznutzen des Prinzipals und des Agenten eine Konstante ist. Im Second-best-Fall ist der optimale Anreizvertrag dagegen durch Gleichung (2.10) charakterisiert.

Satz 2.1 *(Holmström (1979), Prop. 1, Corollary 2) Unter der Annahme, dass* $\boldsymbol{C'} > 0$ *und* $\boldsymbol{F_a} \leq \mathbf{0}$ *(mit strikter Ungleichheit für einige x-Werte), ist* $\boldsymbol{\lambda_2} > 0$ *bzw. würde sich der Prinzipal bei gegebenem Second-best-Vertrag eine höhere Arbeitsanstrengung des Agenten wünschen. Die Second-best-Lösung s(x) ist strikt schlechter als die First-best-Lösung.*

Beweis: siehe Holmström (1979)

Dadurch, dass der Lagrange-Multiplikator für die Anreizbedingung größer als null ist, stellt die Anreizbedingung im Second-best-Fall eine Beschränkung dar, so dass das Arbeitseinsatzniveau a geringer ist als im First-best-Fall. Es wird keine pareto-optimale[103] Risikoteilung zwischen Agent und Prinzipal erreicht, da aus Gleichung (2.9) für $\lambda_2 > 0$ folgt, dass $U^{P\prime}(x - (s(x))f(x|a) \neq \lambda_1 \, U^{A\prime}\big(s(x)\big)f((x|a)$ sofern $f_a(x|a) \neq 0$, so dass anders als im First-best-Fall (vgl. Gleichung (2.15)) das Verhältnis der Grenznutzen des Prinzipals und des Agenten hier keine Konstante darstellt.[104] Der Fall, dass $f_a(x|a) = 0$ kann ausgeschlossen werden, da dies im Widerspruch zur angenommenen stochastischen Dominanz 1. Ordnung wäre ($F_a < 0$ für einige x-Werte)[105].

Das hier vorgestellte Grundmodell ermöglicht einige wichtige generelle Einsichten zur Gestalt des optimalen Anreizvertrages. Es ist allerdings nicht möglich, eine explizite Lösung für den optimalen Vertrag oder den erwarteten Nutzen der Beteiligten herzuleiten. Dazu ist die Spezifizierung weiterer Annahmen nötig, weswegen in den folgenden beiden Abschnitten die diskrete Variante des Grundmodells (in 2.2.2) und auch das sogenannte LEN-Modell (in 2.2.3) betrachtet werden sollen.

2.2.2 Diskrete Variante des Grundmodells

In diesem Abschnitt sollen nun einige spezifischere Annahmen als im vorhergehenden Unterkapitel getroffen werden, um zu weiteren Erkenntnissen bezüglich der Gestalt des optimalen Vertrages zu gelangen. Es wird davon ausgegangen, dass der Prinzipal risikoneutral ist und sowohl der Arbeitseinsatz des Agenten als auch das monetäre Ergebnis der Vertragsbeziehung, das dem Prinzipal zusteht, binär sind. Das Kapitel basiert hauptsächlich auf den Ausführungen von Laffont/ Martimort (2002)[106] und ergänzend auf Mas-Colell et al. (1995)[107]. Der Arbeitseinsatz bzw. das Anstrengungsniveau des Agenten kann entweder hoch oder niedrig sein $a \in \{a^h, a^l\}$, wobei das höhere Arbeitseinsatzniveau auch mit einem höheren Disnutzen $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$ verbunden ist. Auch das monetäre Äquivalent des Arbeitsergebnisses für den Prinzipal kann nur zwei Werte annehmen $x \in \{x^h, x^l\}$, wobei $x^h - x^l > 0$ gelten soll. Die Abhängigkeit des monetären Ergebnisses x vom Arbeitseinsatz und von zufälligen Umwelteinflüssen wird hier über die Annahme modelliert, dass die Wahrscheinlichkeit

[103] Der Begriff der Pareto-Optimalität ist nach dem italienischen Ökonom Vilfredo Pareto benannt. Eine Ressourcenverteilung ist pareto-effizient bzw. -optimal, wenn man niemanden durch eine alternative Aufteilung besser stellen kann ohne dabei gleichzeitig einen anderen schlechter zu stellen (vgl. Milgrom/Roberts (1992), S. 23).
[104] Vgl. Gillenkirch (1997), S. 73.
[105] Vgl. Holmström (1979), S. 78.
[106] Vgl. Laffont/Martimort (2002), S. 145-161.
[107] Vgl. Mas-Colell et al. (1995), S. 477-487.

für das hohe Ergebnis x^h bei Wahl des hohen Anstrengungsniveaus höher ist als beim niedrigen Arbeitseinsatzniveau:

$Prob(x = x^h|a = a^h) = f(x^h|a^h) > Prob(x = x^h|a = a^l) = f(x^h|a^l)$.

Der hohe Arbeitseinsatz verbessert das Ergebnis im Sinne stochastischer Dominanz erster Ordnung, denn es gilt $F(x|a^h) \leq F(x|a^l)$ für alle x mit strenger Ungleichung für eine Teilmenge von x:

$F(x^l|a^h) = Prob(x \leq x^l|a^h) = 1 - f(x^h|a^h) < F(x^l|a^l) = Prb(x \leq x^l|a^l) = 1 - f(x^h|a^l)$

$F(x^h|a^h) = Prob(x \leq x^h|a^h) = 1 = F(x^h|a^l) = Prob(x \leq x^h|a^l)$

Die Entlohnungszahlungen können wieder nur auf dem allgemein beobachtbaren und verifizierbaren Ergebnis beruhen und entsprechen den möglichen Ausprägungen x^h und x^l. Alle weiteren Variablen gelten wie zuvor, insbesondere wird auch wieder aus Vereinfachungsgründen von einer additiv-separablen Nutzenfunktion des Agenten der Form $U^A = u(s) - C(a)$ ausgegangen, wobei die Umkehrfunktion von $u(s)$ mit $h(\cdot)$ angegeben wird und ansteigend und konvex ist ($h' > 0, h'' > 0$).

Notation im Überblick

Arbeitseinsatz: $a \in \{a^h, a^l\}$ $a^h > a^l$
Monetäres Ergebnis: $x \in \{x^h, x^l\}$ $(x^h > x^l)$
Disnutzen: $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$
Nutzenfunktion Agent: $U^A = u(s) - C(a)$ $u' > 0, u'' < 0$
Umkehrfunktion: $u^{-1}(\cdot) \equiv h(\cdot)$ $h' > 0, h'' > 0$
Reservationsnutzen: U^R
Entlohnung: $s(x) = \begin{cases} s^H \; bei \; x = x^h \\ s^L \; bei \; x = x^l \end{cases}$
Wahrscheinlichkeiten: $f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$

Das Optimierungsproblem des Prinzipals gestaltet sich unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen wie folgt:

$$\max_{a \in \{a^h|a^l\}, s^H, s^L} EU^P = f(x^h|a)(x^h - s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)(x^l - s^L) \quad (2.16)$$

$$u.d.N. \, EU^A = f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a) \geq U^R \quad (2.17)$$

$$a \in \max EU^A = f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a) \quad (2.18)$$

Der risikoneutrale Prinzipal maximiert in (2.16) seinen erwarteten Nettoüberschuss aus dem erwarteten monetären Ergebnis x abzüglich der an den Agenten zu zahlenden erwarteten Entlohnung hinsichtlich des optimalen Arbeitseinsatzes und der Entlohnungszahlungen s^H und s^L. Dabei berücksichtigt er wiederum die Teilnahmebedingung (2.17), die sicherstellt, dass der erwartete Nutzen des risikoscheuen Agenten mindestens seinem Reservationsnutzen entspricht, so dass dieser das Vertragsangebot annimmt. Dabei wird immer davon ausgegangen, dass es der Prinzipal als lohnenswert erachtet, den Agenten einzustellen. Des Weiteren muss die Anreiznebenbedingung (2.18) beachtet werden, die berücksichtigt, dass der Agent das Arbeitseinsatzniveau wählt, das seinen erwarteten Nutzen maximiert. Der Prinzipal muss nun entscheiden, zu welchem Arbeitseinsatz er den Agenten motivieren möchte und welcher Entlohnungsvertrag dafür verwendet werden soll. Die Lösung kann in zwei Schritten erfolgen, indem zuerst für jeden Arbeitseinsatz der optimale Vertrag ermittelt und dann geprüft wird, welches Arbeitseinsatzniveau das bessere ist. Dieser Lösungsansatz stammt von Grossmann/Hart (1983) und umgeht auf das in 2.2.1 hingewiesene Problem des First-Order-Ansatzes (siehe Fußnote 101). Bei nur zwei möglichen Arbeitseinsatzniveaus muss nur a^h entsprechend motiviert werden, denn a^l leistet der Agent von sich aus, wobei aber auf die konkrete Formulierung der Anreizbedingung für a^h erst weiter unten eingegangen werden soll. Zuerst wird unterstellt, dass der Arbeitseinsatz des Agenten beobachtbar und verifizierbar wäre, so dass keine Informationsasymmetrie zwischen Agent und Prinzipal besteht und der optimale Anreizvertrag nur für eine pareto-optimale Risikoteilung zu sorgen hat. Wir betrachten hier also ähnlich wie in 2.2.1 erst einmal den First-best-Fall.

First-best-Vertrag bei beobachtbarem Arbeitseinsatz

Wenn der Arbeitseinsatz allgemein beobachtbar und durch einen unabhängigen Dritten wie z. B. ein Gericht verifizierbar ist, kann der Prinzipal den gewünschten Arbeitseinsatz vertraglich vorgeben, so dass die Anreizbedingung (2.18) im oben formulierten Problem entfällt. Denn für den Fall, dass die geforderte Arbeitsleistung nicht erbracht wird, könnten harte Strafen folgen. Die oben angegebene Zielfunktion zur Maximierung des erwarteten Überschusses (2.16) ist äquivalent zur Minimierung der erwarteten Entlohnung des Agenten, so dass sich das Optimierungsproblem nun wie folgt darstellt:

$$\min_{s^H,s^L} f(x^h|a)s^H + \left(1 - f(x^h|a)\right)s^L$$

$$u.d.N.$$

$$EU^A = f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a) \geq U^R$$

Die Lagrangefunktion zur Lösung dieses nichtlinearen Optimierungsproblems ergibt sich nach Konvertierung in die Grundform als Maximierungsproblem mit Kleiner-gleich-Nebenbedingungen[108] wie folgt:

$$L = -f(x^h|a)s^H - \left(1 - f(x^h|a)\right)s^L$$
$$+ \lambda_1 \left(f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - c_h - U^R\right)$$

Aus den Optimalitätsbedingungen erster Ordnung (siehe (2.19) und (2.20)) ist ersichtlich, dass die Entlohnung nicht in x variiert, sondern der Agent im optimalen Vertrag eine Fixzahlung erhält und somit perfekt versichert ist.

$$\frac{\partial L}{\partial s^H} = -f(x^h|a) + \lambda f(x^h|a)u'(s^H) = 0 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1}{u'(s^H)} \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial L}{\partial s^L} = -\left(1 - f(x^h|a)\right) + \lambda\left(1 - f(x^h|a)\right)u'(s^L) = 0 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{1}{u'(s^L)} \quad (2.20)$$
$$\Rightarrow s^H = s^L = s^* \ \ und\, \lambda_1 > 0$$

Der Lagrange-Multiplikator λ_1 der Teilnahmebedingung ist größer als null, so dass diese Nebenbedingung bindet und der Agent einen erwarteten Nutzen in Höhe seines Reservationsnutzens erhält. Aus der bindenden Teilnahmebedingung lässt sich die optimale Entlohnung s^* ermitteln:

$$f(x^h|a)u(s^*) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^*) - C(a) = U^R$$
$$u(s^*) = C(a) + U^R \quad \rightarrow \quad s^* = u^{-1}(C(a) + U^R) = h(C(a) + U^R) \quad (2.21)$$

Da angenommen wurde, dass: $c_h < c_l$, ist die Entlohnung bei Induzieren des hohen Anstrengungsniveaus a^h größer als bei a^l: $s^*(a^h) = h(c_h + U^R) > s^*(a^l) = h(c_l + U^R)$. Der erwartete Nutzen für den Prinzipal beträgt:

$$EU^P(a) = f(x^h|a)(x^h) + \left(1 - f(x^h|a)\right)(x^l) - h(C(a) + U^R) \quad (2.22)$$

Das Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes ist somit optimal, wenn der erwartete Überschuss des Prinzipals bei a^h größer ist als bei a^l: $EU^P(a^h) \geq EU^P(a^l)$. Es lässt sich insgesamt feststellen, dass sich der optimale Arbeitseinsatz aus einem Vergleich der Zunahme des erwarteten monetären Ergebnisses durch Leistung von a^h (anstelle von a^l) mit der Zunahme der da-

[108] Vgl. Intriligator (2002), S. 44-45.

mit verbundenen Kosten aus dem höheren Disnutzen bestimmen lässt. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 2.2 *(Mas-Colell et al. (1995), Prop. 14.B.1) In dem Prinzipal-Agent-Modell mit beobachtbarem Arbeitseinsatz gibt der optimale Vertrag dem Agenten einen Arbeitseinsatz* $\boldsymbol{a}^*$ *vor, der den erwarteten Nutzen des Prinzipals:*

$EU^P(a) = f(x^h|a)(x^h) + \left(1 - f(x^h|a)\right)(x^l) - h(C(a) + U^R)$ *maximiert und wofür der Agent die fixe Vergütung* $s^{FB} = h(C(a) + U^R)$ *erhält. Das ist der einzige optimale Vertrag für* $u'' < 0$.

Risikoneutraler Agent

Bei beobachtbarem Arbeitseinsatz führt der optimale Vertrag zu einem Induzieren der effizienten Arbeitsleistung und zur vollständigen Übernahme des Geschäftsrisikos durch den risikoneutralen Prinzipal, wohingegen der risikoscheue Agent über eine Fixzahlung perfekt versichert wird. Wenn der Arbeitseinsatz dagegen nicht beobachtbar ist, kann es zu Ineffizienzen kommen, denn der risikoaverse Agent muss zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes am risikobehafteten Ergebnis beteiligt werden. Wird dagegen angenommen, dass der Agent ebenfalls risikoneutral sei, kann auch bei Informationsasymmetrie die First-best-Lösung erreicht werden. Dies kann u. a. über eine sogenannte „**Verpachtungslösung**“ erreicht werden, die im Folgenden kurz vorgestellt wird.

Es wird angenommen, dass der Prinzipal dem Agenten den Entlohnungsvertrag $\mathrm{s(x) = x - \alpha}$ anbietet, wobei α eine Konstante darstellt. Das kann so interpretiert werden, dass der Prinzipal das Unternehmen an den Agenten verpachtet. Der Agent erhält das monetäre Ergebnis x und zahlt dafür einen Fixbetrag α, eine Art Pacht, an den Prinzipal. Wenn der (risikoneutrale) Agent den Vertrag annimmt, wählt er den Arbeitseinsatz, der seinen erwarteten Nutzen maximiert:

$$\begin{aligned} EU^A &= f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a) \\ &= f(x^h|a)x^h + \left(1 - f(x^h|a)\right)x^l - \alpha - C(a) \end{aligned} \tag{2.23}$$

Wenn man (2.23) mit der Gleichung in Satz 2.2 vergleicht, erkennt man, dass a^* den Verpachtungsvertrag maximiert, so dass mit dem angebotenen Vertrag der First-best-

Arbeitseinsatz induziert wird.[109] Der Agent würde den Vertrag annehmen, sofern er mindestens seinen Reservationsnutzen erhält:

$$EU^A = f(x^h|a)x^h + \left(1 - f(x^h|a)\right)x^l - \alpha - C(a) \geq U^R$$

Aus der bindenden Teilnahmebedingung ergibt sich die an den Prinzipal zu zahlende Pacht mit:

$$\alpha = f(x^h|a)x^h + \left(1 - f(x^h|a)\right)x^l - C(a) - U^R \tag{2.24}$$

Bei einem Vergleich von (2.24) mit (2.22) wird ersichtlich, dass der Prinzipal den gleichen erwarteten Überschuss wie bei beobachtbarem Arbeitseinsatz erzielt. Das Gleiche gilt für den Agenten, der auch hier wieder seinen Reservationsnutzen erlangt.

Satz 2.3 *(Mas-Colell et al. (1995), Prop. 14.B.2) In dem Prinzipal-Agent-Modell mit unbeobachtbarem Arbeitseinsatz und einem risikoneutralen Agenten impliziert der optimale Vertrag denselben Arbeitseinsatz und denselben Nutzenerwartungswert für den Agenten und den Prinzipal wie wenn der Arbeitseinsatz beobachtbar ist.*

Second-best-Vertrag bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz

Bisher wurde gezeigt, dass sich die aus der Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes ergebenden Moral-Hazard-Probleme bei Risikoneutralität des Agenten komplett vermeiden lassen. Mit der oben vorgestellten Verpachtungslösung kann die First-best-Lösung erreicht werden. Wenn der Agent aber risikoscheu ist, ist dies nicht mehr der Fall. Der Prinzipal bestimmt den optimalen Anreizvertrag durch Lösung des oben vorgestellten Optimierungsproblems (2.16)-(2.18):

$$\max_{a \in \{a^h|a^l\}, s^H, s^L} EU^P = f(x^h|a)(x^h - s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)(x^l - s^L)$$

$$u.d.N.\ EU^A = f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a) \geq U^R$$

$$a \in max\ EU^A = f(x^h|a)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)u(s^L) - C(a)$$

Wie bereits erwähnt, ist hier eine schrittweise Vorgehensweise angebracht, indem zuerst für jeden Arbeitseinsatz der optimale Vertrag bestimmt und anschließend geprüft wird, welches Anstrengungsniveau dem Prinzipal einen höheren erwarteten Überschuss einbringt. Für den

---

[109] Ein risikoneutraler Agent kann z. B. die Nutzenfunktion u(s)=s haben, so dass gilt: $h(C(a) + U^R) = C(a) + U^R$.

optimalen Vertrag zum Induzieren des **niedrigen Arbeitseinsatz**es gilt, dass bei nur zwei möglichen Arbeitseinsatzniveaus der Agent bei gleicher Entlohnung immer den niedrigeren Arbeitseinsatz a^l wählen würde. Denn dieser ist mit einem geringeren Disnutzen verbunden. Zum Induzieren von a^l sind deshalb keine monetären Anreize nötig, so dass der Prinzipal nur die First-best-Entlohnung, d. h. die geringste mögliche Entlohnung in Höhe von $s^*(a^l) = h(c_l + U^R)$ anbieten würde. Dieser Vertrag gewährt dem Agenten einen Nutzenerwartungswert in Höhe seines Reservationsnutzens, so dass er den Vertrag annimmt und a^l leistet. Wenn der Agent dagegen zur Erbringung des **hohen Arbeitseinsatzes** veranlasst werden soll, muss über die Anreizbedingung sichergestellt werden, dass der erwartete Nutzen des Agenten bei der Wahl von a^h größer oder wenigstens genauso hoch ist wie bei der Leistung von a^l. Wenn der Prinzipal das hohe Arbeitseinsatzniveau a^h induzieren möchte, gestaltet sich sein Optimierungsproblem wie folgt:

$$\min_{s^H, s^L} f(x^h|a^h)s^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)s^L \equiv E(s)_x$$

$$u.d.N.\, f(x^h|a^h)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^L) - c_h \geq U^R \tag{2.25}$$

$$\begin{aligned} f(x^h|a^h)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^L) - c_h \\ \geq f(x^h|a^l)u(s^H) + \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u(s^L) - c_l \end{aligned} \tag{2.26}$$

Der Prinzipal minimiert die an den Agenten zu zahlende erwartete Entlohnung nach s(x) unter der Teilnahmebedingung (2.25) und der Anreizbedingung (2.26). Bei der Überführung dieses Programms in ein Maximierungsproblem mit Kleiner-gleich-Restriktionen ist nicht offensichtlich, dass es sich dabei um ein konkaves Programm handelt, für das die lokalen Kuhn-Tucker-Bedingungen nötig und ausreichend zur Charakterisierung des Maximums sind.[110] Denn in (2.26) erscheint die konkave Nutzenfunktion $u(s)$ auf beiden Seiten der Ungleichung, so dass die Anreizbedingung dann möglicherweise nicht konvex ist. Mit einer Transformation des Programms kann allerdings gezeigt werden, dass das Optimierungsproblem tatsächlich konkav ist. Die Funktion $u(s)$ wird dabei durch die ex post erreichten Nutzenniveaus des Agenten u^H und u^L ersetzt und dementsprechend tauschen wir auch $s^H = u^{-1}\left(u(s^H)\right) = h(u^H)$ und $s^L = h(u^L)$:

[110] Vgl. Intriligator (2002), S. 49-52 i. V. m. S. 44-46 sowie Laffont/Martimort (2002), S. 158.

$$\max_{u^H,u^L} -f(x^h|a^h)h(u^H) - \left(1 - f(x^h|a^h)\right)h(u^L)$$

$$u.d.N. -f(x^h|a^h)u^H - \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L + c_h \leq -U^R$$

$$f(x^h|a^l)u^H - f(x^h|a^h)u^H + \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u^L - \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L + c_h - c_l \leq 0$$

Dadurch werden die beiden Nebenbedingungen linear und die Zielfunktion streng konkav in u $(denn\ h'' > 0\ und\ \ -h'' < 0)$. Die Lösung erfolgt ausgehend von der Lagrangefunktion:

$$\begin{aligned} L = {} & -f(x^h|a^h)h(u^H) - \left(1 - f(x^h|a^h)\right)h(u^L) \\ & + \lambda_1\left(f(x^h|a^h)u^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L - c_h - U^R\right) \\ & + \lambda_2\left(f(x^h|a^h)u^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L - f(x^h|a^l)u^H - \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u^L \right. \\ & \left. - c_h + c_l\right) \end{aligned}$$

Aus dieser lassen sich die Optimalitätsbedingungen erster Ordnung bestimmen:

$$\frac{\partial L}{\partial u^H} = -f(x^h|a^h)h'(u^H) + \lambda_1 f(x^h|a^h) + \lambda_2\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right) = 0 \tag{2.27}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial u^L} = {} & -\left(1 - f(x^h|a^h)\right)h'(u^L) + \lambda_1\left(\left(1 - f(x^h|a^h)\right)\right) \\ & + \lambda_2\left(\left(1 - f(x^h|a^h)\right) - \left(1 - f(x^h|a^l)\right)\right) = 0 \end{aligned} \tag{2.28}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = f(x^h|a^h)u^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L - c_h - U^R \geq 0 \tag{2.29}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = {} & f(x^h|a^h)u^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^L - f(x^h|a^l)u^H - \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u^L \\ & - c_h + c_l \geq 0 \end{aligned} \tag{2.30}$$

Nach einem Rücktausch der Variablen und unter Verwendung der Regel $u^{-1\prime}(u) = \frac{1}{u'(u^{-1}(u))}$ bzw. $h'(u) = \frac{1}{u'(s)}$ ergibt sich nach Umstellung und Addition von (2.27) und (2.28) die folgende Ungleichung:

$$\lambda_1 = \frac{f(x^h|a^h)}{u'(s^H)} + \frac{\left(1 - f(x^h|a^h)\right)}{u'(s^L)} > 0 \tag{2.31}$$

Da angenommen wurde, dass $u' > 0$, ist der Lagrange-Multiplikator λ_1 größer als null, d. h. dass die Teilnahmebedingung mit Gleichheit erfüllt ist. Durch Einsetzen von λ_1 in (2.27) und weiteren Umformungen gelangt man zu:

$$\lambda_2 = \frac{f(x^h|a^h)\left(1 - f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)}\left(\frac{1}{u'(s^H)} - \frac{1}{u'(s^L)}\right) > 0 \tag{2.32}$$

Auch der Lagrange-Multiplikator der Anreizbedingung ist größer als null, denn der rechte Klammerausdruck in (2.32) ist immer positiv, was im Folgenden kurz verdeutlicht werden soll. Nach einer Umformung der Anreizbedingung (2.26) erhält man:

$$u(s^H) - u(s^L) \geq \frac{c_h - c_l}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} > 0$$

Aus der Ungleichung $u(s^H) > u(s^L)$ folgt wiederum, dass $s^H > s^L$, da angenommen wurde, dass $u' > 0$. Dadurch, dass $s^H > s^L$, gilt $u'(s^H) < u'(s^L)$, da $u'' < 0$ per Annahme. Somit ist $\frac{1}{u'(s^H)} > \frac{1}{u'(s^L)}$ und $\lambda_2 > 0$. Es bindet also auch die Anreizbedingung, so dass s^H und s^L aus den beiden bindenden Nebenbedingungen (2.25) und (2.26) gelöst werden können. Bei einem Vergleich dieser Lösung mit dem First-best-Vertrag bei beobachtbarem Arbeitseinsatz wird deutlich, dass bei Gewährung einer Fixzahlung $s^* = s^H = s^L$ die Anreizbedingung (2.26) nicht erfüllt wäre. Insofern wird der risikoscheue Agent bei bestehender Informationsasymmetrie nicht mehr perfekt versichert, sondern bekommt auch einen Teil des Risikos aufgebürdet.

Satz 2.4 *(vgl. Laffont/Martimort (2002), Prop. 4.4) Wenn der Agent strikt risikoavers ist, binden im optimalen Anreizvertrag, der den hohen Arbeitseinsatz* $\boldsymbol{a^h}$ *induziert, die Teilnahme- und Anreizbedingung. Der Agent wird nicht perfekt versichert, stattdessen spezifiziert der optimale Vertrag die beiden folgenden Second-best-Entlohnungen:*

$$s^H = h\left(\frac{\left(1 - f(x^h|a^l)\right)c_h + (f(x^h|a^h) - 1)c_l}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)$$
$$s^L = h\left(\frac{(f(x^h|a^h)c_l - f(x^h|a^l)c_h)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)$$

Da dem risikoaversen Agenten nun Risiko aufgebürdet wird, wird die zur Motivation von a^h zu zahlende erwartete Entlohnung zum Ausgleich des Reservationsnutzens höher sein als im First-best-Fall, da dem Agenten jetzt noch eine Risikoprämie gezahlt werden muss. Das kann formal mit Hilfe der Jensenschen Ungleichung gezeigt werden. Diese besagt, dass für eine konkave Funktion f und eine Zufallsvariable x mit Erwartungswert $E(x)$ gilt, dass $f\Big(E(x) \geq E\big(f(x)\big)\Big)$.[111] Die Nutzenfunktion des Agenten $u(s)$ wird als streng konkav angenommen, insofern gilt:$u\big(E(s^{SB})\big) > E\big(u(s^{SB})\big)$.[112] Aus der bindenden Teilnahmebedingung (2.25) ergibt sich:$E\big(u(s^{SB})\big) = c_h + U^R$, was gleichzeitig dem Nutzenniveau des Agenten bei beobachtbarem Arbeitseinsatz $u(s^{FB})$ entspricht (siehe (2.21). Aus der sich so ergebenden Ungleichung $u\big(E(s^{SB})\big) > u(s^{FB})$ folgt, dass:$E(s^{SB}) > s^{FB}$, denn:$u'(s) > 0$. Man stellt also fest, dass bei einem Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes die erwarteten Kosten für den Prinzipal höher sind als im First-best-Fall.

Abschließend muss noch bestimmt werden, welcher Arbeitseinsatz des Agenten für den Prinzipal vorteilhafter ist. Für das niedrige Anstrengungsniveau a^l wären die Entlohnungskosten die gleichen wie im First-best-Fall, aber für den hohen Arbeitseinsatz a^h wären sie nun höher als bei Informationssymmetrie. Falls a^l im First-best-Fall optimal ist, ist es das auch bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz. Falls dagegen a^h im First-best-Fall optimal ist, kann es nun entweder auch im Second-best-Fall noch optimal sein oder die Risikoprämie ist zu hoch und der niedrige Arbeitseinsatz a^l ist dann vorteilhafter für den Prinzipal.[113] Sofern das hohe Anstrengungsniveau a^h im First-best-Fall optimal ist, kommt es durch die Nichtbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes immer zu einem Wohlfahrtsverlust. Dieser Wohlfahrtsverlust trifft allein den Prinzipal, denn der Agent erhält in beiden Fällen seinen Reservationsnutzen.

Satz 2.5 *(vgl. Mas-Colell et al. (1995), Prop. 14.B.3) In dem Prinzipal-Agent-Modell mit unbeobachtbarem Arbeitseinsatz, einem risikoscheuen Agenten und zwei möglichen Arbeitseinsatzniveaus, gewährt der optimale Anreizvertrag zum Induzieren von $\boldsymbol{a^h}$ dem Agenten einen erwarteten Nutzen in Höhe seines Reservationsnutzens und beinhaltet eine höhere erwartete Entlohnung als im First-best-Fall. Der optimale Anreizvertrag zum Induzieren von $\boldsymbol{a^l}$ beinhaltet dieselbe Fixzahlung wie im First-best-Fall. Wenn $\boldsymbol{a^h}$ im First-best-Fall optimal ist, entsteht durch die Informationsasymmetrie ein Wohlfahrtsverlust.*

Die Wohlfahrtseinbußen können einerseits daraus resultieren, dass der Prinzipal anders als in der First-best-Lösung nur noch den niedrigen Arbeitseinsatz anstelle des hohen induziert.

[111] Vgl. Kusolitsch (2011), S. 215.
[112] Die hochgestellten Indizes „SB“ und „FB“ geben hier die Second-best- und First-best-Lösungen an.
[113] Die dritte Möglichkeit, dass der gesamte Vertrag nicht effizient ist, wurde per Annahme ausgeschlossen.

Falls der hohe Arbeitseinsatz auch im Second-best-Fall noch bevorzugt wird, ist dieser andererseits aber mit höheren Kosten in Form einer höheren erwarteten Entlohnungszahlung an den Agenten verbunden. Die höheren Kosten resultieren aus einer Übertragung eines Teils des Risikos auf den risikoscheuen Agenten, dessen Risikoaversion durch Annahme einer konkaven Nutzenfunktion modelliert wurde. Dadurch, dass die Entlohnung des Agenten nun in Abhängigkeit von x variiert, muss ihm zur Erreichung eines erwarteten Nutzens in Höhe seines Reservationsnutzens eine Risikoprämie gezahlt werden. Die Zahlung einer fixen Entlohnung würde dagegen zu einer optimalen Risikoteilung und Einsparung der Risikoprämie führen, da dann das gesamte Risiko aus dem unsicheren monetären Ergebnis x auf den risikoneutralen Prinzipal übertragen werden würde. Eine Fixzahlung ist aber bei Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes nicht geeignet, den Agenten zur Leistung des hohen Arbeitseinsatzes zu motivieren. In dieser Situation würde der Agent immer nur den niedrigen Arbeitseinsatz wählen, da dieser mit einem geringeren Disnutzen verbunden ist und ihm folglich einen höheren erwarteten Nutzen einbringt. Der optimale Second-best-Vertrag resultiert letztendlich aus einer Abwägung zwischen dem Ziel der Anreizsetzung und dem der Risikoteilung.

2.2.3 LEN-Modell

Die Betrachtung eines diskreten Modells mit binärem Arbeitseinsatz und binärer Ergebnisfunktion ist eine Möglichkeit, die mathematischen Schwierigkeiten verbunden mit dem allgemeinen Moral-Hazard-Modell in Kap. 2.2.1 zu überwinden und zu einer expliziten Lösung zu gelangen. Ein anderer Ansatz ist, das allgemeine, kontinuierliche Modell durch das Verhängen zusätzlicher Annahmen z. B. zu den Nutzenfunktionen der Akteure, zu vereinfachen und damit die Herleitung einer Lösung zu ermöglichen. Das gelingt z. B. im Rahmen des sogenannten LEN-Modells, das u. a. auf Spremann (1987)[114] zurückgeht und dessen Anwendbarkeit in der grundlegenden Arbeit von Holmström/Milgrom (1987) in einem umfassenderen (mehrperiodigen) Modellrahmen untersucht wurde. Die folgenden Ausführungen basieren neben Spremann (1987) auch ergänzend auf Laux (1990)[115] und später soll auch kurz auf Holmström/Milgrom (1987) Bezug genommen werden.

Im LEN-Modell steht das L für linear, das E für exponentiell und das N für normalverteilt. Es wird angenommen, dass dem Prinzipal für die Vertragsgestaltung nur lineare Entlohnungsverträge zur Verfügung stehen. Ferner sei die Nutzenfunktion des Agenten exponentiell und das risikobehaftete Ergebnis oder ein alternativ verwendetes Performancemaß normalverteilt.

[114] Vgl. Spremann (1987), S. 17-26.
[115] Vgl. Laux (1990), S. 107-115.

Durch diese Annahmen ist es möglich, den Nutzenerwartungswert des Agenten über sein Sicherheitsäquivalent (engl.: certainty equivalent (CE)) explizit zu berechnen. Das Sicherheitsäquivalent ist die sichere Zahlung, die ein Entscheider als gleichwertig zu der (ursprünglichen) risikobehafteten Zahlung ansieht und bestimmt sich aus der Formel: $EU(x) = U(CE)$, so dass: $CE = u^{-1}\big(EU(x)\big)$. Der Agent wird wie bisher als risikoscheu angenommen, so dass sein Sicherheitsäquivalent geringer ist als der Erwartungswert der unsicheren Zahlung, wobei die Differenz aus dem Erwartungswert $E(x)$ und dem Sicherheitsäquivalent CE die Risikoprämie darstellt. Die folgenden Modellannahmen entsprechen Laux (1990) und sind teilweise ein wenig anders als in Spremann (1987). Die Notation orientiert sich an den vorhergehenden Abschnitten. Es wird von einer additiven Produktionsfunktion ausgegangen, bei der das monetäre Ergebnis eine lineare Funktion des Umwelteinflusses ε sowie des Arbeitseinsatzes a ist: $x = da + \varepsilon$. Der Grenzbeitrag d des Arbeitseinsatzes ist größer als null, so dass der Arbeitseinsatz des Agenten das monetäre Ergebnis des Prinzipals erhöht. Die Störvariable ε sei normalverteilt mit dem Erwartungswert null und einer Varianz: $var(\varepsilon) = \sigma^2$. Das dem Prinzipal zur Verfügung stehende Entlohnungsschema ist linear im Ergebnis x, das hier als Performancemaß verwendet wird: $s(x) = w + v_x x$. Die Variable w bezeichnet ein vom Ergebnis unabhängiges Fixum und der Koeffizient v_x stellt den Prämiensatz bzw. die Beteiligungsrate dar. Wie in Abschnitt 2.2.1 wird die Störvariable ε unterdrückt und x selbst als Zufallsvariable mit derselben Verteilung wie ε , aber parametrisiert vom Arbeitseinsatz a, angesehen ($E(x) = ad$), so dass $s(x)$ ebenfalls normalverteilt ist. Der Agent hat eine negativ exponentielle Nutzenfunktion, die multiplikativ separierbar in seiner Entlohnung und seinem Disnutzen $C(a)$ ist: $U^A(s,a) = -exp\left(-r\big(s - C(a)\big)\right)$. Die besondere Eigenschaft dieser Nutzenfunktion ist, dass hier die Präferenzen des Agenten unabhängig von seinem Einkommen sind, denn die Nutzenfunktion weist konstante absolute Risikoaversion auf:

$$-\frac{U''}{U'} = r > 0$$

Die Konstante r wird als Arrow-Pratt-Maß der absoluten Risikoaversion oder auch als Risikoaversionskoeffizient bezeichnet. Je größer r, desto risikoscheuer ist der Agent. Aufgrund der getroffenen Annahmen hat das dem Nutzenerwartungswert des Agenten entsprechende Sicherheitsäquivalent CEA folgende einfache Form[116]:

$$CEA = \quad E[s(x)] \quad - \quad C(a) \quad - \quad \frac{r}{2} var[s(x)]$$

[116] Eine Herleitung dazu findet sich u. a. in Schneeweiß (1967, S. 145-149) sowie in Schöndube (2006, S. 143).

Es ergibt sich aus der erwarteten Entlohnung $E[s(x)]$ abzüglich der persönlichen Kosten des Agenten aus dem Disnutzen $C(a)$ sowie abzüglich der Risikoprämie: $\frac{r}{2}var[s(x)]$. Da der Prinzipal wieder als risikoneutral angenommen wird und das Sicherheitsäquivalent einer risikobehafteten Zahlung bei Risikoneutralität dem Erwartungswert der unsicheren Zahlung entspricht, ist das Sicherheitsäquivalent des Prinzipals der Erwartungswert der Differenz des Ergebnisses x und der zu zahlenden Entlohnung: $\mathrm{CEP} = \mathrm{E}[\mathrm{x} - \mathrm{s(x)}]$. Außerdem sei die Disnutzenfunktion des Agenten: $C(a) = \frac{c}{2}a^2$, so dass wie im Grundmodell davon ausgegangen wird, dass der Agent strikt steigende Grenzkosten hat: $C'(a) = ca$; $C''(a) = c > 0$.

Notation im Überblick

a-Arbeitseinsatz des Agenten
ε-zufälliger Umwelteinfluss, Störterm: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$
x-monetäres Ergebnis: $x = da + \varepsilon, \quad d > 0$
$U^A(s,a)$-Nutzenfunktion des Agenten: $U^A(s,a) = -exp\left(-r\big(s - \mathrm{C}(a)\big)\right)$
r-Risikoaversionskoeffizient des Agenten
$C(a)$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(a) = \frac{c}{2}a^2, \quad c > 0$
$s(x)$-Entlohnung des Agenten: $\quad s(x) = w + v_x x$
w-Fixgehalt, Fixum
v_x-Beteiligungsrate bzw. Prämiensatz
CEA-Sicherheitsäquivalent des Agenten
CEP-Sicherheitsäquivalent des Prinzipals
CEA_0- Reservationslohn des Agenten

$$\max_{w,v_x,a} CEP = E[x] - E[s(x)] \tag{2.33}$$

$$u.d.N.\ CEA = E[s(x)] - C(a) - \frac{r}{2}var[s(x)] \geq CEA_0 \tag{2.34}$$

$$a \in argmax_a\, CEA = w + v_x da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_x^2\sigma^2 \tag{2.35}$$

Der Prinzipal maximiert die Differenz der Erwartungswerte des Ergebnisses und der an den Agenten zu zahlenden Entlohnung und beachtet dabei die Teilnahmebedingung (2.34), dass der erwartete Nutzen des Agenten, ausgedrückt über sein Sicherheitsäquivalent CEA, mindestens seinem Reservationslohn CEA_0 entspricht. Der Reservationslohn bezeichnet hier den über das Sicherheitsäquivalent formulierten Reservationsnutzen des Agenten:
$-exp(-rCEA_0) = U^R$. Außerdem berücksichtigt der Prinzipal die Anreizbedingung (2.35), dass der Agent den Arbeitseinsatz wählt, der sein Sicherheitsäquivalent maximiert. Die Va-

rianz der Entlohnung ergibt sich dabei wie folgt: $var[s(x)] = var\big(w + v_x(da + \varepsilon)\big) = var(v_x\varepsilon) = v_x^2\sigma^2$. Zur Lösung des Optimierungsproblems bestimmt der Prinzipal zuerst die aus Sicht des Agenten optimale Aktion a bezogen auf das jeweils angebotene Entlohnungsschema. Die Maximierung des Sicherheitsäquivalents des Agenten CEA über a (siehe (2.35)) führt dann zu folgender Optimalitätsbedingung erster Ordnung:

$$\frac{\partial CEA}{\partial a} = v_x d - ca = 0 \quad \rightarrow \quad a^{SB} = v_x \frac{d}{c} \tag{2.36}$$

Im nächsten Schritt müssen die optimalen Entlohnungsparameter v_x und w bestimmt werden. Dazu wird der Prinzipal die Entlohnung gerade so hoch wählen, dass die Teilnahmebedingung (2.34) mit Gleichheit erfüllt ist. Aus der bindenden Teilnahmebedingung kann $E[s(x)]$ ermittelt und in die Zielfunktion (2.33) eingesetzt werden, so dass nun der Gesamtüberschuss der Beziehung maximiert wird:

$$\max_{v_x} CEP = E[x] - C(a) - \frac{r}{2} var[s(x)] - CEA_0 = da - \frac{ca^2}{2} - \frac{r}{2} v_x^2\sigma^2 - CEA_0 \tag{2.37}$$

$$u.d.N. \quad a^{SB} = v_x \frac{d}{c} \tag{2.38}$$

Abschließend wird noch a^{SB} in die Zielfunktion substituiert, so dass man zu folgendem unbeschränkten Optimierungsproblem gelangt:

$$\max_{v_x} CEP = dv_x \frac{d}{c} - \frac{c}{2}(v_x \frac{d}{c})^2 - \frac{r}{2} v_x^2\sigma^2 - CEA_0 \tag{2.39}$$

Daraus ergibt sich die Optimalitätsbedingung erster Ordnung mit:
$\frac{\partial CEP}{\partial v_x} = \frac{d^2}{c} - \frac{d^2}{c} v_x - r\sigma^2 v_x = 0$ und die optimale Beteiligungsrate lautet:

$$v_x^* = \frac{d^2}{d^2 + cr\sigma^2} < 1 \tag{2.40}$$

Das Verhalten der optimalen Beteiligungsrate bezüglich der Parameter c, r und der Varianz σ^2 ist sofort ersichtlich und die partielle Ableitung der Beteiligungsrate nach d liefert das Resultat:

$$\frac{\partial v_x^*}{\partial d} = \frac{2dcr\sigma^2}{(d^2 + cr\sigma^2)^2} > 0 \tag{2.41}$$

Die Ergebnisse der komparativen Statik können wie folgt zusammengefasst werden:

Satz 2.6 *(vgl. Spremann (1987) sowie Laux (1990), S. 115)*[117] *Der optimale Prämiensatz* $\boldsymbol{v_x^*}$ *im LEN-Modell:*

(1) *sinkt mit einer höheren Varianz* σ^2 *des Ergebnisses x und mit steigender Risikoaversion* r *des Agenten,*

(2) *fällt mit der Zunahme c der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen und*

(3) *steigt mit dem Grenzbeitrag* d *des Agenten, also mit der Produktivität seines Arbeitseinsatzes.*

Der Agent wird umso stärker am Ergebnis x beteiligt, je präziser[118], d. h. weniger risikobehaftet, das Ergebnis x und je weniger risikoscheu der Agent ist. Außerdem ist die optimale Beteiligungsrate des Agenten umso höher, je geringer der Anstieg des Disnutzens bei einer Erhöhung des Arbeitseinsatzes ist und je stärker der Erwartungswert des Erfolgs mit einem höheren Arbeitseinsatz steigt. Die Betrachtung von (2.36) in Verbindung mit (2.40) zeigt, dass der optimale Arbeitseinsatz unabhängig vom Fixgehalt w und vom Reservationslohn CEA_0 ist. Um den erwarteten Überschuss des Prinzipals zu bestimmen, muss: v_x^*, das die optimale Beteiligungsrate bei Informationsasymmetrie also bei der sogenannten Second-best-Lösung darstellt und deswegen nachfolgend als: v_x^{SB} bezeichnet wird, in (2.39) eingesetzt werden:

$$CEP^{SB} = d\left(v_x^{SB}\frac{d}{c}\right) - \frac{c}{2}\left(v_x^{SB}\frac{d}{c}\right)^2 - \frac{r}{2}{v_x^{SB}}^2\sigma^2 - CEA_0 \qquad (2.42)$$

Wenn man (2.40) nach σ^2 umstellt, und diesen Ausdruck in (2.42) substituiert, lässt sich (2.42) zu folgendem Term vereinfachen:

$$CEP^{SB} = \frac{d^2 v_x^{SB}}{2c} - CEA_0 \qquad (2.43)$$

Das Fixgehalt w ergibt sich nach Substitution von $a^{SB} = \frac{v_x^{SB} d}{c}$ in die bindende Teilnahmebedingung (2.34) als:

$$w = \frac{{v_x^{SB}}^2(rc\sigma^2 - d^2)}{2c} + CEA_0 \qquad (2.44)$$

[117] Milgrom/Roberts (1992, S. 221) bezeichnen dieses Ergebnis, das sie in einem etwas anderen Modellrahmen herleiten, als „Incentive Intensity Principle”, was als „Anreizintensitätsprinzip“ übersetzt wird.
[118] Die Präzision wird hier definiert als der Kehrwert der Varianz: 1/var (vgl. Banker/Datar (1989), S. 29).

Im Folgenden sollen die Wohlfahrtsverluste bestimmt werden, die sich aus der aufgrund der Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes resultierenden Moral-Hazard-Situation ergeben. Dazu müssen die vorliegenden Ergebnisse wie in den vorhergehenden Modellen mit der **First-best-Lösung**, d. h. dem optimalen Vertrag bei Informationssymmetrie, verglichen werden. Wenn der Arbeitseinsatz vertraglich vorgegeben werden kann, muss der Prinzipal nur die Teilnahmebedingung beachten, so dass sich sein Optimierungsproblem auf (2.33)-(2.34) reduziert. Wie zuvor kann die bindende Teilnahmebedingung nach $E[s(x)]$ umgestellt und dieser Ausdruck in die Zielfunktion (2.33) substituiert werden, so dass man dann (2.37) erhält:

$$\max_{a,v_x} CEP = E[x] - C(a) - \frac{r}{2}var[s(x)] - CEA_0 = da - \frac{ca^2}{2} - \frac{r}{2}v_x^2\sigma^2 - CEA_0$$

Der optimale Arbeitseinsatz der First-best-Lösung ergibt sich aus der partiellen Ableitung von CEP nach a und Nullsetzen wie folgt:

$$\frac{\partial CEP}{\partial a} = d - ca = 0 \quad \rightarrow \quad a^{FB} = \frac{d}{c} \tag{2.45}$$

Der optimale Prämiensatz v_x lässt sich aus Inspektion von Formel (2.37) bestimmen. Zur Maximierung des Sicherheitsäquivalents des Prinzipals CEP muss die Risikoprämie $\frac{r}{2}var[s(x)] = \frac{r}{2}v_x^2\sigma^2$ so niedrig wie möglich angesetzt werden, so dass bei beobachtbarem Arbeitseinsatz die optimale Beteiligungsrate v_x null beträgt. Es ist hier auch wieder optimal, den risikoscheuen Agenten über einen Fixzahlung perfekt zu versichern, so dass allein der risikoneutrale Prinzipal das Erfolgsrisiko trägt. Das an den Agenten zu zahlende Fixum lässt sich durch Substitution von $a^{FB} = \frac{d}{c}$ sowie $v_x^{FB} = 0$ in die bindende Teilnahmebedingung (2.34) berechnen:

$$w^{FB} = \frac{d^2}{2c} + CEA_0 \tag{2.46}$$

Für den Prinzipal ergibt sich der Erwartungswert seines Überschusses bzw. sein Sicherheitsäquivalent aus (2.37) nach Einsetzen von $a^{FB} = \frac{d}{c}$ sowie $v_x^{FB} = 0$ mit:

$$CEP^{FB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0 \tag{2.47}$$

Aus einem Vergleich von CEP^{FB} mit CEP^{SB} (siehe (2.47) und (2.43)) wird deutlich, dass der erwartete Überschuss des Prinzipals der Second-best-Lösung geringer ist als der der First-best-Lösung, da der Prämiensatz $v_x^{SB} = \frac{d^2}{d^2+cr\sigma^2}$ unter den getroffenen Annahmen ($cr\sigma^2 > 0$) immer kleiner als eins ist. Auch bei Informationsasymmetrie könnte der First-best-Arbeitseinsatz mit einer Beteiligungsrate von $v_x^{SB} = 1$ induziert werden (siehe (2.38) und (2.45)), wobei dann allerdings dem Agenten das gesamte Erfolgsrisiko allein aufgebürdet und die dafür zu zahlende Risikoprämie zu hoch wäre. Die Einbußen des Prinzipals im Vergleich zur First-best-Lösung resultieren also einerseits aus einer Verringerung des induzierten Arbeitseinsatzes und andererseits aus der an den risikoaversen Agenten zu zahlenden Risikoprämie. Hier wird auch wieder deutlich, dass die optimale Lösung bei Moral Hazard aus einer Abwägung zwischen den Zielen der Anreizsetzung und der optimalen Risikoteilung resultiert. Im LEN-Modell lassen sich die aus der Moral-Hazard-Situation entstehenden Wohlfahrtseinbußen explizit berechnen. Wie auch im vorhergehenden diskreten Modell (vgl. Kapitel 2.2.2) fallen diese Verluste nur auf Seiten des Prinzipals an, denn der Agent erhält auch bei Informationsasymmetrie einen Nutzenerwartungswert in Höhe seines Reservationsnutzenniveaus (ausgedrückt in Form des Sicherheitsäquivalents). Die Wohlfahrtseinbußen werden auch als **Agency-Kosten** bezeichnet und sind die Differenz der Erwartungswerte der Überschüsse des Prinzipals in der First-best- und der Second-best-Lösung (vgl. (2.47) und (2.43)):

$$\begin{aligned} Agency - Kosten = CEP^{FB} - CEP^{SB} &= \frac{d^2}{2c} - CEA_0 - \left(\frac{d^2 v_x^{SB}}{2c} - CEA_0\right) \\ &= \frac{d^2}{2c} - \left(\frac{d^2 v_x^{SB}}{2c}\right) = (1 - v_x^{SB})\frac{d^2}{2c} > 0 \end{aligned} \tag{2.48}$$

Wie bereits erwähnt, ist die optimale Beteiligungsrate der Second-best-Lösung v_x^{SB} immer kleiner als eins (vgl. (2.40)), so dass die Agency-Kosten größer als null sind. Außerdem wird ersichtlich, dass die Agency-Kosten unabhängig vom Reservationslohn des Agenten CEA_0 sind. Dieser spielt für die Effizienz der Lösung keine Rolle, sondern wirkt sich nur auf die Verteilung des Überschusses aus. Im LEN-Modell kann der Reservationslohn deswegen ohne Beschränkung der Allgemeinheit null gesetzt werden.

Abschließend soll noch die Analyse für einen **risikoneutralen Agenten** durchgeführt werden. Falls der Agent risikoneutral ist, beträgt sein Risikoaversionskoeffizient null. Durch Einsetzen von $r = 0$ in $v_x^{SB} = \frac{d^2}{d^2+cr\sigma^2}$ (vgl. (2.40)) ergibt sich: $v_x = 1$. Bei einer Beteiligungsrate von 100% entsprechen der optimale Arbeitseinsatz und auch der erwartete Überschuss des Prinzipals der First-best-Lösung:

$$a^{SB} = \frac{d}{c} = a^{FB} \qquad CEP^{SB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0 = CEP^{FB}$$

Bei $v_x = 1$ erhält der Agent das gesamte monetäre Ergebnis x. Die Fixzahlung ergibt sich aus der bindenden Teilnahmebedingung (2.34) nach Substitution von a^{FB}, $v_x = 1$ und $r = 0$ mit: $w = -\frac{d^2}{2c} + CEA_0$. Diese Lösung entspricht wieder dem Verpachtungsfall. Die Fixzahlung w ist negativ, d. h. der Agent leistet eine Zahlung, eine Art Pacht, an den Prinzipal und erhält seinerseits den gesamten, risikobehafteten Unternehmenserfolg. Somit erhält der Agent perfekte Anreize, wofür ihm aber keine Risikoprämie gezahlt werden muss, so dass die First-best-Lösung erreicht wird.

Insgesamt lassen sich mit Hilfe des LEN-Modells durch die explizite Lösung der Vertragsparameter viele Aussagen zur optimalen Gestalt des Anreizvertrages treffen (siehe Satz 2.6), die intuitiv plausible Interpretationen ermöglichen. Die **Problematik** des vorgestellten Modells besteht nun weniger darin, dass die getroffenen Annahmen sehr restriktiv sind, sondern vielmehr in ihrer Inkonsistenz.[119] Denn Mirrlees (1974) fand heraus, dass es bei Annahme einer multiplikativ oder additiv separablen Nutzenfunktion des Agenten sowie einem normalverteilten Performancemaß ein nichtlineares Kompensationsschema gibt, mit dem man die First-best-Lösung beliebig annähern kann.[120] Dazu zahlt man dem Agenten immer ein Fixgehalt, außer wenn das Ergebnis sehr niedrig ausfällt. In diesem Fall wird nichts oder nur sehr wenig gezahlt, denn bei einer Normalverteilung sind sehr niedrige Ergebnisse sehr unwahrscheinlich, vorausgesetzt dass der Agent das verlangte Arbeitseinsatzniveau gewählt hat. Mit solch einem zweistufigen Entlohnungsschema eliminiert man die Risikoeinflüsse fast vollständig, sofern der geforderte Arbeitseinsatz geleistet wird. Dagegen bürgen Abweichungen vom vorgeschriebenen Arbeitseinsatzniveau ein sehr hohes Entlohnungsrisiko, weil dadurch sehr niedrige Ergebnisse wahrscheinlicher werden. Insofern leistet der Agent den geforderten Arbeitseinsatz. Im Gegensatz zu diesem zweistufigen, optimalen Entlohnungsschema wird beim LEN-Modell ein linearer Kompensationsvertrag ex ante vorgegeben, wodurch bessere Lösungen explizit ausgeschlossen werden.[121] Allerdings zeigen Holmström/Milgrom (1987), dass man das LEN-Modell als zulässige Vereinfachung eines weitaus komplexeren Modells mit realitätsnäheren Annahmen betrachten kann. Sie analysieren ein in der Zeit kontinuierliches Modell, in dem der Arbeitseinsatz des Agenten als unendlich viele zeitlich sequentielle Teil-

[119] Vgl. Wagenhofer/ Ewert (1993), S. 379.
[120] Vgl. Holmström/Milgrom (1987), S. 304-305.
[121] Vgl. Wagenhofer/Ewert (1993), S. 381.

Aktionen aufgefasst wird. Diese Aktionen führen zu unendlich vielen Teil-Ergebnissen, wobei der Agent zukünftige Aktionen an zuvor realisierten Ergebnissen ausrichten kann. Holmström/Milgrom (1987) – nachfolgend HM (1987) - können zeigen, dass ein lineares Entlohnungsschema in solch einem Modellrahmen tatsächlich optimal ist, sofern der Prinzipal im Gegensatz zum Agenten die Teil-Ergebnisse nicht beobachten kann, sondern stattdessen nur das aggregierte Gesamtergebnis am Ende der Periode erfährt.[122] Insofern können die aus LEN-Modellen abgeleiteten Ergebnisse unter den von HM (1987) gesetzten Annahmen durchaus optimale Verträge darstellen. Dagegen übt Hemmer (2004) Kritik an der Formulierung von LEN-Modellen für Situationen, auf die sich das Modell von HM (1987) nicht erstreckt. Er kritisiert insbesondere die Verwendung von LEN-Modellen für die Analyse von Verträgen mit mehreren korrelierten, normalverteilten Performancemaßen wie z. B. im Aufsatz von Feltham/Xie (1994). Auch Christensen/Feltham (2005)[123] kommen zu dem Schluss, dass lineare Verträge zwar keine Vereinfachung darstellen, sofern nur ein Performancemaß betrachtet wird, aber dass das bei zwei oder mehr Beurteilungsgrößen sehr wohl der Fall ist. Insofern muss beachtet werden, dass bei LEN-Modellen, die die Verwendung mehrerer normalverteilter, korrelierter Performancemaße analysieren, der optimale lineare Vertrag nicht der eigentlich optimale Vertrag ist. Vielmehr dient die Beschränkung auf lineare Verträge in diesen Situationen ausschließlich der Vereinfachung der mathematischen Analyse. In dem oben vorgestellten LEN-Modell wird davon ausgegangen, dass nur ein Performancemaß, nämlich das monetäre Ergebnis x, für den Entlohnungsvertrag zur Verfügung steht, so dass hierfür die von HM (1987) mit ihrem Modell gezeigte Rechtfertigung gilt.

Mit Hilfe des LEN-Modells lassen sich ähnlich wie mit dem diskreten Modell die sehr allgemeinen Erkenntnisse des Grundmodells näher spezifizieren und anschaulich verdeutlichen. Obwohl aufgrund der unterschiedlichen Annahmen die expliziten Lösungen der beiden Modelle natürlich verschieden sind, sind die grundlegenden Aussagen dieselben. Auch mit dem LEN-Modell wurde gezeigt, dass es im First-best-Fall optimal ist, dem Agenten ein Fixum zu zahlen. Wenn der Agent risikoneutral ist, kann die First-best-Lösung erreicht werden. Im Second-best-Fall ist die an den Agenten zu zahlende erwartete Entlohnung im diskreten Modell höher als im First-best-Fall, sofern bei Informationssymmetrie der hohe Arbeitseinsatz optimal war (vgl. Kap. 2.2.2). Somit ist hier der erwartete Überschuss des Prinzipals bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz geringer als im First-best-Fall und das konnte auch im LEN-Modell gezeigt werden. Die aus der Moral-Hazard-Situation resultierenden Wohlfahrtsverlus-

[122] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 178-179 i. V. m. Holmström/Milgrom (1987), S. 321.
[123] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 179.

te lassen sich im Rahmen des LEN-Modells über die Berechnung der Agency-Kosten quantifizieren. Insofern können die Erkenntnisse des allgemeinen Modells in Kap. 2.2.1, dass die Second-best-Lösung immer strikt schlechter als die First-best-Lösung ist (vgl. Satz 2.1), anschaulich bestätigt werden. Es kann nämlich gezeigt werden, dass die Agency-Kosten immer größer als null sind. Ebenfalls sehr anschaulich und intuitiv interpretierbar ist auch die Lösung für die optimale Beteiligungsrate. Aus $v_x^{SB} = \frac{d^2}{d^2+cr\sigma^2}$ ist die Abhängigkeit der Höhe der Erfolgsbeteiligung von der Risikoaversion des Agenten, der Varianz des Ergebnisses, der Zunahme der Grenzkosten aus dem Disnutzen und dem Grenzbeitrag des Arbeitseinsatzes intuitiv verständlich ersichtlich. Die optimale Beteiligungsrate v_x^{SB} ist immer geringer als eins, d. h. dem risikoscheuen Agenten wird nie das gesamte Erfolgsrisiko aufgebürdet. Eine Beteiligung von 100% wäre nur optimal bei $r = 0$, dem Grenzfall eines risikoneutralen Agenten, bei $\sigma^2 = 0$, dem Grenzfall eines sicheren Ergebnisses x, für das keine Risikoprämie gezahlt werden müsste, oder bei $c = 0$, was gleichbedeutend wäre mit einer Situation ohne Zielkonflikt, wodurch das Anreizproblem wegdefiniert wäre. Die Abwägung zwischen den Zielen der Risikoteilung und der Anreizsetzung, des sogenannten Risiko-Anreiz-Tradeoffs, aus der die optimale Second-best-Lösung resultiert, wird im LEN-Modell noch besser deutlich als im diskreten Modell. Aufgrund der mit einer Erfolgsbeteiligung verbundenen zu zahlenden Risikoprämie wählt der Prinzipal einen Prämiensatz $v_x^{SB} < 1$ und induziert somit einen geringeren als den First-best-Arbeitseinsatz ($a^{SB} < a^{FB}$). Gleichzeitig wird der Agent aber im Second-best-Fall immer am Erfolg beteiligt ($v_x^{SB} > 0$), da von einem reinen Festgehalt keine Anreize ausgehen. Eine technische Besonderheit des LEN-Modells ist, dass der Reservationslohn CEA_0 keinen Einfluss auf die Effizienz der Lösung besitzt. Das resultiert aus der angenommenen Nutzenfunktion des Agenten mit konstanter absoluter Risikoaversion, wodurch die Präferenzen des Agenten unabhängig von seinem Wohlstand sind.[124] Diese Annahme ist im allgemeinen Modell in 2.2.1 und auch im diskreten Modell in 2.2.2 nicht enthalten. Die Nutzenfunktionen sind hier allgemeiner formuliert, so dass die Präferenzen des Agenten prinzipiell auch von dessen Wohlstand abhängen können. Dieser Unterschied ist bei einem späteren Vergleich und einer Interpretation der Lösungen der beiden unterschiedlichen Modelltypen zu berücksichtigen (siehe Kap. 4 und 5). Neben der Analyse optimaler Anreizverträge auf Basis nur einer Beurteilungsgröße (in diesem Fall speziell des monetären Ergebnisses), sollen im Folgenden auch der Einbezug weiterer Beurteilungsgrößen und ihre Bedeutung für den optimalen Vertrag untersucht werden. Da die Analyse mehrerer Performancemaße im

[124] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S.157, Fußnote 5.

LEN-Modell den oben beschriebenen Problemen unterliegt, wird dann im Folgenden wieder auf das allgemeine Modell (vgl. 2.2.1) sowie auf einen diskreten Modellrahmen wie in 2.2.2 zurückgegriffen.

2.2.4 „Informativeness“-Prinzip

Eine grundlegende Untersuchung zum Einbezug zusätzlicher, imperfekter Informationen zur Verbesserung des optimalen Vertrages bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz findet sich in Holmström (1979). In diesem viel zitierten Aufsatz, auf den bereits in Kap. 2.2.1 Bezug genommen wurde, wird die Verwendung eines zusätzlichen, risikobehafteten Signals y als weitere Beurteilungsgröße neben dem Ergebnis x analysiert. Die Kernaussage dieser Untersuchung soll im Folgenden wiedergegeben werden. Dazu wird das in Kap. 2.2.1 vorgestellte Grundmodell in dem Sinne erweitert, dass nun zusätzlich zum Ergebnis x noch ein weiteres Signal y zur Verfügung steht, das ebenfalls nach Leistung des Arbeitseinsatzes des Agenten beobachtet wird und auch kontrahierbar sei, so dass es für die Vertragsgestaltung genutzt werden kann. Dabei sei $F(x,y|a)$ die gemeinsame Verteilungsfunktion und $f(x,y|a)$ die gemeinsame Dichtefunktion von x und y bei Leistung des Arbeitseinsatzes a. Wie bei dem Modell in Kap. 2.2.1 wird wieder angenommen, dass die Dichtefunktion zweifach nach a differenzierbar und der „First-Order-Ansatz“[125] gültig sei. Das Optimierungsproblem des Prinzipals gestaltet sich ähnlich wie das im Ausgangsmodell (vgl. Formeln (2.4)-(2.6) in Kap.2.2.1):

$$\max_{s(x,y),a} \int\int U^P\big(x - s(x,y)\big) f(x,y|a)\,dy\,dx \tag{2.49}$$

$$u.d.N. \int\int U^A\big(s(x,y)\big) f(x,y|a)\,dy\,dx - C(a) \geq U^R \tag{2.50}$$

$$a \in \underset{a' \in A}{\operatorname{argmax}}\Big(\int\int U^A\big(s(x,y)\big) f(x,y|a')\,dy\,dx - C(a')\Big) \tag{2.51}$$

Die Lösung des Optimierungsprogramms erfolgt analog zu der Lösung von (2.4)-(2.6) in Kap. 2.2.1. Die punktweise Ableitung der Lagrangefunktion nach s und Nullsetzen führt nach weiteren Umformungen zu:

$$\frac{U^{P\prime}\big(x - s(x,y)\big)}{U^{A\prime}\big(s(x,y)\big)} = \lambda_1 + \lambda_2 \frac{f_a(x,y|a)}{f(x,y|a)} \tag{2.52}$$

Die Bedingung (2.52) ist analog zu (2.10) in Kap. 2.2.1, so dass auch hier die Aussagen von Satz 2.1 gelten, dass die Second-best-Lösung strikt schlechter als die First-best-Lösung ist.

[125] Vgl. Kap. 2.2.1, Fußnote 101.

Ein Unterschied besteht nun aber darin, dass eine Variation der Likelihood-Bedingung f_a/f mit y möglich ist, so dass der optimale Vertrag auch auf y basieren kann: $s(x,y)$. Allerdings ist dies nicht der Fall, wenn folgende Gleichung erfüllt ist:

$$f(x,y|a) = g(y|x) \cdot f(x|a) \tag{2.53}$$

Wenn (2.53) gilt, ist die Likelihood-Bedingung nur noch von x abhängig, da sich die Funktion $g(y|x)$ dann aus der Relation heraus kürzt[126]:

$$\frac{f_a(x,y|a)}{f(x,y|a)} = \frac{g(y|x) \cdot f_a(x|a)}{g(y|x) \cdot f(x|a)} = \frac{f_a(x|a)}{f(x|a)}$$

In diesem Fall ist das Signal y nicht informativ über den Arbeitseinsatz a in Gegenwart von x. Die bisherigen Überlegungen lassen sich wie folgt formal definieren:

Definition 2.1 (*vgl. Holmström (1979), S. 84 i. V. m. Christensen/Feltham (2005), S. 104*)

Ein Signal y ist informativ über den Arbeitseinsatz a, gegeben Ergebnis x, wenn es keine Funktion $g(y|x)$ *gibt, so dass die Gleichung* (2.53) *für alle a ϵ A erfüllt ist. Andernfalls ist y nicht informativ gegeben x.*

Wenn (2.53) erfüllt ist, ist x eine erschöpfende Schätzfunktion (suffiziente Statistik)[127] für (x, y) bezüglich des Arbeitseinsatzes a, d. h. dass die Variable x allein schon alle Informationen über a beinhaltet und y nur Varianz beisteuert, so dass das zusätzliche Signal y in diesem Fall für den Anreizvertrag wertlos ist. Andererseits enthält y immer einen gewissen Informationsgehalt bezüglich a, der über den von x hinausgeht, wenn die Gleichung (2.53) nicht erfüllt ist.[128] In diesem Fall sollte es für die Vertragsgestaltung genutzt werden, um Wohlfahrtssteigerungen zu bewirken. Holmström (1979) formuliert das Hauptresultat seiner Analyse wie folgt:

Satz 2.7 *(Holmström (1979), Prop. 3) Sei s(x) ein optimaler Anreizvertrag basierend auf dem Ergebnis x für den der vom Agenten gewählte Arbeitseinsatz a eindeutig ist und im Innern von A liegt. Dann existiert ein Entlohnungsvertrag s(x,y), der zu einer Pareto-Verbesserung*

[126] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 104.
[127] Vgl. Budde (2000), S. 32-33 für weitergehende Ausführungen.
[128] Die Untersuchung beschränkt Holmström auf solche Verteilungen, für die Gleichung (2.53) für alle a oder kein a gilt (vgl. Holmström (1979), Fußnote 21).

gegenüber s(x) führt, genau dann, wenn Gleichung (2.53) nicht erfüllt ist. Das zusätzliche Signal y ist also nur wertvoll, wenn es im Sinne von Definition 2.1 informativ ist.

Beweis: siehe Holmström (1979).

Das in Satz 2.7 formulierte „Informativeness“-Prinzip wird im Aufsatz von Antle/Demski (1988) dem aus der Organisationstheorie stammenden „Controllability“-Prinzip[129] gegenübergestellt. Antle/Demski (1988) verwenden für ihre Untersuchung ein diskretes Modell und zeigen u. a., dass ein zusätzliches Signal y in diesem Modellrahmen informativ ist, wenn dessen bedingte Wahrscheinlichkeit gegeben x vom Arbeitseinsatz a abhängt. Im Folgenden soll näher auf die Analyse von Antle/Demski (1988) eingegangen werden. Dabei wird allerdings von den von ihnen beispielhaft gewählten Beurteilungsgrößen „Kosten“ und „Umsatz“ abstrahiert und stattdessen betrachten wir wie bisher das Ergebnis x sowie ein nicht näher bestimmtes zusätzliches Signal y als potentielles Performancemaß. Außerdem werden die Präferenzen des Agenten nicht mit Hilfe einer Wurzelnutzenfunktion beschrieben, sondern die Nutzenfunktion nur allgemein als konkav in der Entlohnung s angenommen. Das folgende Modell stellt eine Erweiterung der in Kap. 2.2.2 vorgestellten „diskreten Variante des Grundmodells“ dar. Es wird angenommen, dass das zusätzliche Signal y ebenfalls binär ist: $y \in (y^h, y^l)$. Dieses kontrahierbare Signal kann Eingang in den optimalen Entlohnungsvertrag finden, so dass der Vertrag dann auf x und y konditioniert: $s(x, y)$, anstatt nur auf x zu basieren: $s(x)$. Im Unterschied zum obigen stetigen Modell (vgl. Formeln (2.49)-(2.51**)**) bezeichnet $f(x, y|a)$ nicht die gemeinsame Dichtefunktion sondern die gemeinsame Wahrscheinlichkeit von (x, y), gegeben a, d. h. z. B. ist $f(x^h, y^l|a^h)$ die Wahrscheinlichkeit dafür, dass (x^h, y^l) beobachtet wird, wenn der Agent a^h wählt. Zur Verkürzung der Schreibweise werden die Indizes: $p \in \{l, h\}$ und $q \in \{l, h\}$ verwendet, so dass: $x^p \in \{x^h, x^l\}$ und $y^q \in \{y^h, y^l\}$.

[129] Das „Controllability“-Prinzip besagt, dass ein Manager nur anhand solcher Größen beurteilt (und entlohnt) werden sollte, die er auch selbst beeinflussen kann. Antle/Demski (1988) zeigen, dass entgegen dem Controllability-Prinzip auch nicht beeinflussbare Größen in bestimmten Fällen Bestandteil des optimalen Vertrages sind und z. T. auf beeinflussbare Größen verzichtet wird, wenn sie nicht in Gegenwart der anderen im Vertrag verwendeten Beurteilungsgrößen informativ sind.

Notation im Überblick

Arbeitseinsatz: $a \in \{a^h, a^l\} \quad a^h > a^l$
monetäres Ergebnis: $x^p \in \{x^h, x^l\} \quad (x^h > x^l)$
zusätzliches Signal/Performancemaß: $y^q \in \{y^h, y^l\} \quad (y^h > y^l)$
Entlohnung: $s(x,y) = s^{pq}\ bei\ x = x^p\ und\ y = y^q$
Indizes: $p \in \{h,l\}, \quad q \in \{h,l\}$
Disnutzen: $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$
Nutzenfunktion Agent: $U^A = u(s) - C(a) \quad u' > 0, u'' < 0$
Reservationsnutzen: U^R
Einzelwahrscheinlichkeiten: $f(x^p|a), f(y^p|a);\ f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$
gemeinsame Wahrscheinlichkeiten: $f(x^p, y^p|a)$

Das Optimierungsprogramm des Prinzipals gestaltet sich bei Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes a^h folgendermaßen:

$$\max_{s^{pq}} \quad EU^P = \sum_{pq} (x^p - s^{pq}) f(x^p, y^q|a^h) \quad f\ddot{u}r\ alle\ p, q\ \in\ \{h,l\} \tag{2.54}$$

$$u.d.N.\ EU^A(a^h) = \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p, y^q|a^h) - c_h \geq U^R \tag{2.55}$$

$$\sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p, y^q|a^h) - c_h \geq \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p, y^q|a^l) - c_l \tag{2.56}$$

Das Problem ist ähnlich wie in (2.16)-(2.18) in Kap. 2.2.2 und die Lösung kann analog dazu auch über den Lagrangeansatz mit einer Transformation des Programms über einen Austausch der Funktion $u(s^{pq})$ durch die ex post erreichten Nutzenniveaus u^{pq} erfolgen (siehe Kap. 2.2.2). Die Optimalitätsbedingung erster Ordnung wird wie bei (2.27) und (2.28) (vgl. Kap. 2.2.2) durch die Ableitung der Lagrangefunktion nach u^{pq}, die dann null gesetzt wird, bestimmt. Die so erhaltene Bedingung kann folgendermaßen umformuliert werden:

$$\frac{1}{u'(s^{pq})} = \lambda_1 + \lambda_2 \left(1 - \frac{f(x^p, y^q|a^l)}{f(x^p, y^q|a^h)}\right) \ f\ddot{u}r\ alle\ p, q\ \in\ \{h,l\} \tag{2.57}$$

Diese Gleichung weist eine starke Ähnlichkeit zu Formel (2.52) auf. Auch hier stellt sich die Frage, wann der Anreizvertrag $s(x,y)$ keine Funktion von y ist. Zur Beantwortung dieser Frage ist es hilfreich, die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten mit Hilfe der bedingten Wahrscheinlichkeiten darzustellen. Gemäß der Rechenregel für bedingte Wahrscheinlichkeiten gilt: $f(x^p, y^q|a) = f(y^q|x^p, a) \cdot f(x^p|a)$. Durch Substitution dieses Terms in (2.57) erhält man:

$$\frac{1}{u'(s^{pq})} = \lambda_1 + \lambda_2 \left(1 - \frac{f(y^q|x^p, a^l) \cdot f(x^p|a^l)}{f(y^q|x^p, a^h) \cdot f(x^p|a^h)}\right) \; f\ddot{u}r\; alle\; p, q \; \in \; \{h, l\} \tag{2.58}$$

Aus dieser Umstellung erkennt man, dass die Bedingung (2.58) immer dann nicht von y abhängt und der optimale Vertrag deswegen nur auf x konditioniert, wenn $f(y^q|x^p, a^l) = f(y^q|x^p, a^h)$ bzw. $f(y^q|x^p, a) = f(y^q|x^p)$. In diesem Fall kann die gemeinsame Wahrscheinlichkeit $f(x^p, y^q|a)$ analog zu (2.53) folgendermaßen umgeschrieben werden:

$$f(x^p, y^q|a) = f(y^q|x^p) \cdot f(x^p|a) \quad (f\ddot{u}r\; alle\; p, q \; \in \; (l, h)) \tag{2.59}$$

Die auf das diskrete Modell angepasste Version der Definition 2.1 lautet:

Definition 2.2 *(vgl. Antle/Demski (1988), S. 711)*

Ein zusätzliches Performancemaß y ist informativ über den Arbeitseinsatz a in Gegenwart des Ergebnisses x, wenn $f\left(y^q \middle| x^p, a\;\;\right)$ eine nichttriviale Funktion vom Arbeitseinsatz a bzw. Gleichung (2.59) nicht erfüllt ist.

Nur wenn die Wahrscheinlichkeit von y unter der Bedingung, dass x eingetreten ist, d. h.: $f(y|x, a)$, nicht vom Arbeitseinsatz a abhängt, so dass $f(y|x, a) = f(y|x)$, dann ist das zusätzliche Signal y nicht informativ über a in Gegenwart von x. Antle/Demski (1988) beweisen, dass ein zusätzliches Signal y nur in dem optimalen Vertrag $s(x, y)$ enthalten ist, wenn y auch informativ ist. Ihr **Beweis** erfolgt in Form eines Gegenbeweises, der im Folgenden vorgestellt werden soll. Den Ausgangspunkt bildet die Annahme, dass ein Anreizvertrag auf y basiert, obwohl y nicht informativ im Sinne von Definition 2.2 ist, so dass Gleichung (2.59) erfüllt ist. Das Optimierungsproblem des Prinzipals bei Induzieren von a^h ist in (2.54)-(2.56) angegeben. Der in der Teilnahmebedingung (2.55) und der Anreizbedingung (2.56) angegebene Erwartungsnutzen des Agenten EU^A wird unter Verwendung von Gleichung (2.59) für ein nichtinformatives Performancemaß nun wie folgt umformuliert:

$$EU^A = \sum_{pq} u(s^{pq}) f(y^q|x^p) f(x^p|a) - C(a)$$

Dieser Term lässt sich als Doppelsumme darstellen, wobei die unbedingten Wahrscheinlichkeiten $f(x^p|a)$ ausgeklammert werden und die Summation über den Laufindex p dann als „äußere“ Summe angegeben werden kann:

$EU^A = \sum_p (\sum_q u(s^{pq}) f(y^q|x^p))) f(x^p|a) - C(a)$

Die „innere“ Summe mit dem Laufindex q entspricht dem Erwartungsnutzen der Entlohnung in Abhängigkeit von x^p $(\sum_q f(y^q|x^p)) = 1)$:

$$\sum_q u(s^{pq}) f(y^q|x^p)) = EU(s^{pq}(x^p))$$

Das Sicherheitsäquivalent CE dieser unsicheren (Entlohnungs-) Zahlung beinhaltet per Definition den gleichen Nutzen wie deren Nutzenerwartungswert, so dass gilt:

$EU\big(s^{pq}(x^p)\big) = U(CE(x^p))$ bzw.

$$EU\big(s^{pq}(x^p)\big) = \sum_q u(s^{pq}) f(y^q|x^p)) \equiv U(CE(x^p))$$

Da der Agent risikoscheu ist, ist der Erwartungswert der unsicheren Entlohnung höher als das Sicherheitsäquivalent:

$$E\big(s^{pq}(x^p)\big) = \sum_q (s^{pq}) f(y^q|x^p)) > CE(x^p)$$

Letztlich kann das Sicherheitsäquivalent in die Formel für den Erwartungsnutzen des Agenten EU^A eingesetzt werden, wobei sich die schrittweise Umformung von EU^A wie folgt veranschaulichen lässt:

$$EU^A = \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p, y^q|a) - C(a) \equiv \sum_p \left(\sum_q u(s^{pq}) f(y^q|x^p)) \right) f(x^p|a) - C(a)$$
$$\equiv \sum_p U\big(CE(x^p)\big) f(x^p|a) - C(a)$$

Somit können die ursprünglichen Nebenbedingungen (2.55) und (2.56) umformuliert werden zu:

$$EU^A(a^h) \equiv \sum_p U\big(CE(x^p)\big) f(x^p|a^h) - c_h \geq U^R$$
$$EU^A(a^h) \equiv \sum_p U\big(CE(x^p)\big) f(x^p|a^h) - c_h \geq EU^A(a^l) \equiv \sum_p U\big(CE(x^p)\big) f(x^p|a^l) - c_l$$

Die Substitution des x-bedingten Sicherheitsäquivalents $CE(x^p)$ anstelle des ursprünglich auf x und y beruhenden Vertrages $s^{pq} = s(x^p, y^q)$ führt somit zum gleichen Erwartungsnutzen für den Agenten und beinhaltet die gleichen Anreize, ist aber mit geringeren Entlohnungskosten für den Prinzipal verbunden. Demzufolge zeigt die Umformulierung mit Hilfe des Sicherheitsäquivalents, dass die Entlohnung nicht mehr von y sondern nur noch von x abhängt, für den Agenten den gleichen Nutzen beinhaltet und für den Prinzipal geringere Kosten verursacht. Somit ist die Herausnahme von y aus dem Entlohnungsvertrag vorteilhaft, weil dadurch die Variabilität des Vertrages reduziert wird. Mithin konnte gezeigt werden, dass ein nichtinformatives Signal nicht Bestandteil des optimalen Vertrages ist, so dass im Umkehrschluss folgt, dass ein zusätzliches Signal y nur in dem optimalen Vertrag $s(x, y)$ enthalten ist, wenn es auch informativ ist.

Schwieriger zu beweisen ist dagegen die in Satz 2.7 formulierte Behauptung, dass die Berücksichtigung eines informativen Signals stets zu einer Pareto-Verbesserung des Ausgangsvertrages führt. Dazu sei an dieser Stelle nochmals auf den Beweis von Satz 2.7 in Holmström (1979) verwiesen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das auf Holmström (1979) zurückgehende „Informativeness“-Prinzip ein grundlegendes Ergebnis der Prinzipal-Agenten-Theorie darstellt und besagt, dass jedes informative Signal Eingang in den Anreizvertrag des Agenten finden sollte. Das gilt unabhängig von den Präferenzen der Akteure und unabhängig von der Präzision des Signals. Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Prinzipal-Agenten-Theorie, auf das im weiteren Verlauf der Arbeit Bezug genommen werden soll, geht auf Baker (1992) zurück, der die Gestaltung optimaler Anreizverträge bei Kennzahlen untersucht, die zum Vertragszeitpunkt variablen Schwankungen[130] ausgesetzt sind und soll im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

2.2.5 Verzerrte Performancemessung

Baker (1992) untersucht eine Situation, in der die Zielgröße bzw. das Ergebnis des Prinzipals nichtverifizierbar ist und deswegen eine andere Beurteilungsgröße für die Vertragsgestaltung genutzt wird. Im Gegensatz zu den vorherigen Modellen erhält der Agent hier genauere Informationen über den Einfluss seines Arbeitseinsatzes auf die Realisationen der Zielgröße und des Performancemaßes als der Prinzipal. Insofern handelt es sich hierbei um ein Moral-Hazard-Problem mit „hidden information“[131] (verdeckter Information). Je nach der statistischen Beziehung zwischen der Beurteilungsgröße und der Zielgröße kann das Performancemaß fehlerhafte Anreize implizieren, die den Agenten zu unproduktiven Handlungen animieren. Darum beinhaltet der optimale Vertrag in der Regel keine First-best-Anreize, selbst wenn der Agent risikoneutral ist. Das Modell von Baker (1992) soll im Folgenden dargestellt wer-

[130] Vgl. Pfaff/Pfeiffer (2001), S. 365-366.
[131] Vgl. Holmström/Milgrom (1991), Fußnote 11, S. 35; teilweise ist aber auch der Begriff „hidden knowledge“ gebräuchlich, z. B. bei Kopel (1998), S. 543.

den, da es nicht nur einen wichtigen Beitrag zu den grundlegenden agencytheoretischen Erkenntnissen liefert, sondern auch weil bei den Analysen zu nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen noch darauf zurückgegriffen wird. Anschließend wird auch noch kurz auf einen Beitrag von Kopel (1998) eingegangen, der einige Fallbeispiele für dieses Modell analysiert hat. Baker (1992) nimmt an, dass das Ergebnis des Prinzipals: $x(a,\theta)$ nicht verifizierbar ist und von dem unbeobachtbaren Arbeitseinsatz a des Agenten und einem Vektor von Zufallsgrößen θ abhängt. Diese Produktionsfunktion führt zum Unternehmenswert, welcher definiert ist als der Gesamtwert des Outputs abzüglich der Kosten aller Produktionsfaktoren ausgenommen der Entlohnung des Agenten. Für die Vertragsgestaltung wird ein beliebiges, verifizierbares Performancemaß $\mathrm{y}(a,\theta)$ genutzt. Der Entlohnungsvertrag sei linear in y mit: $s(y) = w + v_y \mathrm{y}(a,\theta)$, wobei w eine fixe Komponente und v_y die Beteiligungsrate bzw. den Prämiensatz an y angibt. Baker nimmt an, dass die Zufallsgrößen θ sowohl dem Prinzipal als auch dem Agenten vor Vertragsschluss unbekannt sind, sie allerdings symmetrische Erwartungen über deren Verteilung besitzen. Der Agent erfährt die Realisation von θ vor der Wahl seiner Arbeitsleistung („hidden information"), wobei angenommen wird, dass ein Vertragsbruch zu diesem Zeitpunkt ausgeschlossen ist. Die Annahme dieser asymmetrischen Informationsverteilung resultiert aus der Beobachtung, dass die mit der Arbeit betrauten Mitarbeiter vor Ort meistens über genauere Informationen bezüglich der Unternehmenssituation verfügen als die zentrale Leitung. Weiterhin wird angenommen, dass der Vektor von Zufallsgrößen θ die Grenzbeiträge des Arbeitseinsatzes sowohl des Performancemaßes als auch des Ergebnisses beeinflusst. Insofern sind die Grenzbeiträge aus Sicht des Prinzipals Zufallsgrößen. Der Grenzbeitrag des Performancemaßes wird definiert als: $\frac{\partial \mathrm{y}(a,\theta)}{\partial a} \equiv y_a$ und der des Ergebnisses des Prinzipals als: $\frac{\partial x(a,\theta)}{\partial a} \equiv x_a$. In Fußnote 4 verdeutlicht Baker den Einfluss der Zufallsgrößen mit Hilfe eines Beispiels. Der Vektor von Zufallsgrößen θ besteht aus zwei Komponenten: $\theta = \{d, \varepsilon\}$ und könnte das Ergebnis folgendermaßen beeinflussen: $x = da + \varepsilon$. Hier ist also nicht nur der Grenzbeitrag $x_a = d$ unsicher, sondern es gibt noch eine weitere additiv verknüpfte Störgröße ε. Auch wenn der Arbeitseinsatz a beobachtbar wäre, könnte der Prinzipal somit im Nachhinein nicht auf den stochastischen Grenzbeitrag d schlussfolgern. Die Standardabweichung von x_a ist definiert als σ_{xa} und die von y_a als σ_{ya}. Bei einem hohen σ_{xa} hat der Agent die Möglichkeit, seinen Arbeitseinsatz in hohem Maße anzupassen, um eine verbesserte Zielgröße des Prinzipals zu erreichen, wohingegen σ_{ya} die Menge der nützlichen Informationen bezogen auf das Performancemaß charakterisiert. So weiß ein Agent, der nach der Menge der produzierten Güter entlohnt wird möglicherweise, dass sein Arbeitseinsatz wertlos ist, wenn keine Nachfrage nach den Gütern besteht. Trotzdem hat er aufgrund seines Anreizvertrages ein Interesse daran, eine möglichst hohe Anzahl zu fertigen.[132] Es wird angenommen, dass das Performancemaß so skaliert ist, dass dessen erwarteter Grenzbeitrag mit dem erwarteten Grenzbeitrag des Ergebnisses x übereinstimmt: $E(y_a(a,\theta)) = E(x_a(a,\theta))$. Sowohl der Prinzipal als auch der Agent seien risikoneutral und die Disnutzenfunktion des Agenten $C(a)$ wird als konvex angenommen ($C' > 0, C'' > 0$). Für den Reservationsnutzen des Agenten wird wie in den vorherigen Modellen die Variable U^R verwendet.

Notation im Überblick

a-Arbeitseinsatz des Agenten
θ-Vektor von Zufallsgrößen
x-Ergebnis bzw. Zielgröße des Prinzipals: $x(a,\theta)$
x_a-Grenzbeitrag des Ergebnisses: $\frac{\partial x(a,\theta)}{\partial a} \equiv x_a$ mit Varianz: σ_{xa}^2
y -verifizierbares Performancemaß: $\mathrm{y}(a,\theta)$
y_a-Grenzbeitrag des Performancemaßes: $\frac{\partial y(a,\theta)}{\partial a} \equiv y_a$ mit Varianz: σ_{ya}^2
$s(y)$-Entlohnung des Agenten: $s(y) = w + v_y \mathrm{y}(a,\theta)$
w- fixe Komponente
v_y-Beteiligungsrate oder Prämiensatz
$C(a)$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C' > 0,\ C'' > 0$
U^R- Reservationsnutzen des Agenten

Für die beschriebene Situation gestaltet sich das Optimierungsproblem des Prinzipals wie folgt:

$$\max_{v_y,w,a} EU^P = E(x(a,\theta)) - w - v_y y(a,\theta)) \tag{2.60}$$

$$u.d.N. \qquad EU^A = E\big[w + v_y y - C(a)\big] \geq U^R \tag{2.61}$$

$$a \in argmax\ EU^A(\theta) = E\big(w + v_y y \big| \theta\big) - C(a) \tag{2.62}$$

Der risikoneutrale Prinzipal maximiert seinen erwarteten Nettoüberschuss (2.60), d. h. die Differenz aus dem Erwartungswert des Ergebnisses und der erwarteten Entlohnung des Agenten bestehend aus der fixen Komponente w und der auf y basierenden variablen Entlohnung. Dabei muss die Teilnahmebedingung (2.61) beachtet werden, die sicherstellt, dass der erwartete Nutzen des Agenten mindestens seinem Reservationsnutzen entspricht. Da der Agent risikoneutral ist, berechnet sich sein erwarteter Nutzen aus der erwarteten Entlohnung abzüglich seiner erwarteten Kosten aus dem Disnutzen. Außerdem muss die Anreizbedingung

[132] Vgl. Prendergast (1999), S. 23.

(2.62) berücksichtigt werden, da der Agent nach Beobachtung von θ seinen Arbeitseinsatz so wählt, dass sein Erwartungsnutzen maximiert wird. Zur Lösung des Optimierungsprogramms wird zuerst der aus Sicht des Agenten optimale Arbeitseinsatz ausgehend von (2.62) bestimmt:

$$\frac{\partial EU^A}{\partial a} = \frac{\partial v_y y(a,\theta)}{\partial a} - C'(a) = 0 \quad \rightarrow \quad v_y y_a(a^*,\theta) = C'(a^*) \tag{2.63}$$

Dabei wird davon ausgegangen, dass die Bedingung für ein Maximum erfüllt ist, so dass: $C'' - v_y y_{aa} > 0$. Im nächsten Schritt ermittelt man die optimale Beteiligungsrate v_y, wobei die Teilnahmebedingung (2.61) binden wird und in die Zielfunktion (2.60) eingesetzt werden kann, so dass sich (2.60)- (2.62) dann folgendermaßen vereinfacht:

$$\max_{v_y,w} EU^P = E\big(x(a,\theta)\big) - E\big(C(a)\big) - U^R \tag{2.64}$$
$$u.d.N.\ (2.63)$$

Im Unterschied zu den vorherigen Modellen muss hier der Erwartungswert der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen gebildet werden, da die Grenzbeiträge von x und y zum Vertragszeitpunkt unsicher sind und dadurch auch der optimale Arbeitseinsatz aus der ex ante Sicht eine Zufallsgröße darstellt. Die optimale Beteiligungsrate $v_y{}^*$ ergibt sich aus der aus (2.64) gebildeten Optimalitätsbedingung erster Ordnung, in die (2.63) eingesetzt wird (vgl. ausführliche Herleitung im Anhang), als:

$$v_y{}^* = \frac{E(x_a a_v^*)}{E(y_a a_v^*)} \tag{2.65}$$

Hierbei bezeichnet a_v die partielle Ableitung des Arbeitseinsatzes nach der Beteiligungsrate: $a_v \equiv \frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y}$. Zur besseren Interpretation der Beteiligungsrate $v_y{}^*$ kann a_v^* durch die Differenzierung von (2.63) nach $v_y{}^*$ näher untersucht werden:

$$\frac{\partial v_y y_a\Big(a^*\big(v_y\big)\Big)}{\partial v_y} = \frac{\partial C'\big(a\big(v_y\big)\big)}{\partial v_y}$$

Dabei gelangt man unter Anwendung der Produkt- und der Kettenregel (vgl. Herleitung im Anhang) zu:

$$a_v = \frac{y_a}{C'' - v_y y_{aa}} \tag{2.66}$$

Der Ausdruck für a_v gemäß (2.66) wird anschließend in (2.65) substituiert, so dass sich der optimale Prämiensatz unter der Annahme, dass C'' und y_{aa} Konstanten sind, wie folgt darstellt:

$$v_y{}^* = \frac{E\left[\frac{x_a y_a}{C'' - b y_{aa}}\right]}{E\left[\frac{y_a^2}{C'' - b y_{aa}}\right]} = \frac{E(x_a y_a)}{E(y_a^2)} \tag{2.67}$$

Unter Ausnutzung der Rechenregeln für Kovarianzen und Varianzen kann die optimale Bonusrate nun folgendermaßen umgeformt werden:

$$v_y{}^* = \frac{Cov(x_a, y_a) + E(x_a)E(y_a)}{Var(y_a) + E(y_a)^2} \tag{2.68}$$

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit wird angenommen, dass $E(y_a) = E(x_a) = 1$, so dass (2.68) unter Verwendung des Korrelationskoeffizienten $\rho = \frac{Cov(x_a, y_a)}{\sigma_{xa}\sigma_{ya}}$ dann (2.68) umformuliert wird zu:

$$v_y{}^* = \frac{Cov(x_a, y_a) + 1}{Var(y_a) + 1} = \frac{\rho\sigma_{xa}\sigma_{ya} + 1}{\sigma_{ya}{}^2 + 1} \tag{2.69}$$

Die aus (2.69) ersichtlichen Eigenschaften der optimalen Bonusrate werden im nachfolgenden Satz als Ergebnis festgehalten.

Satz 2.8 *(vgl. Baker (1992), S. 605) Die optimale Beteiligungsrate* $\boldsymbol{v_y}^*$ *in dem Prinzipal-Agent-Modell mit „hidden information“ und einem risikoneutralen Agenten:*

(1) erreicht immer dann das First-best-Niveau $v_y{}^* = 1$, *wenn die Grenzbeiträge des Performancemaßes und des Ergebnisses des Prinzipals die gleiche Varianz besitzen und perfekt korreliert sind, so dass die Grenzbeiträge in jedem Umweltzustand immer identisch sind,*

(2) ist umso höher, je höher die Korrelation der Grenzbeiträge.

Für den Grenzfall eines risikoneutralen Agenten im Prinzipal-Agent-Modell beträgt die optimale Beteiligungsrate 1 bzw. 100 % (vgl. Kap. 2.2.3). Der risikoneutrale Agent wird alleiniger Anspruchsberechtigter für das stochastische Ergebnis und zahlt dafür einen Fixbetrag an den Prinzipal. Dies entspräche einer Art Verpachtung des Unternehmens. Ein solcher Vertrag führt zur First-best-Lösung, da der Agent optimale Anreize erhält und keine Ineffizienzen aufgrund einer suboptimalen Risikoteilung auftreten. In dem hier betrachteten Modell mit

„hidden information" wird die First-best-Lösung dagegen nur erreicht, wenn die Grenzbeiträge des Ergebnisses und der Beurteilungsgröße genau gleich sind, wobei sich die realisierten Werte für x und y allerdings aufgrund weiterer Zufallseinflüsse trotzdem unterscheiden können. Wenn die Grenzbeiträge nicht stark korreliert sind, wird der Arbeitseinsatz des Agenten in den meisten Umweltzuständen nicht mit dem vom Prinzipal gewünschten Niveau übereinstimmen. Da die Disnutzenfunktion konvex ist, ist ein falsches Aktionsniveau teuer und somit reduziert der Prinzipal die Anreizstärke. Insofern handelt es sich hier bei der Verwendung von y anstelle von x um eine verzerrte Performancemessung, so dass es bei einer hohen Varianz von y optimal ist, die dysfunktionalen Anreize abzuschwächen, indem die Bonusrate $v_y{}^*$ gesenkt wird.

Die Intuition für die Festlegung der optimalen Beteiligungsrate wird deutlich, wenn man sich konkrete Fallbeispiele herausgreift und deren Lösung dann mit der First-best-Lösung vergleicht. Dazu soll zunächst der First-best-Arbeitseinsatz bestimmt und dann zwei in einem Aufsatz von Kopel (1998) analysierte Fälle knapp erläutert werden. Im Unterschied zu den Modellen in den vorhergehenden Abschnitten ist die Beobachtbarkeit und Kontrahierbarkeit des Arbeitseinsatzes in dieser Situation nicht ausreichend, um zur First-best-Lösung zu gelangen, da der Prinzipal die realisierten Werte der Grenzbeiträge nicht beobachten und somit nicht den optimalen Arbeitseinsatz kennen und vorgeben kann. Der **First-best-Arbeitseinsatz** ermittelt sich unter der Annahme, dass der Agent den Arbeitseinsatz nach Beobachtung von θ so wählt, dass der erwartete Nutzen des Prinzipals unter der Beachtung der Teilnahmebedingung maximiert wird:

$$\max_a EU^P(\theta) = E(x|\theta) - E\big(w + v_y y\big|\theta\big) \tag{2.70}$$

$$u.d.N.: \qquad EU^A(\theta) = E\big(w + v_y y\big|\theta\big) - C(a) \geq U^R \tag{2.71}$$

Die bindende Teilnahmebedingung wird wieder in die Zielfunktion eingesetzt und aus der Optimalitätsbedingung erster Ordnung ergibt sich dann:

$$\frac{\partial EU^P}{\partial a} = \frac{\partial x}{\partial a} - C'(a) = 0 \;\rightarrow\; x_a = C'(a) \tag{2.72}$$

Zur Vereinfachung wird jetzt angenommen, dass der Agent eine Disnutzenfunktion der Form: $C(a) = \frac{1}{2}a^2$ besitzt. Der First-best-Arbeitseinsatz ist gemäß (2.72): $a^{FB} = x_a$ und entspricht dem stochastischen Grenzbeitrag des Ergebnisses des Prinzipals, den der Agent nach Vertragsschluss privat beobachtet. Der Second-best-Arbeitseinsatz ergibt sich aus Gleichung (2.63) mit: $a^* = v_y y_a(a^*, \theta)$ und ist von dem unsicherem Grenzbeitrag der Beurteilungsgröße und der Beteiligungsrate abhängig. Im **ersten Fallbeispiel**[133] wird angenommen, dass der Grenzbeitrag des Performancemaßes nun keine stochastische Größe mehr ist, sondern den Wert eins annimmt: $\frac{\partial y(a,\theta)}{\partial a} \equiv y_a = 1$. Ausgehend von Formel (2.68) ergibt sich für die optimale Beteiligungsrate: $v_y{}^* = E(x_a)$ und der optimalen Arbeitseinsatz beträgt ebenfalls: $a^* = E(x_a)$ (vgl. (2.63) i.V. m. $C(a) = \frac{1}{2}a^2$). Da der Grenzbeitrag von y in diesem Beispiel keine unsichere Größe ist, ist der optimale Arbeitseinsatz eine Konstante, wohingegen der First-best-Arbeitseinsatz: $a^{FB} = x_a$ mit dem stochastischen Grenzbeitrag von x schwankt. Die induzierte Arbeitsleistung wird also immer dann vom First-best-Niveau abweichen, wenn x_a nicht dem Erwartungswert entspricht. Bei kleinen x_a wird die Arbeitsleistung tendenziell zu hoch und bei hohen Werten zu niedrig ausfallen. Im **zweiten Fallbeispiel** nimmt Kopel (1998) an, dass nicht der Grenzbeitrag des Performancemaßes, sondern der des Ergebnisses des Prinzipals eine sichere Größe sei und den Wert eins annimmt: $\frac{\partial x(a,\theta)}{\partial a} \equiv x_a = 1$. Die optimale Bonusrate ergibt sich aus (2.69) mit: $v_y{}^* = \frac{1}{\sigma_{ya}{}^2 + 1}$. Auch hier stimmt der optimale Arbeitseinsatz: $a^* = v_y y_a(a^*, \theta)$ in der Regel nicht mit dem First-best-Niveau: $a^{FB} = x_a = 1$ überein. Mit einer Beteiligungsrate von $v_y{}^* = 1$ würde man nur in den Umweltzuständen a^{FB} induzieren, in denen y_a dem Wert eins entspricht. Hier ist es jetzt optimal, den Arbeitseinsatz entsprechend der Varianz von y_a über die Beteiligungsrate bzw. Bonusrate zu reduzieren, denn der Arbeitseinsatz ist wegen des Einbezugs von y_a zum Vertragszeitpunkt eine Zufallsvariable. Je höher die Varianz des Grenzbeitrages y_a desto größer ist wegen der konvexen Disnutzenfunktion auch der erwartete Disnutzen des Agenten, den der Prinzipal über die Teilnahmebedingung (vgl. (2.61)) kompensieren muss. Insofern ist es für den Prinzipal vorteilhaft, die Bonusrate bei einer hohen Varianz zu reduzieren, um keine dysfunktionalen Anreize zu geben.

Im vorliegenden Modell wurde gezeigt, dass Ineffizienzen bei der Anreizsetzung nicht nur einer suboptimalen Risikoteilung (vgl. z. B. Abschnitt 2.2.3) geschuldet sein können, sondern auch bei einem risikoneutralen Agenten möglich sind. Das Problem besteht hierbei nicht in erster Linie darin, dass eine andere Beurteilungsgröße anstelle des Ergebnisses verwendet wird, sondern dass das Performancemaß den Wert der Zielgröße aufgrund von stochastischen

---

[133] Vgl. Kopel (1998), S. 540 und S. 544.

Grenzbeiträgen nur verzerrt wiedergibt. Da der Agent genauere Informationen darüber erhält, wie sein Arbeitseinsatz auf die Realisationen von Beurteilungsgröße und Ergebnis wirkt, kann ihn das zu unproduktiven Handlungen animieren. Darum ist es in solch einer Situation optimal, die Anreize abzuschwächen. Auch wenn in dem hier vorgestellten Modell von Baker (1992) der Arbeitseinsatz nur eindimensional ist, wurde die analysierte Problemstellung in nachfolgenden Beiträgen wie z. B. in Holmström/Milgrom (1991)[134] oder Prendergast (1999) als nah verwandt zu der in Prinzipal-Agent-Modellen mit mehreren Aktionen untersuchten Themenstellung interpretiert. In dem Modell von Baker kann der Prinzipal mit nur einem Performancemaß den Arbeitseinsatz über die verschiedenen Umweltzustände nicht optimal steuern. Dabei entsprechen die zustandsabhängigen Arbeitseinsatzentscheidungen dem Vektor von Arbeitseinsätzen im Multitask-Modell, so dass es in beiden Fällen optimal ist, die Anreize zu reduzieren.[135] Das angesprochene Multitask-Modell von Holmström/Milgrom (1991) wird im folgendem Abschnitt vorgestellt.

2.3 Agency-Modelle mit mehrdimensionalem Arbeitseinsatz

2.3.1 Multitask-Modell bei technologisch abhängigen Aktionen

In den Analysen der vorherigen Abschnitte wurde bisher immer von einem eindimensionalen Arbeitseinsatz des Agenten ausgegangen. Dort ging es vorwiegend darum, den Agenten generell zur Erbringung einer Arbeitsleistung zu motivieren. Dagegen betrachten Holmström/Milgrom (1991) – nachfolgend abgekürzt mit HM (1991) - eine Situation, in der der Agent entweder verschiedene Aufgaben zu erfüllen hat oder die Aufgabe des Agenten verschiedene Dimensionen besitzt. Als Beispiel für den ersten Fall kann eine Lehrerin dienen, die einerseits ihren Schülern grundlegendes, leicht abfragbares Wissen und andererseits schwer messbare analytischen Problemlösungskompetenzen vermitteln soll. Ein mögliches Beispiel für den zweiten Fall sind Anforderungen an die Tätigkeit einer Produktionsarbeiterin, die sowohl zügig in hoher Stückzahl als auch qualitativ hochwertig fertigen soll oder aber mit hohem Tempo zu arbeiten hat ohne dabei die Produktionsanlage über Gebühr zu verschleißen. Bei der Berücksichtigung mehrerer Aktionen des Agenten muss der optimale Anreizvertrag nicht nur für einen effizienten Risiko-Anreiz-Tradeoff sorgen, sondern beeinflusst auch die Weise, wie der Agent seine Arbeitskraft zwischen den Aufgaben verteilt. HM (1991) bieten mit ihrer Analyse einen Erklärungsansatz, warum viele in der Praxis beobachtete Ent-

[134] Holmström/Milgrom (1991) beziehen sich auf das 1989 veröffentlichte Working Paper zu Baker (1992), das damals noch den Titel: „Piece Rate Contracts and Performance Measurement Error“ trug.
[135] Vgl. Holmström/Milgrom (1991), Fußnote 11, S. 34-35.

lohnungsverträge ein Festgehalt vorsehen, obwohl sie nach den Ergebnissen der Agency-Modelle mit eindimensionalem Arbeitseinsatz (sogenannter Singletask-Modelle) eigentlich variabler Natur sein müssten. Der Ausgangspunkt der Analyse von HM (1991) soll im Folgenden dargestellt werden, wobei allerdings von einer ausführlichen mathematischen Herleitung zugunsten der inhaltlichen Implikationen abgesehen wird. Die Vorstellung des Modells soll u. a. auch zeigen, wie unterschiedliche Annahmen, hier insbesondere bezogen auf den Abhängigkeitsgrad der Aktionen gerade auch im Hinblick auf den im nachfolgenden Abschnitt vorgestellten Beitrag von Feltham/Xie (1994), die Ergebnisse beeinflussen. In dem Modell von HM (1991) wird die Arbeitsleistung des Agenten anstelle eines Skalars nun als Vektor[136] mit n Komponenten, d. h. verschiedenen Aktionen/Aufgaben oder mit unterschiedlichen Dimensionen der Arbeitsaufgabe angesehen: $\boldsymbol{a} = (a_1, \dots, a_n)'$. Der Apostroph gibt hierbei an, dass der Vektor $\boldsymbol{a}$ transponiert wurde, also anstelle eines Spalten- als Zeilenvektor dargestellt wird. Die Arbeitsleistung ist für den Agenten mit einem Disnutzen verbunden, der persönliche Kosten in Höhe von: $C(\boldsymbol{a})$ verursacht, welche als streng konvex angenommen werden. Gleichzeitig erhöht der Arbeitseinsatz das risikobehaftete Ergebnis bzw. den Bruttonutzen des Prinzipals: $x(\boldsymbol{a})$, der streng konkav sei. Der grundsätzliche Zielkonflikt zwischen dem arbeits- und risikoaversen Agenten und dem risikoneutralen Prinzipal hat sich somit im Vergleich zum Grundmodell (vgl. Abschnitt 2.2.1) nicht geändert. HM (1991) definieren sowohl die Ergebnis- als auch die Disnutzenfunktion in allgemeiner Form, so dass ihr Multitask-Agency-Modell im Normalfall als produktionstechnisch nichtseparierbar anzusehen ist.[137] Somit wird explizit zugelassen, dass die einzelnen Aktionskomponenten technologisch voneinander abhängen, also dass substitutive und komplementäre Beziehungen zwischen ihnen bestehen, deren Einfluss auf den optimalen Vertrag analysiert werden kann. Der Spezialfall einer separierbaren Produktionstechnologie ist ebenfalls in der Modellformulierung inbegriffen.

Ähnlich wie bei der Analyse von Baker (1992) (vgl. Kap. 2.2.5) wird angenommen, dass die Zielgröße des Prinzipals $x(\boldsymbol{a})$ nicht für die Vertragsgestaltung genutzt werden kann, da sie z. B. nicht beobachtbar ist. Stattdessen gibt es einen Vektor von Informationssignalen: $\boldsymbol{y} = \varphi(\boldsymbol{a}) + \boldsymbol{\varepsilon}$, die als Beurteilungsgrößen zur Verfügung stehen. Die Funktion $\varphi(a)$ sei konkav und ε wird als normalverteilt angenommen. Der Vektor der Erwartungswerte der Störgröße $\boldsymbol{\varepsilon}$ sei null und die Kovarianzmatrix $\sum$ enthält die Kovarianzen der einzelnen Störvariablen:

[136] Im Folgenden werden Vektoren und Matrizen mit fett gedruckten Variablen gekennzeichnet.
[137] Vgl. Wagenhofer (1996), S. 162 (bezogen auf den entgegengesetzten Fall).

$$\Sigma = \begin{pmatrix} var(\varepsilon_1) & cov(\varepsilon_1,\varepsilon_2) & \dots & cov(\varepsilon_1,\varepsilon_n) \\ cov(\varepsilon_2,\varepsilon_1) & var(\varepsilon_2) & \dots & cov(\varepsilon_2,\varepsilon_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ cov(\varepsilon_n,\varepsilon_1) & \dots & \dots & var(\varepsilon_n) \end{pmatrix}$$

HM (1991) nehmen anfangs an, dass es für jede Aktionskomponente a_p ein separates Performancemaß gibt, so dass beide Vektoren $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{y}$ die gleiche Anzahl von Komponenten n haben: $\boldsymbol{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)'$. Allerdings können einige Signale so unpräzise sein (mit einer gegen unendlich strebenden Varianz), dass für diese Aktionen faktisch keine Beurteilungsgröße zur Verfügung steht.[138] Die weiteren Annahmen entsprechen dem in Abschnitt 2.2.3 vorgestellten LEN-Modell. Der Agent hat eine negativ exponentielle Nutzenfunktion der Form: $U^A(s,a) = -\exp\left(-r\big(s - C(a)\big)\right)$, wobei r wieder seinen Risikoaversionskoeffizienten und s wie bisher die Entlohnung angibt. Diese ist linear in $\boldsymbol{y}$: $s(\boldsymbol{y}) = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{y}$ mit einem Vektor von Beteiligungsraten bzw. Prämiensätzen: $\boldsymbol{v}$ und dem fixen Entlohnungsbestandteil: w. Das Sicherheitsäquivalent des Erwartungsnutzens des Agenten CEA kann nun wieder in der für LEN-Modelle typischen Form ausgedrückt werden: $CEA = E(s(\boldsymbol{y})) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{r}{2} var(s(\boldsymbol{y}))$. Für die Varianz zweier additiv verknüpfter Zufallsgrößen X und Y mit den Koeffizienten a und b gilt die Regel: $[var(aX + bY) = var(aX) + var(bY) \pm 2abcov(XY)]$. Dementsprechend wird die Varianz von n Zufallsgrößen in Matrixschreibweise folgendermaßen formuliert: $var(s(\boldsymbol{y})) = \boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v}$. Wie zuvor wird der über das Sicherheitsäquivalent ausgedrückte Reservationsnutzen mit der Variablen CEA_0 dargestellt. Entsprechend gestaltet sich das Optimierungsproblem des Prinzipals nun wie folgt:

$$\max_{v,a} CEP = E(x(\boldsymbol{a})) - E(s) \tag{2.73}$$

$$u.d.N. \quad CEA = E(s) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{r}{2} var(s) \geq CEA_0 \tag{2.74}$$

$$a \in \operatorname*{argmax}_{a'} CEA = E(s) - C(\boldsymbol{a}') - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} \tag{2.75}$$

Der Prinzipal maximiert seinen erwarteten Nettoüberschuss (2.73) und beachtet dabei die Teilnahmebedingung (2.74) sowie die Anreizbedingung (2.75), wobei die Variable a' wie in Abschnitt 2.2.1 die Menge aller Arbeitseinsätze bezeichnet, wohingegen a den Vektor der optimalen Aktionsniveaus kennzeichnet.[139] Der Gesamtüberschuss der Agency-Beziehung

[138] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 210.
[139] Der Apostroph ist hier bei a' ausnahmsweise nicht als Transponierungszeichen zu verstehen.

ermittelt sich durch Einsetzen der bindenden Teilnahmebedingung in die Zielfunktion. Dieser wird unter Beachtung der Anreizbedingung maximiert:

$$\max_{v,a} CEP = E\big(x(\boldsymbol{a})\big) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} - CEA_0 \qquad (2.76)$$

$u.d.N.$ (2.75)

Zuerst werden die optimalen Aktionsniveaus des Agenten gegeben s$(\boldsymbol{y})$ ausgehend von (2.75) bestimmt. Dazu nehmen HM (1991) an, dass $\varphi(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{a}$ und somit: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{a} + \boldsymbol{\varepsilon}$. Aus (2.75) ergibt sich dann:

$$\max_{a} CEA = E(s) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{a} - C(\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} \qquad (2.77)$$

Die partielle Ableitung von CEA nach $\boldsymbol{a}$ wird null gesetzt und aus dieser Bedingung erster Ordnung erhält man:

$$v_p = C_p(a)\ f\text{ü}r\ alle\ p \qquad (2.78)$$

Das Ergebnis beruht auf der Annahme, dass der Vektor von Aktivitätsniveaus $\boldsymbol{a}$ in allen Komponenten streng positiv ist ($\boldsymbol{a} \gg 0$). [140] In Gleichung (2.78) bezeichnet $C_p(\boldsymbol{a})$ die partielle Ableitung von $C(\boldsymbol{a})$ nach a_p: $C_p(\boldsymbol{a}) \equiv \frac{\partial C(\boldsymbol{a})}{\partial a_p}$. Die Differenzierung von (2.78) nach $\boldsymbol{v}$ ergibt unter Anwendung der Kettenregel:

$$[\,\boldsymbol{C_{pq}}]^{-1} = \frac{\partial \boldsymbol{a}}{\partial \boldsymbol{v}} \quad und \quad [\boldsymbol{C_{pq}}] = \frac{\partial \boldsymbol{v}}{\partial \boldsymbol{a}} \qquad (2.79)$$

Die n × n Matrix $[\boldsymbol{C_{pq}}]$ in (2.79) enthält die Kreuzableitungen von $C_p(a)$ nach a_q: $C_{pq} \equiv \frac{\partial C_p(a)}{\partial a_q}$. Schließlich kann die Zielfunktion in (2.76) unter Beachtung der Anreizbedingung in (2.78) und unter Verwendung von (2.79) sowie der Annahme: $\boldsymbol{a} \gg 0$ gelöst werden. Das führt dann zur optimalen Beteiligungsrate:

$$\boldsymbol{v} = ((\boldsymbol{I} + r[\boldsymbol{C_{pq}}]\textstyle\sum)\,)^{-1}\, x'(\boldsymbol{a}) \qquad (2.80)$$

In (2.80) steht die Variable $\boldsymbol{I}$ für die Einheitsmatrix und der Ausdruck $x'(\boldsymbol{a})$ bezeichnet den Vektor der partiellen Ableitungen von x nach $\boldsymbol{a}$: $x'(\boldsymbol{a}) = (\frac{\partial x}{\partial a_1}, \frac{\partial x}{\partial a_2}, \dots \frac{\partial x}{\partial a_n})'$. Als **Benchmark** kann der Spezialfall angesehen werden, wenn die Störterme alle stochastisch unabhängig voneinander sind, so dass die Kovarianzmatrix $\sum$ nur Varianzen enthält. Gleichzeitig sei-

[140] Vgl. Holmström/Milgrom (1991), S. 31.

en auch alle Aktionen des Agenten technologisch unabhängig voneinander, so dass alle Kreuzableitungen null betragen. In diesem Fall ergibt sich der optimale Prämiensatz gem. (2.80) mit: $v_p = \frac{x'(a_p)}{(1+rC_{pp}\sigma_p^2)}\ für\ alle\ p$. Die optimalen Beteiligungsraten können hier unabhängig voneinander festgelegt werden und sinken wie erwartet mit größerer Risikoaversion, höherer Varianz und einem Anstieg von C_{pp}.

Um die Eigenschaften der optimalen Beteiligungsraten $\boldsymbol{v}$ in (2.80) hinsichtlich der technologischen Abhängigkeit der Aktivitäten genauer untersuchen zu können, betrachten HM (1991) eine **Situation mit nur zwei Aktionen $\boldsymbol{a} = (a_1, a_2)'$**. Hier wird angenommen, dass nur die erste Aktivität mit Hilfe eines Performancemaßes erfasst werden kann: $y = a_1 + \varepsilon$. Zur Veranschaulichung dient wieder der Fall der Lehrerin, die einerseits grundlegendes Wissen und andererseits auch analytische Problemlösungskompetenzen, die allerdings nicht getestet werden können, vermitteln soll. Als weiteres Beispiel kann man sich eine Bereichsmanagerin denken, die sowohl für den Verkauf von Produkten als auch für Marktforschung zuständig ist, wobei der zukünftige Erfolg der Marktforschung im Gegensatz zu den Verkaufserlösen nur sehr schwer messbar ist.[141] Der optimale Prämiensatz kann dann mit Formel (2.80) bestimmt werden. Dabei berücksichtigt man, dass die zweite Beurteilungsgröße zur Messung von a_2 eine gegen unendlich strebende Varianz besitzt: $\sigma_2^2 \to \infty$ und die Kovarianz σ_{12} null beträgt. Es wird vorausgesetzt, dass die Bedingung: $a \gg 0$ erfüllt ist und zudem nehmen HM (1991) an, dass der Agent ein gewisses Maß an Arbeitseinsatz für a_2 von sich aus ohne expliziten monetären Anreiz erbringt.[142] Unter Verwendung der Regel von L'Hôspital ergibt sich für die optimale Beteiligungsrate (**$\boldsymbol{v_1 = v}$**):

$$v = \frac{x'(a_1) - x'(a_2)\frac{C_{12}}{C_{22}}}{1 + r\sigma_1^2(C_{11} - \frac{C_{12}^2}{C_{22}})} \qquad (2.81)$$

Mit Hilfe der Kreuzableitungen können unterschiedliche Annahmen über die technologischen Abhängigkeiten der Aktivitäten getroffen und das Verhalten der Beteiligungsrate diesbezüglich analysiert werden. Wenn die Kreuzableitung C_{12} negativ ist: $C_{12} < 0$ senkt eine Steigerung von a_2 die Grenzkosten von a_1. In diesem Fall sind die Aktivitäten a_1 und a_2 Komplementäre. Wenn die Kreuzableitung C_{12} dagegen positiv ist, erhöht eine Steigerung von a_2 die

[141] Vgl. Wagenhofer (1996), S. 163.
[142] Vgl. Holmström/Milgrom (1991), Fußnote 9, S. 32 und ausführlicher Christensen/Feltham (2005), S. 210-212.

Grenzkosten von a_1 und die Beziehung zwischen den beiden Aktivitäten ist substitutiver Natur. Aus Gleichung (2.81) ist ersichtlich, dass im Falle $C_{12} < 0$ (komplementäre Beziehung) der optimale Prämiensatz mit stärker negativer Kreuzableitung C_{12} steigt. Der Zähler ist dann nämlich positiv und steigt mit dem Betrag von C_{12} und der Nenner sinkt, so dass die Beteiligungsrate v insgesamt steigt. Bei substitutiver Beziehung der beiden Aktionen ($C_{12} > 0$) sinkt der optimale Prämiensatz dagegen mit stärker positiver Kreuzableitung C_{12}, denn der Zähler sinkt und der Nenner steigt. Ein **Beispiel** für eine Disnutzenfunktion mit substitutiver Beziehung zwischen den Aktivitäten ist: $C(a) = a_1^2 + a_2^2 + a_1 a_2$. Die Grenzkosten für a_1 betragen: $C_1 = 2a_1 + a_2$ und für a_2: $C_2 = 2a_2 + a_1$. Die Kreuzableitung ist positiv: $C_{12} = C_{21} = 1 > 0$ (Substitute) und die Konvexitätsannahme ist erfüllt, da $C_{11} = C_{22} = 2 > 0$. Die optimale Beteiligungsrate ergibt sich für $x(a) = d_1 a_1 + d_2 a_2 + \varepsilon_x$ aus Gleichung (2.81) mit: $v = \frac{d_1 - d_2 {}^1/_2}{1 + r\sigma_1^2 (2 - {}^1/_2)} = \frac{2d_1 - d_2}{2 + 3r\sigma_1^2}$. Hier erkennt man, dass v sogar negativ werden kann, wenn der Zähler negativ wird, d. h. bei $d_1 < \frac{1}{2} d_2$. Dies kann selbst dann eintreten, wenn das Performancemaß y perfekt präzise ist ($\sigma_1^2 = 0$), so dass in solchen Fällen eine Fixzahlung optimal ist. Außerdem ist ein Festgehalt immer dann optimal, wenn die Aktionen a_1 und a_2 perfekte Substitute sind, d. h. $C(a) = C(a_1 + a_2)$, wie z. B. bei: $C(a) = \frac{1}{2}\,(a_1 + a_2)^2 = \frac{1}{2} a_1^2 + \frac{1}{2} a_2^2 + a_1 a_2$. Eine solche Situation liegt z. B. dann vor, wenn die Aktionskomponenten a_p die Zeit angeben, die der Agent den Aktivitäten p widmet und sein Disnutzen nur von der Gesamtzeit abhängt, die er auf die Tätigkeiten verwendet.[143] Das lässt sich anhand eines Zahlenbeispiels sehr gut veranschaulichen: Wenn man bei einem achtstündigen Arbeitstag den Tätigkeiten a_1 und a_2 unterschiedlich viel Zeit widmet, hängt hier die Höhe des gesamten Disnutzens nicht von der Verteilung der Gesamtarbeitszeit auf die Tätigkeiten ab: $C(a) = \frac{1}{2}\,(8)^2 = 32$, denn beide Tätigkeiten werden als perfekte Substitute angesehen. Dagegen wären bei einer additiv separierbaren Disnutzenfunktion der Form: $C(a) = \frac{1}{2} a_1^2 + \frac{1}{2} a_2^2$ beide Aktionen unabhängig voneinander ($C_{12} = C_{21} = 0$) und der Disnutzen kann dann je nach Verteilung der Arbeitszeit auf die beiden Aktivitäten unterschiedlich hoch ausfallen, z. B. $C(a_1 = 1, a_2 = 7) = 25 \neq 16 = C(a_1 = 4, a_2 = 4)$. In dem Fall wäre dann der Gesamtdisnutzen größer, wenn man einer Tätigkeit nur ganz wenig und der anderen viel Zeit widmet, als wenn man die Zeit gleichmäßig auf beide Tätigkeiten verteilt. Anhand dieser Interpretation wird deutlich, dass v. a. substitutive Beziehungen zwischen den Aktionen durchaus praktische Relevanz haben.

[143] Vgl. Wagenhofer (1996), S. 162.

Sind nun die Aktivitäten a_1 und a_2 perfekte Substitute, so sind die Grenzkosten C_1 und C_2 gleich groß und gemäß der Anreizbedingung (2.78) müssen dann auch die Prämiensätze v_1 und v_2 gleich hoch gewählt werden. Da für die zweite Aktivität keine Beurteilungsgröße zur Verfügung steht ($v_2 = 0$), muss auch die Beteiligung an y null sein ($v = 0$). Die Formel für die optimale Beteiligungsrate in (2.81) kann dann hier nicht angewendet werden. Stattdessen ist es optimal, dem Agenten eine fixe Vergütung zu zahlen. Dies kann mit Hilfe der oben angegebenen beispielhaften Disnutzenfunktion: $C(a) = \frac{1}{2}\,(a_1 + a_2)^2$ sehr leicht mathematisch veranschaulicht werden. Die optimalen Aktionsniveaus des Agenten bestimmen sich ausgehend von der Anreizbedingung (vgl. (2.77)) aus den Bedingungen 1. Ordnung wie folgt:

$$\max_{a_1,\,a_2} CEA = E(s) - C(a) - \frac{1}{2}rv^2\sigma^2 = w + va_1 - \frac{1}{2}a_1^2 - \frac{1}{2}a_2^2 - a_1a_2 - \frac{1}{2}rv^2\sigma^2$$

$$\frac{\partial CEA}{\partial a_1} = v - a_1 - a_2 = 0 \;\rightarrow a_2 = v - a_1$$
$$\frac{\partial CEA}{\partial a_2} = -a_2 - a_1 = 0 \;\rightarrow a_2 = -a_1$$

Das Gleichsetzen beider Bedingungen ergibt: $v - a_1 = -a_1 \;\rightarrow v = 0$. Somit muss dann hier von Anreizen abgesehen werden, wenn der Agent beiden Tätigkeiten Zeit widmen soll.[144] Die Formel für die optimale Bonusrate in (2.81) ist außerdem nicht anwendbar, wenn die Bedingung: $a \gg 0$ nicht erfüllt ist. Die bisherigen Ergebnisse werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 2.9 *(vgl. HM (1991), S. 32-33)) Unter der Annahme, dass der Agent zwei Aufgaben,* $\boldsymbol{a} = (\boldsymbol{a_1}, \boldsymbol{a_2})'$ *auszuführen hat und es nur ein Performancemaß* $\boldsymbol{y}$ *gibt, das allerdings unabhängig von* $\boldsymbol{a_2}$ *ist, hat der optimale Anreizvertrag die folgenden Eigenschaften:*

(1) Sofern eine Beteiligung an der Beurteilungsgröße y effizient ist, ist der optimale Prämiensatz v gegeben durch Formel (2.81). Für C_{12} *ungleich null, steigt in diesem Fall die optimale Beteiligungsrate v mit stärker negativer Kreuzableitung* C_{12}, *sofern* $C_{12} < 0$, *wohingegen sie bei* $C_{12} > 0$ *mit stärker positiver Kreuzableitung* C_{12} *sinkt.*

(2) Eine fixe Vergütung ist immer dann optimal, wenn die optimale Beteiligungsrate gem. (2.81) negativ werden würde. Das kann sogar passieren, wenn $x'(a_1) > 0$ *und die Beurteilungsgröße y perfekt präzise ist.*

[144] Vgl. Wagenhofer (1996), S. 163.

(3) Wenn a_1 und a_2 perfekte Substitute sind, ist es abweichend von Formel (2.81) ebenfalls optimal, keine Anreize zu setzen, sofern der Agent für beide Aktionen ein positives Aktionsniveau a>0 wählen soll.

HM (1991) analysieren ausgehend von diesen Überlegungen verschiedene weitere Modelle, mit denen sie zeigen, unter welchen Umständen Festgehälter variablen Entlohnungen überlegen sind. Auf diese weiterführenden Analysen soll aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da schon das hier vorgestellte Modell einen Einblick in die Problematik der Gestaltung optimaler Verträge bei mehreren Aufgaben des Agenten gewährt. Dabei konnte gezeigt werden, dass es im Multitask-Fall für den Prinzipal optimal sein kann, nur geringe oder gar keine Anreize zu setzen. Da HM (1991) eine Situation analysieren, in der dem Prinzipal nur ein Performancemaß zur Verfügung steht, stellt die Verwendung des LEN-Ansatzes in ihrer Untersuchung keine Vereinfachung dar. Hierfür gelten die in ihrem Beitrag von 1987 dargestellten Rechtfertigungen (vgl. Abschnitt 2.2.3). Ein weiterer wichtiger und einflussreicher Beitrag zu Multitask-Agency-Modellen stammt von Feltham und Xie (1994). Ihr Modell, in dem sie im Unterschied zu HM (1991) den Einbezug mehrerer Performancemaße, allerdings bei technologisch unabhängigen Aktionen (modelliert über eine additiv separierbare Disnutzenfunktion) untersuchen, soll im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt werden.

2.3.2 Multitask-Modell bei technologisch unabhängigen Aktionen

Feltham und Xie (1994) – nachfolgend FX (1994) – bauen auf dem Ansatz von HM (1991) auf und untersuchen gezielt die Verwendung mehrerer Beurteilungsgrößen in einer Moral-Hazard- Situation mit mehrdimensionalem Arbeitseinsatz des Agenten. Sie konzentrieren sich bei ihrer Analyse ähnlich wie HM (1991) auf den Aspekt, dass Beurteilungsgrößen oftmals die Aktionen der Manager nur unvollständig repräsentieren und welchen ökonomischen Einfluss diese Kongruenzabweichungen der Performancemaße besitzen. Zudem prüfen FX (1994) die Wechselwirkung des Kongruenzproblems mit dem Problem der suboptimalen Risikoteilung, das hier ebenfalls auftritt, da wieder von einem risikoscheuen Agenten ausgegangen wird und die Beurteilungsgrößen zufälligen Umwelteinflüssen unterliegen. Im Folgenden soll die Analyse von FX (1994) vorgestellt werden und anschließend wird auch kurz auf den Beitrag von Datar/Kulp/Lambert (2001) eingegangen, die die Untersuchung von FX (1994) noch um die Frage nach der optimalen Gewichtung von Beurteilungsgrößen in einem Anreizvertrag erweitern. Ähnlich wie HM (1991) gehen FX (1994) von einem mehrdimensionalen Arbeitseinsatz des risiko- und arbeitsaversen Agenten aus: $\boldsymbol{a} = (a_1, \ldots, a_n)'$ und verwenden ebenfalls ein LEN-Modell.[145] Anders als bei HM (1991) sind die mit $C(\boldsymbol{a})$ bezeichneten persönlichen Kosten des Agenten additiv separierbar und quadratisch: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \frac{1}{2}[a_1^2 + a_2^2 + \cdots + a_n^2]$. Somit wird implizit angenommen, dass die einzelnen Aktionen anders als im vorhergehenden Modell von HM (1991) technologisch unabhängig sind. Die Disnutzenfunktion repräsentiert damit z. B. eine Situation, in der es der Agent als besonders unangenehm empfindet, auf eine einzelne Aufgabe zu viel Zeit zu verwenden.[146] Der Prinzipal sei risikoneutral und sein von den Aktionen des Agenten abhängiges Ergebnis wird wie bisher mit x bezeichnet, wobei gilt: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} + \varepsilon_x$**.** Hier ist die Ergebnisfunktion additiv in den Aktionskomponenten, wobei $\boldsymbol{d}$ den Vektor der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen angibt. Dagegen stellt ε_x wieder eine normalverteilte Störvariable mit dem Erwartungswert null und einer Varianz von: $var(\varepsilon_x) = \sigma_x^2$ dar. Im Gegensatz zu dem Modell von HM (1991) muss die Ergebnisfunktion hier nicht als konkav angenommen werden, da auch mit einer in den Aktionskomponenten linearen Ergebnisfunktion in Kombination mit einer quadratischen Kostenfunktion $C(\boldsymbol{a})$ die Bestimmung einer inneren Lösung für die First-best-Aktionsniveaus möglich ist.[147] Auch FX (1994) gehen von dem typischen Moral-Hazard-Problem mit unbeobachtbaren Aktivitätsniveaus $\boldsymbol{a}$ des Agenten aus und nehmen an, dass das Ergebnis des Prinzipals nicht verifizierbar und damit auch nicht kontrahierbar sei. Für die Anreizgestaltung steht ein Vektor von öffentlich beobachtbaren und somit kontrahierbaren Informationssignalen $\boldsymbol{y}$ zur Verfügung: $\boldsymbol{y} = (y_1, \ldots, y_m)'$. Die Anzahl der Performancemaße bzw. Signale m muss dabei nicht mit der Anzahl der Aktionen des Agenten n übereinstimmen. Es wird angenommen, dass die Aktionsniveaus $\boldsymbol{a}$ nur den Erwartungswert, nicht aber die Varianz der Beurteilungsgrößen y_p beeinflussen. Es gilt: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{a} + \boldsymbol{\varepsilon}$. Die Variable $\boldsymbol{\mu}$ bezeichnet hier die $(m \times n)$-Matrix der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen der Performancemaße und $\boldsymbol{\varepsilon}$ ist der $(m \times 1)$-Vektor der normalverteilten Störvariablen mit einem Erwartungswert von null und der Kovarianzmatrix $\sum$**,** die als positiv definit angenommen wird, so dass ihre Inverse existiert. Der Vektor $\boldsymbol{y}$ stellt sich in der ausführlichen Schreibweise wie folgt dar:

$$\boldsymbol{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{11}a_1 + & \mu_{12}a_2 + & \cdots & \mu_{1n}a_n \\ \mu_{21}a_1 + & \ldots & \ldots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \ldots & \vdots \\ \mu_{m1}a_1 + & \ldots & \cdots & \mu_{mn}a_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_m \end{pmatrix}$$

---

[145] Wie im vorherigen Abschnitt werden Vektoren und Matrizen mit fett gedruckten Variablen gekennzeichnet und der Apostroph gilt als Transponierungszeichen.
[146] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 184.
[147] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 184.

Die weiteren Annahmen sind wie im vorherigen Abschnitt, dass der Agent eine negativ exponentielle Nutzenfunktion der Form: $U^A(s,a) = -\exp\left(-r\big(s - C(a)\big)\right)$ besitzt, wobei r den Risikoaversionskoeffizienten und s den Entlohnungsvertrag angibt, welcher auf $\boldsymbol{y}$ basiert und in den Aktionskomponenten linear ist: $s(\boldsymbol{y}) = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{y} = w + v_1y_1 + v_2y_2 + \ldots + v_my_m$. Die Variable $\boldsymbol{v}$ steht für den Vektor von Beteiligungsraten bzw. Prämiensätzen: $\boldsymbol{v} = (v_1, \ldots, v_m)'$ und w ist eine fixe Komponente. Die Beschränkung auf einen in $\boldsymbol{a}$ linearen Entlohnungsvertrag führt hier nicht zu dem optimalen Kompensationsvertrag, sondern dient der Ermöglichung einer verständlichen, mathematischen Analyse.[148] Unter den getroffenen Annahmen ergibt sich das Sicherheitsäquivalent des Erwartungsnutzens des Agenten in der für das LEN-Modell charakteristischen Form (vgl. 2.2.3) als: $CEA = E(s(\boldsymbol{y})) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{r}{2} var(s(\boldsymbol{y}))$. Die Varianz der Entlohnung wird unter Anwendung der Rechenregeln für Varianzen bestimmt und ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} var(s(\boldsymbol{y})) = \boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} = v_1^2 var(\varepsilon_1) \\ + v_1v_2cov(\varepsilon_1,\varepsilon_2) + \ldots + v_1v_mcov(\varepsilon_1,\varepsilon_n) \\ + v_2v_1cov(\varepsilon_2,\varepsilon_1) + v_2^2var(\varepsilon_2) + \cdots + v_2v_mcov(\varepsilon_2,\varepsilon_n) \\ + \cdots + v_mv_1cov(\varepsilon_2,\varepsilon_1) + \cdots + v_m^2var(\varepsilon_m) \end{aligned} \tag{2.82}$$

Sofern die Anzahl der Aktionen n der Anzahl der Beurteilungsgrößen m entspricht, kann die Varianz der Entlohnung auch mittels einer Doppelsumme dargestellt werden:

$$var(s(\boldsymbol{y}) = \boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} = \displaystyle\sum_{p=1}^{m}\sum_{q=1}^{m} v_pv_qcov(\varepsilon_p,\varepsilon_q)$$

Dies entspricht allerdings nicht dem Regelfall, denn typischerweise wird angenommen dass: $n \neq m$. Der Reservationslohn des Agenten wird wie bisher als CEA_0 bezeichnet.

[148] Vgl. Lambert (2001), S. 29-30; Christensen/Feltham (2005), S. 185.

Notation im Überblick

$\boldsymbol{a}$-Vektor der Aktionsniveaus des Agenten: $\boldsymbol{a} = (a_1, \dots, a_n)'$
x- monetäres Ergebnis/Bruttonutzen des Prinzipals: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} + \varepsilon_x$
$\boldsymbol{d}$- Vektor der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen $\boldsymbol{d} = (d_1, \dots, d_n)'$
$\boldsymbol{y}$- $(m \times 1)$-Vektor zusätzlicher Signale bzw. Performancemaße: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu a} + \boldsymbol{\varepsilon}$
$\boldsymbol{\mu}$- $(m \times n)$-Matrix der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen von $\boldsymbol{y}$
$\boldsymbol{\varepsilon}$- $(m \times 1)$-Vektor der normalverteilten Störvariablen mit Erwartungswert null
$\sum$- $(m \times n)$-Kovarianzmatrix des Vektors der Störvariablen $\boldsymbol{\varepsilon}$
$U^A(s, a)$-Nutzenfunktion des Agenten: $U^A(s, a) = -exp\left(-r\left(s - \mathrm{C}(a)\right)\right)$
r-Risikoaversionskoeffizient des Agenten
$C(\boldsymbol{a})$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \frac{1}{2}[a_1^2 + a_2^2 + \cdots + a_n^2]$
$s(\boldsymbol{y})$-Entlohnung des Agenten: $s(\boldsymbol{y}) = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{y}$
w-Fixgehalt, Fixum
$\boldsymbol{v}$-Vektor der Beteiligungsraten bzw. Prämiensätze: $\boldsymbol{v} = (v_1, \dots, v_m)'$
CEA-Sicherheitsäquivalent des Agenten
CEP-Sicherheitsäquivalent des Prinzipals
CEA_0- Reservationslohn des Agenten

Als Benchmark bestimmen FX (1994) zuerst den optimalen **First-best-Vertrag**, wobei davon ausgegangen wird, dass die Arbeitseinsatzniveaus $\boldsymbol{a}$ des Agenten **beobachtbar** und verifizierbar sind, so dass der Prinzipal diese vertraglich vorgeben kann. Das Optimierungsproblem des Prinzipals gestaltet sich dann unter Verzicht der Anreizbedingung analog zu dem Problem im Modell von HM (1991) (vgl. Abschnitt 2.3.1, Formeln (2.73) und (2.74)) wie folgt:

$$\max_{v,a} CEP = E(x(\boldsymbol{a})) - E(s)$$
$$u.d.N. \quad CEA = E(s) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{r}{2}var(s) \geq CEA_0$$

Im nächsten Schritt wird die bindende Teilnahmebedingung (2.74) in die Zielfunktion (2.73) eingesetzt und der in Formel (2.82) angegebene Ausdruck für die Varianz der Entlohnung verwendet:

$$\max_{a} CEP = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\textstyle\sum\boldsymbol{v} - CEA_0 \qquad (2.83)$$

Der so ermittelte erwartete Überschuss der Agency-Beziehung wird über $\boldsymbol{a}$ maximiert und aus der Bedingung erster Ordnung ergeben sich die First-best-Aktivitätsniveaus:

$$\frac{\partial CEP}{\partial a} = d - 2 * \frac{1}{2}a = 0 \quad \rightarrow \boldsymbol{a}^{\boldsymbol{FB}} = \boldsymbol{d} \quad \left[a_q^{FB} = d_q \quad f\ddot{u}r\ q = 1, \dots, n\right] \qquad (2.84)$$

Da a^{FB} unabhängig von dem Vektor der Beteiligungsraten $\boldsymbol{v}$ ist, wird dem Agenten zur Minimierung der Risikoprämie $\frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v}$ eine fixe Entlohnung gewährt, so dass die Risikoprämie auf null reduziert wird. Die Höhe der fixen Entlohnung ergibt sich aus der bindenden Teilnahmebedingung (vgl. (2.74)) wie folgt: $E(s) = s^{FB} = CEA_0 + C(\boldsymbol{a})$. FX (1994) definieren dann den erwarteten Gesamtüberschuss π der Agency-Beziehung ausgehend von Formel (2.83), wobei allerdings auf die Angabe des Reservationslohnes CEA_0 verzichtet wird, da dieser nur die anteilige Verteilung des Überschusses zwischen dem Prinzipal und dem Agenten beeinflusst und als Konstante keinen Einfluss auf die optimale Beteiligungsrate und den optimalen Arbeitseinsatz im Second-best-Fall besitzt.

$$\pi \equiv E(x(\boldsymbol{a}^*)) - C(\boldsymbol{a}^*) - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} \tag{2.85}$$

Für den First-best-Fall ergibt sich der erwartete Gesamtüberschuss π^{FB} nach Einsetzen von $\boldsymbol{a}^{FB} = \boldsymbol{d}$ in (2.85) wie folgt:

$$\boldsymbol{\pi}^{FB} = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a}^* - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}^{*\prime}\boldsymbol{a}^* = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} = \frac{1}{2}[d_1^2 + d_2^2 + \cdots + d_n^2] \tag{2.86}$$

In einer Situation, in der der Agent nur zwei Aktionen auszuführen hat, entspricht das Verhältnis der First-best-Aktivitätsniveaus gem. (2.84) dem Verhältnis der Grenzbeiträge des Ergebnisses des Prinzipals[149]:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{d_2}{d_1} \tag{2.87}$$

Wenn die Arbeitseinsatzniveaus $\boldsymbol{a}$ dagegen nicht beobachtbar sind, bietet der Prinzipal dem Agenten einen Anreizvertrag basierend auf dem Vektor der öffentlich beobachtbaren Signale $\boldsymbol{y}$ an. Das Optimierungsproblem zur Bestimmung des optimalen **Second-best-Vertrages** ist analog zu dem im vorhergehenden Abschnitt (vgl. 2.3.1, Formeln (2.73) - (2.75)), Änderungen ergeben sich allerdings aufgrund der anderen Annahmen bzgl. der Eigenschaften des Vektors der Beurteilungsgrößen $\boldsymbol{y}$ sowie der Disnutzenfunktion:

$$\begin{aligned} &\max_{v,a} CEP = E(x(\boldsymbol{a})) - E(s) \\ &u.d.N. \quad CEA = E(s) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{r}{2}var(s) \geq CEA_0 \\ &\qquad\qquad a \in \operatorname*{argmax}_a CEA = w + \boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu a}) - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} \end{aligned} \tag{2.88}$$

[149] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 187.

Zur Lösung werden wie üblich (vgl. Kap. 2.2.3) zuerst die aus Sicht des Agenten optimalen Arbeitseinsatzniveaus $\boldsymbol{a}$ bezogen auf die angebotene Entlohnung s ermittelt. Die Maximierung des Sicherheitsäquivalents CEA des Agenten über $\boldsymbol{a}$ (vgl. (2.88)) führt dann zu folgender Bedingung erster Ordnung:

$$\frac{\partial(CEA)}{\partial \boldsymbol{a}} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} - \boldsymbol{a} = 0 \quad \rightarrow \boldsymbol{a} \quad = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} \quad \left[a_q \ = \textstyle\sum_{p=1}^{m} v_p \mu_{pq} \ für \ q = 1, \ldots, n\right] \tag{2.89}$$

Als nächstes wird dann der Vektor der optimalen Prämiensätze $\boldsymbol{v}$ bestimmt, wobei die bindende Teilnahmebedingung wieder in die Zielfunktion eingesetzt werden kann, so dass sich das Optimierungsproblem dann folgendermaßen darstellt:

$$\max_{v} CEP = E(x(\boldsymbol{a})) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} \tag{2.90}$$

$u.d.N.$ (2.89)

Der Reservationslohn CEA_0 wurde hierbei nicht mehr berücksichtigt, da er keinen Einfluss auf die optimalen Beteiligungsraten besitzt. Nach Einsetzen von (2.89) in (2.90) ergibt sich das folgende unbeschränkte Optimierungsproblem:

$$\max_{v} CEP = \boldsymbol{d}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v})'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2} r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v} \tag{2.91}$$

Die Ableitung von (2.91) nach $\boldsymbol{v}$ und Nullsetzen führt zur Bedingung erster Ordnung (vgl. Herleitung im Anhang), aus der sich der Vektor der optimalen Second-best-Beteiligungsraten wie folgt ergibt:

$$\boldsymbol{v}^{SB} = (\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d} \tag{2.92}$$

Durch Einsetzen von (2.92) in (2.89) erhält man anschließend den Vektor der optimalen Arbeitseinsatzniveaus:

$$\boldsymbol{a}^{SB} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}^{SB} = \boldsymbol{\mu}'[(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d}] \tag{2.93}$$

Wie bei der First-best-Lösung soll auch hier wieder der erwartete Gesamtüberschuss π der Agency-Beziehung (vgl. Formel (2.85)) bestimmt werden. Dieser ergibt sich nach der Substitution von (2.92) sowie (2.93) in (2.85) wie folgt:

$$\boldsymbol{\pi}^{SB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d} \tag{2.94}$$

Die einzelnen Umformungsschritte sind wiederum im Anhang angegeben. Der Wohlfahrtsverlust bzw. die **Agency-Kosten** aus der Unbeobachtbarkeit des Arbeitseinsatzes lassen sich aus der Differenz der erwarteten Gesamtüberschüsse der Agency-Beziehung der First-best- (vgl. (2.86)) und der Second-best-Lösung (vgl. (2.94)) wie folgt bestimmen:

$$\begin{aligned} Agency - Kosten = \pi^{FB} - \pi^{SB} &= \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{\mu d} \\ &= \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'(\boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{\mu d}) \\ &= \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'[\boldsymbol{I} - \boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{\mu}]\boldsymbol{d} \end{aligned} \tag{2.95}$$

Die Variable $\boldsymbol{I}$ in (2.95) bezeichnet die Einheitsmatrix[150]. Ausgehend von den bisherigen allgemeinen Modellergebnissen widmen sich FX (1994) dann speziell einer **Situation mit nur einem Performancemaß** y_p. Wenn zudem angenommen wird, dass der Agent nur für zwei Aktionen verantwortlich ist, hat das Beurteilungssystem die folgende Charakteristika: $\boldsymbol{\mu} = (\mu_{11} \quad \mu_{12})$ und $\Sigma = \sigma_1^2$ mit $y = \mu_{11}a_1 + \mu_{12}a_2 + \varepsilon$ und für das Ergebnis des Prinzipals gilt: $x = d_1a_1 + d_2a_2 + \varepsilon_x$. Die optimale Beteiligungsrate und die optimalen Aktionsniveaus ergeben sich aus (2.92) und (2.93) wie folgt:

$$v^{SB} = (\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{\mu d} = \frac{\mu_{11}d_1 + \mu_{12}d_2}{(\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2 + r\sigma_1^2)} \tag{2.96}$$

$$\boldsymbol{a^{SB}} = \boldsymbol{\mu}'v^{SB} \quad \left[a_q^{SB} = v^{SB}\mu_{1q} \ \ f\ddot{u}r \ \ q = 1{,}2\right] \tag{2.97}$$

Man erkennt aus der Gleichung (2.96), dass der Nenner mit $r\sigma_1^2$ steigt, so dass v^{SB} und $\boldsymbol{a^{SB}}$ sinken, d. h. mit einem Anstieg der Risikoaversion r des Agenten oder des mit dem Performancemaß verbundenen Risikos σ_1^2 wird die Intensität des Arbeitseinsatzes verringert. Des Weiteren ist ersichtlich, dass das Verhältnis der Aktivitätsniveaus $a_2 = v^{SB}\mu_{12}$ zu $a_1 = v^{SB}\mu_{11}$ dem Verhältnis der Grenzbeiträge des Performancemaßes entspricht:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{\mu_{12}}{\mu_{11}} \tag{2.98}$$

Falls das Ergebnis des Prinzipals kontrahierbar wäre und somit als Beurteilungsgröße verwendet werden könnte, d. h. $y_p = x$ und somit: $\boldsymbol{\mu_p} = (\mu_{p1} \quad \mu_{p2}) = (d_1 \quad d_2)' = \boldsymbol{d}'$, würde man das gleiche Verhältnis der Aktionsniveaus wie im First-best-Fall erreichen (vgl. (2.87)),

[150] Eine Einheitsmatrix ist eine Matrix, die auf der Diagonalen nur Elemente mit dem Wert eins enthält und bei der alle Nichtdiagonal-Elemente null sind.

aber die Intensität der Arbeitseinsatzniveaus wäre hier geringer, sofern der Agent nicht risikoneutral ($r = 0$) oder das Ergebnis risikolos ($\sigma_x^2 = 0$) ist.[151] Nur bei Risikoneutralität oder einem sicheren Ergebnis wäre die optimale Beteiligungsrate gem. (2.96): $v^{SB} = 1$ und der Prinzipal würde aufgrund des Wegfallens der sonst zu zahlenden Risikoprämie die First-best-Lösung erreichen. Wenn der Vektor $\boldsymbol{\mu_p}$ aber nicht proportional zum Vektor $\boldsymbol{d}$ ist, ist das Verhältnis der Aktivitätsniveaus im First-best- und Second-best-Fall unterschiedlich. Die dargelegte Argumentation wird auch aus den gem. Formel (2.95) ermittelten Agency-Kosten deutlich:

$$Agency - Kosten = \frac{1}{2}\frac{(d_1\mu_{12} - d_2\mu_{11})^2 + (d_1^2 + d_2^2)r\sigma_1^2}{(\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2 + r\sigma_1^2)} \tag{2.99}$$

Ausgehend von diesen Überlegungen wird das **Konzept der Kongruenz** einer Beurteilungsgröße eingeführt. Christensen und Feltham (2005), die in ihrem Lehrbuch u. a. auf das Modell von FX (1994) tiefgründig eingehen, unterscheiden zwischen aktionsabhängigen Performancemaßen, d. h. $\mu_p \neq 0$ und aktionsunabhängigen Beurteilungsgrößen, d. h. $\mu_p = 0$.[152] Von dieser Unterscheidung wird in der nachfolgenden Definition Gebrauch gemacht.

Definition 2.3 *(vgl. FX (1994), S. 435 i.V. m. Christensen/Feltham (2005), S. 190)*
Ein einzelnes, aktionsabhängiges Performancemaß y_p ist perfekt kongruent zu dem erwarteten Ergebnis des Prinzipals, sofern es einen Parameter $\tau \neq 0$ gibt, so dass gilt: $\boldsymbol{\mu_p} = \tau\boldsymbol{d'}$. Bei zwei Aktionen lässt sich die Inkongruenz der Beurteilungsgröße y_p zum Ergebnis des Prinzipals über das folgende Maß ausdrücken: $\delta_p = d_1\mu_{p2} - d_2\mu_{p1}$.

Das aktionsabhängige Performancemaß y_p ist also perfekt kongruent, wenn das in obiger Definition angegebene Maß der Inkongruenz $\delta_p = 0$ ist und das wird nur erreicht bei: $\mu_{pq} = \tau_p d_q \ (f\ddot{u}r\ q = 1{,}2)$, d. h. bei: $\mu_{11} = \tau_1 d_1 \ und \ \mu_{12} = \tau_1 d_2$, also wenn Vektor $\boldsymbol{\mu_p}$ proportional zu $\boldsymbol{d'}$. Die First-best-Lösung wird nur erzielt, wenn die Beurteilungsgröße y_p perfekt kongruent zum erwarteten Ergebnis und gleichzeitig der Agent entweder risikoneutral oder das Performancemaß risikolos ist, andernfalls sind die Agency-Kosten (vgl. Formel (2.99)) ungleich null. Die bisherigen Ergebnisse werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst:

---

[151] Vgl. Christensen/Feltham (2005), S. 189.
[152] Vgl. Christensen/ Feltham (2005), S. 189.

Satz 2.10 *(vgl. FX (1994), Prop. 1 i. V. m. Christensen/Feltham (2005), Prop 20.1, S. 190)* *Bei nur einer aktionsabhängigen Beurteilungsgröße (m=1) sind die Agency-Kosten nur dann null, wenn die Beurteilungsgröße* $\boldsymbol{y_p}$ *perfekt kongruent zum Ergebnis des Prinzipals ist und außerdem* $\boldsymbol{r\sigma_p^2 = 0}$ *erfüllt ist, d. h. der Agent entweder risikoneutral (*$\boldsymbol{r = 0}$*) oder das Performancemaß perfekt präzise ist (*$\boldsymbol{\sigma_p^2 = 0}$*).*

Der wichtigste Unterschied des Modells von FX (1994) zu den Modellen mit eindimensionalem Arbeitseinsatz ist der, dass Risikoneutralität oder ein vollständig störfreies zusätzliches Signal als Performancemaß bei mehreren Aktionen nicht ausreichend sind, um das First-best-Ergebnis zu erreichen. Es ist außerdem erforderlich, dass die Beurteilungsgröße perfekt kongruent zum Ergebnis des Prinzipals ist.[153] Ein Vertrag basierend auf einem nichtkongruenten Performancemaß induziert eine nichtoptimale Verteilung des Arbeitseinsatzes auf die einzelnen Aufgaben (a_1 bis a_n) und der aus zufälligen Umwelteinflüssen resultierende Störeffekt führt zu einer nichtoptimalen Arbeitseinsatz-Intensität. Ausgehend von den vorgestellten Untersuchungen charakterisieren FX (1994) in ihrem Beitrag im weiteren Verlauf noch den Wert zusätzlicher Performancegrößen und illustrieren die Verwendung weiterer Beurteilungsgrößen zur Risikoreduzierung und der Verminderung der Inkongruenz.

Datar/Kulp/Lambert (2001) – nachfolgende DKL (2001) - erweitern die Analyse von FX (1994) um eine Untersuchung zur optimalen Gewichtung der Beurteilungsgrößen in einem Anreizvertrag und entwickeln das folgende Maß für die Inkongruenz der aggregierten Beurteilungsgröße des Agenten bestehend aus zwei Performancemaßen ($p = 1{,}2$):

$$\sum_{q=1}^{n}\left[d_q - \sum_{p=1}^{2} v_p \mu_{pq}\right]^2 \tag{2.100}$$

Der Prinzipal ist bestrebt, diese Inkongruenz zu minimieren, so dass die beiden Signale so gewichtet werden, dass eine größtmögliche Kongruenz zwischen dem Ergebnis des Prinzipals und der aggregierten Beurteilungsgröße des Agenten erzielt wird.[154] Die Herleitung dieses Maßes soll im Folgenden kurz angerissen werden. Den Ausgangspunkt dafür kann das in (2.91) angegebene unbeschränkte Optimierungsproblem des Prinzipals bilden:

[153] Vgl. Feltham/Xie (1994), S. 435.
[154] Vgl. Lambert (2001), S. 34.

$$\max_{v} CEP = \boldsymbol{d}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v})'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\Sigma\boldsymbol{v}$$

Um gezielt den Kongruenzeffekt untersuchen zu können, isolieren ihn DKL (2001) vom Problem der optimalen Risikoteilung, indem nun von einem risikoneutralen Agenten oder von perfekt präzisen Beurteilungsgrößen ausgegangen wird. Dadurch entfällt der Term für die Risikoprämie und (2.91) reduziert sich zu:

$$\max_{v} CEP = \boldsymbol{d}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v})'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) \tag{2.101}$$

Unter Anwendung der Matrixoperation $(AB)' = B'A'$ wird (2.101) umgeformt zu:

$$\max_{v} CEP = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} - \frac{1}{2}\boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}')\boldsymbol{v} \tag{2.102}$$

Die Überführung von (2.102) aus der Matrixschreibweise in die Schreibweise mit Summenzeichen wird im Anhang gezeigt und führt zu folgender Darstellung:

$$\max_{v_p} CEP = \sum_{p=1}^{2} v_p \sum_{q=1}^{n} d_q \mu_{pq} - \frac{1}{2}\sum_{p=1}^{2}\left(\sum_{q=1}^{n} v_p\ \mu_{pq}\right)^2 \tag{2.103}$$

Die weiteren Umformungsschritte ausgehend von Formel (2.103) zur Herleitung des Maßes für die Inkongruenz in (2.100) sind ebenfalls im Anhang zu finden. Lambert (2001) modifiziert das von DKL (2001) entwickelte Inkongruenz-Maß, indem er es nun allgemein für m Performancemaße angibt:

$$\min_{v_p} \sum_{q=1}^{n}\left[d_q - \sum_{p=1}^{m} v_p \mu_{pq}\right]^2 \tag{2.104}$$

Es wird ersichtlich, dass der Prinzipal zur Minimierung der Inkongruenz, die aggregierte Beurteilungsgröße des Agenten $\sum_{p=1}^{m} v_p y_p$ so kongruent wie möglich zum Ergebnis gestaltet. Damit wird erreicht, dass der Agent seinen Arbeitseinsatz so weit wie möglich im vom Prinzipal gewünschten Sinne auf die einzelnen Aktionen verteilt. Weiterhin ist aus (2.104) erkennbar, dass es bestimmte Bedingungen gibt, unter denen **perfekte Kongruenz** erreicht werden kann. Dies ist der Fall, wenn die Matrix der Grenzbeiträge der Performancemaße $\boldsymbol{\mu_{pq}}$ so gestaltet ist, dass die verschiedenen Grenzbeiträge über die Beteiligungsraten v_p so kombiniert werden können, dass damit die Grenzbeiträge des Ergebnisses des Prinzipals d_q exakt erreicht werden. Diese Überlegungen führen zu dem im nachfolgenden Satz formulierten Resultat.

Satz 2.11 *(vgl. FX (1994), Lemma B.1 sowie DKL (2001), S. 80 i. V. m. Lambert (2001), S. 35)*

Bei einem risikoneutralen Agenten oder perfekt präzisen Performancemaßen kann ein Kongruenzverlust vollständig vermieden und somit das First-best-Ergebnis erzielt werden:

(1) wenn die Matrix der Grenzbeiträge der Performancemaße so kombiniert werden kann, dass sich der Vektor der Grenzbeiträge des Ergebnisses des Prinzipals x exakt erzeugen lässt, d. h.: $\sum_{p=1}^{m} v_p \mu_{pq} = d_q \, für \, alle \, q = 1, \dots n;$

(2) also immer dann, wenn es mindestens so viele aktionsabhängige Performancemaße ($\mu_p \neq 0$) *wie zu induzierende Aktionen n gibt und die Vektoren der Grenzbeiträge der Performancemaße* $\boldsymbol{\mu_p}$ *voneinander linear unabhängig sind, d. h. Rang* $(\boldsymbol{\mu'}) = Rang\ (\boldsymbol{\mu}'|\boldsymbol{d})$.

Zur Veranschaulichung des in Satz 2.11 angegebenen Resultats soll ein Beispiel für eine Situation mit zwei Beurteilungsgrößen und zwei Aufgaben des Agenten erläutert werden. In dem Fall gilt:

$$x = d_1 a_1 + d_2 a_2 + \varepsilon_x$$
$$y_1 = \mu_{11} a_1 + \mu_{12} a_2 + \varepsilon_1$$
$$y_2 = \mu_{21} a_1 + \mu_{22} a_2 + \varepsilon_2$$

Hier stimmt die Anzahl der Performancemaße mit der Anzahl der Aktionen überein, d. h. $m = n = 2$. Bei Risikoneutralität des Agenten kann nun perfekte Kongruenz der aggregierten Beurteilungsgröße $\sum_{p=1}^{m} v_p y_p = v_1 y_1 + v_2 y_2$ zum erwarteten Ergebnis des Prinzipals erreicht werden, wenn die oben genannte Bedingung: $\sum_{p=1}^{m} v_p \mu_{pq} = d_q \, für \, alle \, q = 1, \dots n$ erfüllt ist, d. h.:

$$\mu_{11} v_1 + \mu_{21} v_2 = d_1 \qquad (2.105)$$

$$\mu_{12} v_1 + \mu_{22} v_2 = d_2$$

Hierbei handelt es sich um ein lineares Gleichungssystem mit den zwei Unbekannten v_1 und v_2, das in Matrixschreibweise folgendermaßen ausgedrückt wird: $\boldsymbol{\mu' v} = \boldsymbol{d}$. Es gilt die Rechenregel, dass ein lineares Gleichungssystem $\boldsymbol{Ax} = \boldsymbol{b}$ mit einer $(m \times n)$-Koeffizienten-Matrix $\boldsymbol{A}$, dem Vektor der Unbekannten $\boldsymbol{x}$ und der rechten Seite $\boldsymbol{b}$ immer dann lösbar ist, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist: $Rang(\boldsymbol{A}) = Rang(\boldsymbol{A}|\boldsymbol{b})$.[155] In dem Fall steht $(\boldsymbol{A}|\boldsymbol{b})$ für die Matrix, die sich ergibt, wenn der Matrix $\boldsymbol{A}$ der Vektor $\boldsymbol{b}$ als Spalte hinzugefügt wird. Dabei bezeichnet die maximale Anzahl linear unabhängiger Spalten von $\boldsymbol{A}$ den Spaltenrang und die maximale Anzahl linear unabhängiger Zeilen den Zeilenrang von $\boldsymbol{A}$ und es gilt, dass der Spalten- und Zeilenrang einer $(m \times n)$-Matrix $\boldsymbol{A}$ immer gleich sind.[156] Aus den angegebenen Rechenregeln ergibt sich, dass das lineare Gleichungssystem (LGS) in (2.105) lösbar ist, wenn der Rang der Koeffizientenmatrix $\boldsymbol{\mu'}$ dem Rang der erweiterten Matrix $(\boldsymbol{\mu'}|\boldsymbol{d})$ entspricht. Die erweiterte Matrix hat im angegebenen Beispiel zwei Zeilen und somit im Regelfall den Rang zwei, sofern nicht einer der Koeffizientenvektoren proportional zu (bzw. linear abhängig von) $\boldsymbol{d}$ und damit perfekt kongruent ist (vgl. Definition 2.3). Falls das gegeben ist, hätte die Matrix dann nur den Rang eins, doch dieser Fall wurde oben schon analysiert und soll jetzt ausgeschlossen werden. Das LGS in (2.105) hat mindestens eine Lösung, wenn der Rang der Koeffizientenmatrix $\boldsymbol{\mu'}$ auch den Rang zwei besitzt. Dies ist gegeben, wenn beide Vektoren μ_1 und μ_2 linear unabhängig sind, so dass gilt: $k_1\boldsymbol{\mu_1} - k_2\boldsymbol{\mu_2} = \boldsymbol{0} \rightarrow k_1 = 0, k_2 = 0$, d. h. dass sich der Nullvektor nicht als Linearkombination der beiden Vektoren mit von null verschiedenen Koeffizienten k_1 und k_2 darstellen lässt, so dass keiner aus dem anderen linear erzeugt werden kann.[157] Für das Zahlenbeispiel: $\mu_1 = (1 \quad 1)$ und $\mu_2 = (1 \quad 0)$ ergibt sich eine eindeutige Lösung, da hier beide Vektoren linear unabhängig sind, so dass $Rang(\boldsymbol{\mu}') = Rang(\boldsymbol{\mu}'|\boldsymbol{d}) = 2$. Die Lösung für $\boldsymbol{v}$ lautet: $v_1 = d_2$ und $v_2 = d_1 - d_2$. Dagegen ergibt sich für zwei linear abhängige Koeffizientenvektoren, wie z. B. $\boldsymbol{\mu_1} = (1 \quad 2)$ und $\boldsymbol{\mu_2} = (2 \quad 4)$ das LGS:

$$\begin{aligned} v_1 + 2v_2 &= d_1 \\ 2v_1 + 4v_2 &= d_2 \end{aligned}$$

Als Lösung erhält man die Gleichung: $2d_1 = d_2$, die nur erfüllt wäre und damit eine gültige Lösung darstellte, wenn $\boldsymbol{d}$ proportional zu $\boldsymbol{\mu_1}$ und $\boldsymbol{\mu_2}$ wäre, wobei das allerdings oben ausgeschlossen wurde (in dem speziellen Fall wäre dann $Rang(\boldsymbol{\mu}') = Rang(\boldsymbol{\mu}'|\boldsymbol{d}) = 1$ und das LGS wäre lösbar). Es gilt also, dass ein Kongruenzverlust immer vermieden werden kann, wenn dem Prinzipal mindestens so viele linear unabhängige Performancemaße wie zu induzierende Aktionen zur Verfügung stehen. In einer Situation mit zwei Aktionen benötigt man mindestens zwei linear unabhängige Performancemaße, denn im zweidimensionalen Raum lässt sich jeder beliebige Vektor aus zwei linear unabhängigen Vektoren linear erzeugen. So-

[155] Vgl. Westermann (2011), S 126.
[156] Vgl. Westermann (2011), S. 125.
[157] Vgl. Westermann (2011), S. 84.

fern die Anzahl der Performancemaße aber geringer ist als die Anzahl der Aktionen, kann ein Übereinstimmungsverlust typischerweise nur in wenigen Ausnahmefällen vermieden werden.[158] DKL (2001) untersuchen in ihrem Beitrag neben dem Einfluss des Kongruenz-Effektes auf die Gewichtung der Beurteilungsgrößen auch den Einfluss des Problems der optimalen Risikoteilung für einen risikoscheuen Agenten bei risikobehafteten Performancegrößen. Dabei demonstrieren sie u. a., dass der Prinzipal zugunsten einer Risikoreduzierung sogar bereit sein kann, auf perfekte Kongruenz zu verzichten.

Die bisherigen Ausführungen in diesem Abschnitt zeigten, dass in Moral-Hazard-Situationen bei Berücksichtigung mehrerer Aufgaben des Agenten neben dem Problem der optimalen Risikoteilung typischerweise auch noch ein Kongruenzproblem besteht. Dieses resultiert daraus, dass ein einzelnes Performancemaß oder aber auch eine aus mehreren Performancemaßen aggregierte Beurteilungsgröße nicht perfekt kongruent zum erwarteten Ergebnis des Prinzipals ist. FX (1994) gehen bei ihrer Analyse anders als HM (1991) davon aus, dass die Beurteilungsgrößen von allen Aktionen des Agenten abhängen können, wobei die Aktionen allerdings die Beurteilungsgrößen typischerweise in anderer Weise beeinflussen als das Ergebnis des Prinzipals, wodurch das Problem der Zielkongruenz entsteht. Als Beispiel für Performancemaße, die von allen Aktionen abhängen, können Rechnungswesen-Kennzahlen dienen.[159] Dagegen hatten HM (1991) angenommen, dass jedes Performancemaß jeweils nur eine Aktion oder Aufgabe misst und für manche Aufgaben gar keine Beurteilungsgröße zur Verfügung steht. Insofern wird in beiden Beiträgen das Problem der Inkongruenz von Beurteilungsgrößen zur Zielgröße des Prinzipals untersucht, wobei die bei HM (1991) angenommene Inkongruenz aber als gravierender einzuschätzen ist als bei FX (1994). Außerdem gehen FX (1994) aufgrund der Annahme einer separierbaren Disnutzenfunktion anders als HM (1991) von technologisch unabhängigen Aktionen aus und lassen auch die Verwendung mehrerer Beurteilungsgrößen im Anreizvertrag des Agenten zu, wohingegen HM (1991) eine Situation untersuchen, in der der Agent zwei Aufgaben zu erfüllen hat und dafür nur ein Performancemaß zur Verfügung steht. Diese und weitere Unterschiede in den Annahmen sind der Grund für die verschiedenen Ergebnisse, dass bei HM (1991) oftmals Festgehälter variablen Entlohnungen vorzuziehen sind, wohingegen sich im Modell von FX (1994) und DKL (2001) mittels einer variablen Entlohnung das Kongruenzproblem in bestimmten Fällen sogar vollständig beheben lässt. Beiden Analysen ist gemein, dass das eigentliche Ergebnis des Prinzipals als nichtverifizierbar angenommen wurde und damit nicht Eingang in den Anreiz-

[158] Vgl. Lambert (2001), S. 35; Datar/Kulp/Lambert (2001), S. 80.
[159] Vgl. Feltham/Xie (1994), Fußnote 7, S. 432.

vertrag des Agenten finden kann, wobei dieser Umstand den Kern des Kongruenzproblems bildet. Hier wäre nun interessant, Möglichkeiten zu finden und zu untersuchen, die den Einbezug solcher nichtverifizierbaren Größen in die Anreizgestaltung gestatten, um ggf. Wohlfahrtssteigerungen für die beteiligten Akteure zu erzielen. Diesbezügliche Forschungsbeiträge sollen im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

3 Anreizverträge unter Einbezug nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen

3.1 Literaturüberblick und Abgrenzung

Die Literatur zu nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen in Anreizverträgen[160] weist enge Bezüge und Überschneidungen zur Literatur subjektiver Beurteilungen auf. Im Zusammenhang mit subjektiven Beurteilungen identifiziert Prendergast (1999) die folgenden drei Problembereiche: [161]

1. Der Agent ergreift Beeinflussungsmaßnahmen. Um die Beurteilung durch seinen Vorgesetzten (Prinzipal) zu verbessern, könnte der Agent unproduktive Maßnahmen durchführen, die nur seine Beurteilung verbessern, aber nicht den Unternehmenswert erhöhen. Beiträge, die sich mit diesem Problem beschäftigen, beziehen sich gleichermaßen auf objektive wie auf subjektive Beurteilungsgrößen, so z. B. Holmström (1982), Milgrom (1988), Milgrom/Roberts (1988), Tirole (1992) und Allen/Gale (1992).
2. Die Beurteilungen des Vorgesetzten sind komprimiert. Verschiedene personalwirtschaftliche Studien[162] liefern Hinweise auf komprimierte Beurteilungen durch Vorgesetzte. Hier zeigt sich, dass diese dazu tendieren, die Beurteilungen zu verzerren, indem nicht hinreichend zwischen guter und schlechter Leistung unterschieden wird. So kann es einerseits vorkommen, dass alle Beurteilungen sehr nah beieinander liegen oder andererseits schlechte Mitarbeiter zu gut bewertet werden.
3. Es besteht die Gefahr des Vertragsbruchs bzw. von Manipulationen von Seiten des Prinzipals. Der dritte Problembereich ergibt sich daraus, dass subjektiv festgesetzte Beurteilungsgrößen nicht oder nur zu sehr hohen Kosten durch eine dritte Instanz wie etwa ein Gericht überprüft werden können, so dass sie deswegen auch als „nichtverifizierbar“ bezeichnet werden. Wenn die Entlohnung des Agenten gleichzeitig den Überschuss des Prinzipals mindert, besteht für den Prinzipal ein Anreiz, die Leistung des Agenten schlecht zu reden. Dadurch könnte das Unternehmen als Prinzipal Entlohnungskosten sparen, da der Vertrag nicht gerichtlich durchgesetzt

[160] Im Folgenden ist kein umfassender Literaturüberblick geplant, stattdessen sollen nur einige Forschungsstränge in diesem Themengebiet einführend vorgestellt und auf verschiedene Beiträge, die für die weiteren Untersuchungen interessant sind, verwiesen werden.
[161] Vgl. Prendergast (1999), S. 29-32.
[162] Vgl. z. B. Landy/Farr (1980); Murphy/Cleveland (1991).

werden kann. Man spricht hier auch von einem Moral-Hazard-Problem auf Seiten des Prinzipals[163].

Der dritte Problembereich bzw. einige ausgewählte Literaturbeiträge zu diesem Untersuchungsschwerpunkt bilden den Inhalt dieses Kapitels, da sich die weiteren Analysen in Kapitel 4 und 5 auch mit diesem Thema befassen.[164] Die ökonomische Literatur dazu ist in den letzten 15 Jahren weiter gewachsen und lässt sich gemäß Ederhof/Rajan/Reichelstein (2011) in mehrperiodige Ansätze auf der einen Seite sowie Beiträge zu kurzfristigen Vereinbarungen auf der anderen Seite unterteilen.

In den **mehrperiodigen Modellen** wird der Anreiz zum Vertragsbruch dadurch überwunden, dass hier wiederholte Interaktionen auf Basis selbstdurchsetzender Verträge betrachtet werden. Im Gegensatz zu vollständigen Verträgen, die vollständig formulierte Vertragsbedingungen enthalten, alle Eventualitäten abdecken und nur auf überprüfbaren Elementen beruhen, so dass sie mit Hilfe der Gerichte durchsetzbar sind[165], werden solche langfristigen Verträge auf Basis nichtverifizierbarer Größen als „unvollständig“, „relational“ oder auch „implizit“ bezeichnet. Die Erfüllung solcher impliziter Verträge resultiert in den mehrperiodigen Ansätzen von selbst aus dem rationalen Verhalten der Vertragspartner, so dass die Vereinbarungen somit „selbsterfüllend“ bzw. „selbstdurchsetzend“ sind. Literaturbeiträge, die sich diesem Strang zuordnen lassen, sind z. B. Bull (1987), Baker/Gibbons/Murphy (1994), Budde (2007, 2008), Pearce/Stacchetti (1998) sowie Levin (2003). **Bull (1987)** betrachtet eine Situation, in der der Agent ein endliches Arbeitsleben über zwei Perioden und das Unternehmen ein unendliches Leben besitzt. In diesem Modellrahmen beweist er die Existenz impliziter Verträge. Diese stellen ein Nash-Gleichgewicht dar, das über firmeninterne Reputationseffekte zustande kommt. Die implizite Vereinbarung beruht auf dem beobachtbaren, nichtverifizierbaren Arbeitseinsatz des Agenten und sieht eine Abfindungszahlung für den Agenten am Ende der zweiten Periode vor. Hier zahlt das Unternehmen die Abfindung vereinbarungsgemäß, damit auch mit dem nachfolgenden Mitarbeiter, der die Zahlung oder Verweigerung des Bonus an den ausscheidenden Agenten beobachten kann, ein impliziter Vertrag zustande kommt. **Baker/Gibbons/Murphy (1994**) untersuchen die Verwendung eines nichtverifizierbaren Performancemaßes in einem impliziten Vertrag in Verbindung mit einer verifizierbaren Beurtei-

[163] Vgl. Rajan/Reichelstein (2009), S. 214, Fußnote 9.
[164] Die Kategorie der nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen überschneidet sich teilweise mit der der nichtfinanziellen Kennzahlen. Beispiele für Arbeiten zu nichtfinanziellen Kennzahlen, bei denen ein möglicher Anreiz des Prinzipals zum Vertragsbruch nicht modelltheoretisch abgebildet wird, sind z. B. Dikolli (2001); Sliwka (2002); Smith (2002).
[165] Vgl. Richter/Furubotn (2010), S. 167.

lungsgröße in einem expliziten Vertrag. Sie beziehen sich dabei auf das Modell von Bull (1987) sowie auf das von Baker (1992) (vgl. Abschnitt 2.2.5). Eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Beitrag von Baker/Gibbons/Murphy (1994) erfolgt in Abschnitt 3.2.1. Die Aufsätze von **Budde (2007, 2008)** sind eng verwandt zur Untersuchung von Baker/Gibbons/Murphy (1994). Er analysiert allerdings eine Situation, in der der Arbeitseinsatz des Agenten nicht ein- sondern mehrdimensional ist. In Budde (2007) wird die Anreizsetzung auf Basis einer Balanced Scorecard (BSC) untersucht, wobei die nichtfinanziellen Kennzahlen oder zumindest ein Teil davon als nicht verifizierbar angenommen werden (siehe Abschnitt 3.2.2). In Budde (2008) wird dagegen die Anreizsetzung auf Basis nur einer verifizierbaren und einer nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße betrachtet, wobei eine spezielle Vertragskonstruktion analysiert wird (siehe Abschnitt 3.2.3). **Pearce/Stacchetti (1998)** betrachten die Kombination eines impliziten Vertrages auf Basis des beobachtbaren, nichtverifizierbaren Arbeitseinsatzes des Agenten sowie eines expliziten Vertrages basierend auf einem verifizierbaren Maß. Da der implizit vereinbarte Bonus auch auf den expliziten Entlohnungszahlungen beruhen kann, werden hier Konsumglättungseffekte für den risikoscheuen Agenten erzielt. **Levin (2003)** analysiert selbstdurchsetzende Verträge für einen risikoneutralen Agenten und zeigt, dass die Selbstdurchsetzung mit Beschränkungen bzgl. der möglichen Entlohnungszahlungen und der Anreizsetzung verbunden ist.

Neben selbstdurchsetzenden Verträgen ist eine andere Möglichkeit, den Anreiz des Prinzipals zum Vertragsbruch zu beseitigen, die Verwendung eines Bonuspools, mit dem der Prinzipal in der Lage ist, sich selbst perfekt an die Einhaltung des Vertrages zu binden. Man spricht in diesem Zusammenhang von perfekter Selbstbindungskraft (engl.: full commitment). Bei solchen kurzfristig ausgerichteten Bonuspool-Vereinbarungen verpflichtet sich der Prinzipal ex ante zur Auszahlung eines vertraglich vorgegebenen Betrages, wobei nur die Aufteilung dieses Bonuspools an einen oder mehrere Agenten ex post im Ermessen des Prinzipals liegt. Literaturbeiträge, die sich mit solchen **einperiodigen Modellen** beschäftigen, sind z. B. Baiman/Rajan (1995), MacLeod (2003), Rajan/Reichelstein (2006) sowie Rajan/Reichelstein (2009). **Baiman/Rajan (1995)** betrachten eine Bonuspool-Vereinbarung für zwei risikoscheue Agenten auf Basis eines nichtverifizierbaren Signals, das bzgl. des Arbeitseinsatzes des zweiten Agenten informativ ist. Die notwendige Selbstbindung erreicht der risikoneutrale Prinzipal dadurch, dass er sich ex ante zur vollständigen Auszahlung des Bonuspools verpflichtet, wobei nur die Aufteilung des Betrages an die beiden Agenten subjektiv festgelegt wird. Bei Verwendung des Bonuspools reduziert sich einerseits die Risikoprämie für den zweiten Agenten, wohingegen andererseits die für den ersten Agenten steigt, da dieser immer den Rest des nicht an den zweiten Agenten ausgeschütteten Bonuspools erhalten muss. Trotzdem zeigt sich, dass die Verwendung der subjektiven Information im Rahmen des Bonuspools eine Pareto-Verbesserung[166] im Vergleich zu Anreizverträgen nur auf Basis verifizierbarer Maße darstellt. **MacLeod (2003)** analysiert eine Situation mit einem risikoneutralen Prinzipal und einem risikoscheuen Agenten, in der eine private, subjektive Beurteilung der Leistung des Agenten durch den Prinzipal erfolgt. Daneben spielt auch die Selbsteinschätzung des Agenten, welche ebenfalls eine private Information darstellt, eine Rolle. Der vom Prinzipal festgelegte Bonuspool beinhaltet eine mögliche Zahlung an eine dritte Partei außerhalb der Agency-Beziehung. Hier impliziert der optimale Vertrag die Offenlegung der privaten Informationen, beinhaltet teilweise komprimierte Entlohnungszahlungen und resultiert letztlich aus einer Abwägung zwischen dem Ziel der Anreizsetzung ex ante und dem Ziel, Kosten aus möglichen Streitigkeiten zwischen den Vertragsparteien, falls der Agent die Beurteilung als unfair empfindet, zu minimieren. **Rajan/Reichelstein (2006**) dehnen die Analyse von MacLeod (2003) auf einen Bonuspool für mehrere Agenten aus. Hier wird ebenfalls angenommen, dass ein Teil des Bonuspools an eine dritte Partei, wie etwa eine Wohlfahrtsorganisation, fließen kann. Außerdem analysieren sie den kombinierten Einsatz einer subjektiven und einer objektiven Beurteilungsgröße im Rahmen eines LEN-Modells. In **Rajan/Reichelstein (2009**) wird dagegen eine Bonuspool-Vereinbarung in einem diskreten Modellrahmen mit einem und mehreren risikoaversen Agenten, ebenfalls auf Basis eines verifizierbaren und eines nichtverifizierbaren Maßes, untersucht (siehe Abschnitt 3.3).

Neben den genannten Aufsätzen, die der normativen (ökonomischen) Prinzipal-Agenten-Theorie (vgl. Abschnitt 2.1.1) zuzurechnen sind, gibt es eine Reihe empirischer Arbeiten, die sich mit der Verwendung subjektiver Elemente in Entlohnungsverträgen auseinandersetzen, z. B. Bushman/Indjejikian/Smith (1996), Ittner/Larcker/Rajan (1997), Hayes/Schaefer (2000), Ittner/Larcker/Meyer (2003), Gibbs et al. (2004), Ederhof (2010) und Höppe/Moers (2011).[167] In den nachfolgenden Abschnitten dieses Kapitels werden nun einige der oben erwähnten, modelltheoretischen Arbeiten genauer analysiert und verglichen, wobei ich mich allerdings auf Modelle mit einem Agenten beschränke. In Abschnitt 3.2 werden Aufsätze auf Basis langfristiger, selbstdurchsetzender Vertragsbeziehungen vorgestellt, wobei die Beiträge von Baker/Gibbons/Murphy (1994), Budde (2007) und Budde (2008) analysiert werden. Eine Ge-

---

[166] Vgl. Fußnote 103, S. 28.
[167] Für Hinweise zu weiteren empirischen Studien siehe Bol (2008) sowie Ederhof/Rajan/Reichelstein (2011).

meinsamkeit dieser Untersuchungen ist, dass hier der Agent als risikoneutral angenommen wird. Der Beitrag von Rajan/Reichelstein (2009) als Beispiel für eine kurzfristige Vertragsbeziehung im Rahmen eines Bonuspools wird in Abschnitt 3.3 untersucht. In Abschnitt 3.4 erfolgt schließlich eine vergleichende Beurteilung der Modelle, aus der dann Schlussfolgerungen für die weiteren formal-analytischen Untersuchungen in Kapitel 4 und 5 abgeleitet werden.

3.2 Langfristige Anreizverträge bei risikoneutralem Agenten

3.2.1 Kombination subjektiver und objektiver Beurteilungsgrößen in impliziten und expliziten Verträgen

Baker/Gibbons/Murphy (1994) – nachfolgend abgekürzt mit BGM (1994) – untersuchen in ihrem Beitrag u. a. die optimale Anreizgestaltung für einen Agenten bei Einbezug einer subjektiven, nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße zusätzlich zu einem objektiven, verifizierbaren Performancemaß. Während das objektive Performancemaß kontrahierbar ist und wie in den in Kapitel 2 vorgestellten Analysen Bestandteil eines expliziten bzw. formalen, gerichtlich durchsetzbaren Anreizvertrages werden kann, ist die Verwendung des subjektiven Maßes nur im Rahmen einer impliziten bzw. relationalen oder auch unvollständigen Vereinbarung möglich. BGM (1994) gelangen zu dem überraschenden Ergebnis, dass ein hinreichend effektiver expliziter Anreizvertrag jegliche implizite Verträge unmöglich machen kann, sogar wenn diese zur First-best-Lösung führen würden. Andererseits zeigt sich aber auch, dass objektive und subjektive Kennzahlen unter bestimmten Umständen Komplementäre darstellen. Das von BGM (1994) entwickelte Modell soll im Folgenden ausführlich vorgestellt werden, da es den Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen zu nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen darstellt, welche ebenfalls betrachtet und im Vergleich zu den Ergebnissen von BGM (1994) beurteilt werden sollen.[168] Die Analyse von BGM (1994) baut auf zwei anderen Modellen auf. Einerseits bezieht sie sich auf das in Kap. 2.2.5 vorgestellte Modell von Baker (1992). Hier erhält der risikoneutrale Agent genauere Informationen über den Einfluss seines Arbeitseinsatzes auf die Realisationen der Zielgröße des Prinzipals und seiner Beurteilungsgröße. Das wurde so modelliert, dass der Agent die Realisationen der unsicheren Grenzbeiträge seines Arbeitseinsatzes nach Vertragsschluss aber vor der Wahl des Arbeitseinsatzes privat beobachten und entsprechend anpassen kann. Fehlanreize entstehen immer dann, wenn die

[168] Neben dem hier angesprochenen Modell analysieren BGM (1994) in ihrem Beitrag noch ein weiteres Modell, in dem der Prinzipal das objektive Performancemaß subjektiv gewichten kann. Auf diese Untersuchung wird allerdings im weiteren Verlauf der Arbeit nicht näher eingegangen.

Grenzbeiträge nicht in jedem Umweltzustand identisch sind, so dass der Agent u. U. zu unproduktiven Handlungen animiert wird, die nur die Beurteilungsgröße verbessern (vgl. Kap. 2.2.5). Diese Problemstellung wurde als nah verwandt zu der von Multitask-Modellen untersuchten Thematik gesehen[169], da auch hier eine Art Inkongruenz bzw. „Verzerrung" zwischen dem Performancemaß und der Zielgröße des Prinzipals von Bedeutung ist. Anders als in dem Modell von Baker (1992) ist bei BGM (1994) nur der Grenzbeitrag der Beurteilungsgröße eine Zufallsvariable, wohingegen der Grenzbeitrag der Zielgröße des Prinzipals als sicher angenommen wird (ähnlich wie in dem in Pkt. 2.2.5 erwähnten zweiten Fallbeispiel). Die stochastische Zielgröße x des Prinzipals hat einen sicheren Grenzbeitrag von 1, somit würde die Verwendung von x als Performancemaß, sofern es verifizierbar und damit kontrahierbar wäre, bei einem risikoneutralen Agenten zur First-best-Lösung führen. BGM (1994) nehmen allerdings an, dass x nicht verifizierbar sei und nur als subjektives Maß zur Verfügung steht. Der Einbezug dieses nichtverifizierbaren Signals ist mit einem Moral-Hazard-Problem auf Seiten des Prinzipals verbunden, denn er könnte die implizite Vereinbarung im Nachhinein brechen und die darin vereinbarte Bonuszahlung verweigern, da sie nicht gerichtlich einklagbar ist. Um die Verwendung einer nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße analysieren zu können, betrachten BGM (1994) ein mehrperiodiges Modell mit einem unendlichen Zeithorizont, das so ähnlich ist wie das Modell von Bull (1987) (vgl. Abschnitt 3.1), welches das andere Modell darstellt, auf das sich BGM (1994) beziehen. Hier kann die Einhaltung der impliziten Vereinbarung erreicht werden, sofern dem Prinzipal die Wahrung seiner Reputation wichtig ist.

Modellbeschreibung

In ihrer Untersuchung, bei der sie die beiden oben erwähnten Modelle in gewisser Weise zusammenführen und ausbauen, gehen BGM (1994) von einem wiederholten Spiel zwischen einem Unternehmen (Prinzipal) und einem Mitarbeiter (Agenten) aus. In jeder Periode wählt der Mitarbeiter eine nichtbeobachtbare Aktion a, welche seinen Beitrag zum Unternehmenswert x ausmacht. Dieser Beitrag x ist stochastisch und binär: entweder eins oder null. Der Arbeitseinsatz a des Agenten bestimmt die Wahrscheinlichkeit, mit der x den Wert eins annimmt und liegt zwischen null und eins: $a \in [0,1]$. Der Beitrag zum Unternehmenswert ist nicht verifizierbar und somit nicht kontrahierbar, kann aber subjektiv bewertet und als Performancemaß in einem impliziten Vertrag verwendet werden. Weiterhin wird angenommen, dass noch ein objektiv messbares zweites Performancemaß y zur Anreizgestaltung zur Verfü-

[169] Vgl. Baker/Gibbons/Murphy (1994), Fußnote 1, S. 1129.

gung steht, welches ebenfalls binär sei: entweder null oder eins. Diese andere Beurteilungsgröße ist allerdings imperfekt im Sinne von unvollkommen oder fehlerhaft, insofern als dass die Wahrscheinlichkeit mit der der Arbeitseinsatz den Unternehmenswert x und das Performancemaß y beeinflusst, unterschiedlich sein kann. Die Wahrscheinlichkeit für $y = 1$ beträgt: μa, wobei angenommen wird, dass μa <1 und der Agent den Parameter μ privat vor der Wahl seines Arbeitseinsatzes beobachtet. Hier handelt es sich, wie eingangs beschrieben, um einen Spezialfall des Modells von Baker (1992), bei dem nun nur der Grenzbeitrag μ des Performancemaßes eine Zufallsvariable darstellt. Somit repräsentiert μ den Differenz-Grenzbeitrag von y, d. h. den Unterschied zwischen dem Einfluss der Aktion auf den Unternehmenswert x und die objektive Beurteilungsgröße y. Der Erwartungswert von μ wird zur Vereinfachung der Notation mit eins angenommen: $E(\mu)$ = 1, so dass y die Größe x im Durchschnitt unverzerrt misst.[170] Die Varianz von μ wird mit der Variablen: σ_μ^2 bezeichnet und die Ereignisse $y = 1$ und $x = 1$ sind unabhängig. BGM (1994) nehmen außerdem an, dass der Entlohnungsvertrag des Agenten aus einer fixen Komponente w und den beiden Boni v_x und v_y aus dem impliziten und dem expliziten Vertrag besteht, welche für die Realisationen von $x = 1$ und $y = 1$ vereinbart werden. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass der implizit vereinbarte Bonus v_x nicht gerichtlich einklagbar ist. Für den Agenten ergeben sich mithin die folgenden vier möglichen Gesamtentlohnungen: $w, w + v_x$, $w + v_y$ oder: $w + v_x + v_y$. Der Reservationsnutzen des Agenten wird wie in Kap. 2 mit U^R bezeichnet und auch die persönlichen Kosten aus dem Disnutzen werden wieder mit $C(a) = \frac{c}{2}a^2$ angenommen. An dieser Stelle ergibt sich eine geringfügige Abweichung zu den Annahmen von BGM (1994), die eine Disnutzenfunktion der Form ca^2 verwenden.[171] Sowohl der Prinzipal als auch der Agent sind risikoneutral und der sequentielle Ereignisablauf gestaltet sich in jeder Periode so, dass das Unternehmen als Prinzipal zuerst das Entlohnungspaket: ($w + v_x + v_y$) offeriert. Der Mitarbeiter nimmt dieses an oder lehnt es ab. Bei Vertragsannahme beobachtet der Mitarbeiter anschließend μ und wählt dann seinen Arbeitseinsatz a. Sowohl das Unternehmen als auch der Mitarbeiter beobachten x und y. Falls $y = 1$ zahlt das Unternehmen den Bonus v_y. Bei $x = 1$ entscheidet das Unternehmen, ob es den Bonus v_x zahlt. Zur besseren Übersichtlichkeit ist der Ablauf der Ereignisse auch noch einmal in Abbildung 1 dargestellt.

[170] Die Kombination der Annahme μa <1 mit E(μ) = 1 führt dazu, dass eine Reihe von Parameterkonstellationen als unzulässig angenommen und von der Analyse ausgeschlossen werden.
[171] Die Annahme wurde hier so getroffen, um die Vergleiche mit den Modellanalysen der anderen Abschnitte zu vereinfachen.

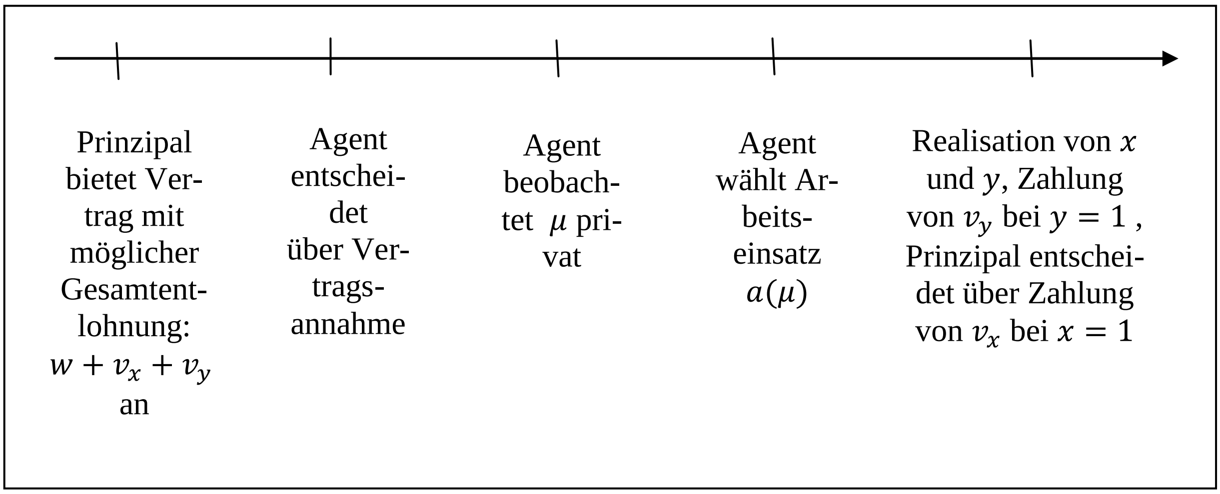

Abbildung 1: Sequentieller Ereignisablauf je Periode bei BGM (1994)

Mit der Variable i wird der Diskontierungssatz des Unternehmens bezeichnet. Der Zinssatz des Agenten spielt dagegen keine Rolle, da es bei der Untersuchung von BGM (1994) nur um die Reputation des Unternehmens geht.

Notation im Überblick

a-Arbeitseinsatz des Agenten: $a \in [0,1]$
x-Beitrag zum Unternehmenswert (subj. Maß): $x \in \{0,1\}, prob(x = 1) = a$
y –objektives (imperfektes) Performancemaß: $y \in \{0,1\}, prob(y = 1) = \mu a$
$(\mu a < 1)$
μ- unsicherer Differenz-Grenzbeitrag: $E(\mu) = 1, \quad var(\mu) \equiv \sigma_\mu^2$
$C(a)$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(a) = \frac{c}{2}a^2, \quad c > 0$
s-mögliche Gesamtentlohnung des Agenten: $s = w + v_x + v_y$
w-Fixgehalt, Fixum
v_x- Bonus (impliziter Vertrag) bei $x = 1$
v_y- Bonus (expliziter Vertrag) bei $y = 1$
i- Diskontierungszinssatz des Unternehmens (Prinzipals)

Als erstes wird der **First-best**-Arbeitseinsatz bestimmt. Dieser ermittelt sich unter der Annahme, dass der Agent den Arbeitseinsatz nach Beobachtung von μ so auswählt, dass der erwartete Nutzen des Prinzipals unter Beachtung der Teilnahmebedingung, die dem Agenten den Reservationsnutzen U^R garantiert, maximiert wird (vgl. Abschnitt 2.2.5). Das Optimierungsproblem gestaltet sich analog zu (2.70) und (2.71) auf Seite 59 wie folgt:

$$\max_a EU^P(\mu) = E(x|\mu) - E(s|\mu)$$
$$u.d.N.\ EU^A(\mu) = E(s|\mu) - C(a) \geq U^R$$

Die bindende Teilnahmebedingung (2.71) wird in die Zielfunktion (2.70) substituiert:

$$\max_{a} EU^P(\mu) = E(x|\mu) - C(a) - U^R = a - \frac{c}{2}a^2 - U^R \tag{3.1}$$

und aus der daraus abgeleiteten Bedingung erster Ordnung ergibt sich der in (3.2) angegebene First-best-Arbeitseinsatz.

$$a^{FB} = \frac{1}{c} \tag{3.2}$$

Durch Einsetzen von (3.2) in (3.1) erhält man den erwarteten Nutzen des Prinzipals der First-best-Lösung (vgl. (3.3)).

$$EU^P(a^{FB}) = \frac{1}{2c} - U^R \tag{3.3}$$

Wenn man dagegen davon ausgeht, dass der Agent nach Beobachtung von μ seinen für den Prinzipal unbeobachtbaren Arbeitseinsatz so wählt, dass sein eigener erwarteter Nutzen maximiert wird und zudem angenommen wird, dass der Agent auf die Einhaltung der impliziten Vereinbarung durch den Prinzipal vertraut, gestaltet sich das Optimierungsproblem des Prinzipals in der sogenannten **Second-best-Lösung** folgendermaßen:

$$\max_{v_x, v_y} EU^P = E(x - s) \tag{3.4}$$

$$u.d.N. \quad EU^A = E\big(s - C(a)\big) \geq U^R \tag{3.5}$$

$$a \in \arg\max EU^A(\mu) = E\big(s(\mu)\big) - C(a) = w + av_x + \mu a v_y - \frac{c}{2}a^2 \tag{3.6}$$

Der risikoneutrale Prinzipal maximiert in (3.4) die Differenz aus dem erwarteten Beitrag zum Unternehmenswert x und der erwarteten Entlohnung des Agenten. Dabei muss mittels der Teilnahmebedingung in (3.5) beachtet werden, dass der erwartete Nutzen des risikoneutralen Agenten: EU^A zum Vertragszeitpunkt mindestens seinem Reservationsnutzen entspricht. Hierbei wird wie in dem Modell von Baker (1992) davon ausgegangen, dass der Agent nach Erhalt der Information (μ) keine Kündigungsmöglichkeit besitzt, da der Informationserhalt z. B. nahezu zeitgleich mit der Aktionswahl erfolgt[172], so dass der Reservationsnutzen nur im Erwartungswert erreicht werden muss. Die in (3.6) aufgeführte Anreizbedingung berücksichtigt, dass der Agent zum Zeitpunkt der Wahl seines Arbeitseinsatzes schon den unsicheren Grenzbeitrag μ beobachtet hat und ein Großteil der anfänglichen Unsicherheit dann bereits aufgelöst ist. Zur Lösung des Optimierungsproblems wird wieder zuerst die aus Sicht des Agenten optimale Aktion bestimmt, wobei hier davon ausgegangen wird, dass der Agent auf

[172] Vgl. Baker (1992), Fußnote 3, S. 601.

die Vertragseinhaltung des Prinzipals vertraut. Die Anreizbedingung in (3.6) wird nach a abgeleitet und null gesetzt und aus dieser Bedingung 1. Ordnung ergibt sich der optimale Arbeitseinatz wie folgt:

$$a^{SB} = \frac{v_x + \mu v_y}{c} \tag{3.7}$$

Aus (3.7) ist erkennbar, dass der Arbeitseinsatz von der Zufallsvariable μ abhängt und somit ebenfalls aus der ex ante Perspektive stochastisch ist. Aus diesem Grund sind auch die mit ihm verbundenen Kosten aus dem Disnutzen zum Vertragszeitpunkt unsicher, so dass darüber der Erwartungswert gebildet werden muss. Die in (3.4) und (3.5) aufgeführten Erwartungswerte ergeben sich unter Einbezug des von den Variablen v_x und v_y abhängigen Arbeitseinsatzes folgendermaßen:

$$E(x) = E(a^*1 + (1-a)^*0) = E_\mu\left(a\left(\mu, v_x, v_y\right)\right) \tag{3.8}$$

$$E(s) = E_\mu\left(w + a\left(\mu, v_{x,} v_y\right)v_x + \mu a\left(\mu, v_x, v_y\right)v_y\right) \tag{3.9}$$

$$E\left(C(a)\right) = E_\mu\left(\frac{c}{2}a\left(\mu, v_x, v_y\right)^2\right) \tag{3.10}$$

Im Optimum wird die Teilnahmebedingung binden, so dass (3.5) in (3.4) substituiert werden kann. Unter Verwendung der in (3.8)-(3.10) angegebenen Erwartungswerte reduziert sich das Optimierungsproblem in (3.4)-(3.6) dann zu:

$$\max_{v_x, v_y} \; E_\mu\left(a\left(\mu, v_x, v_y\right) - \frac{c}{2}a\left(\mu, v_x, v_y\right)^2 - U^R\right) \equiv EU^P\left(v_x, v_y\right) \tag{3.11}$$
$u.d.N.$ (3.7)

Die Zielfunktion in (3.11) gibt das erwartete Nettoergebnis[173] des Prinzipals pro Periode an, welches im Folgenden mit: $EU^P\left(v_x, v_y\right)$ bezeichnet wird. Die Lösung dieses Programms wird an dieser Stelle noch nicht bestimmt. Zuvor wird die optimale Anreizgestaltung nur auf Basis eines rein expliziten Vertrages untersucht.

Rein expliziter Vertrag basierend auf der objektiven Beurteilungsgröße

Es wird angenommen, dass der Anreizvertrag des Agenten nur auf der objektiven und verifizierbaren Beurteilungsgröße y beruht, so dass es sich dabei um einen rein expliziten bzw. rein formalen Vertrag handelt. Implizite Verträge auf Basis subjektiver Performancemaße werden

[173] Das erwartete Nettoergebnis ist für den risikoneutralen Prinzipal gleichbedeutend mit dem erwarteten Nutzen.

hierbei nicht berücksichtigt. Im formalen Vertrag wird festgelegt, dass der Agent den Bonus v_y erhält, wenn: $y = 1$, wobei sich dieser Wert mit der Wahrscheinlichkeit μa realisiert. Unter diesen Annahmen gestaltet sich das Optimierungsprogramm des Prinzipals ähnlich wie in (3.11), nur dass es nun nicht vom Bonus v_x des impliziten Vertrages abhängt:

$$\max_{v_y} \; EU^P(v_y) = E_\mu\left(a(\mu, v_y) - \frac{c}{2}a(\mu, v_y)^2 - U^R\right) \tag{3.12}$$

$$u.d.N. \quad a^{SB} = \frac{\mu v_y}{c} \tag{3.13}$$

Der optimale Bonus v_y^* des rein formalen Vertrages ergibt sich als Lösung zu (3.12) - (3.13) (vgl. Herleitung im Anhang) mit:

$$v_y^* = \frac{1}{1 + \sigma_\mu^2} \tag{3.14}$$

Für den Prinzipal entsteht daraus ein erwarteter Nutzen (s. Anhang) von:

$$EU^P(v_y) = \frac{1}{2c(1 + \sigma_\mu^2)} - U^R \tag{3.15}$$

Aus (3.14) und (3.15) erkennt man, dass mit steigender Varianz von μ sowohl der Bonus v_y als auch der erwartete Nutzen bzw. Überschuss des Prinzipals $EU^P(v_y)$ sinken. Dies gilt, obwohl beide Akteure risikoneutral sind. Der Grund dafür liegt in der quadratischen Disnutzenfunktion $C(a)$, so dass es bei hoher Varianz von μ zu hohen erwarteten Kosten für den Agenten kommt, die vom Prinzipal ausgeglichen werden müssen. Somit werden bei hoher Varianz von μ die Anreize reduziert.

Rein impliziter Vertrag basierend auf der subjektiven Beurteilungsgröße

Nachdem der optimale, rein explizite Vertrag bestimmt wurde, untersuchen BGM (1994) als nächstes den optimalen rein impliziten Vertrag, der nur auf dem subjektiven Maß x beruht. Dabei werden formale Verträge auf Basis objektiver Performancemaße aus der Betrachtung ausgeschlossen. Bei ihrer Analyse beziehen sich BGM (1994) auf das Modell von Bull (1987). Das Optimierungsproblem des Prinzipals ist hier anders als in (3.11) nicht vom Bonus v_y des expliziten Vertrages abhängig. Unter der Voraussetzung, dass der Agent einen Vertragsbruch des Prinzipals ausschließt, gestaltet es sich wie folgt:

$$\max_{v_x} \; EU^P(v_x) = a(v_x) - \frac{c}{2}a(v_x)^2 - U^R \tag{3.16}$$

$$u.d.N. \; a^{SB} = \frac{v_x}{c} \tag{3.17}$$

Einsetzen von (3.17) in (3.16) führt zu:

$$EU^P(v_x) = \frac{v_x}{c} - \frac{v_x^2}{2c} - U^R \tag{3.18}$$

In einem einperiodigen Modell würde das Unternehmen den Bonus aber nicht zahlen, da dieser nicht vertraglich durchsetzbar ist und kein weiterer Nutzen aus der Kooperation entsteht. Dies wird von dem Mitarbeiter antizipiert, so dass ein Vertrag erst gar nicht zustande kommt. Um einen impliziten Vertrag zu ermöglichen, wird von einer unendlich oft wiederholte Beziehung zwischen den beiden Vertragsparteien ausgegangen, was gleichbedeutend ist mit einem Spiel, bei dem der Zeitpunkt des Spielendes unsicher ist. Es werden Gleichgewichte untersucht, wenn das Unternehmen und der Mitarbeiter Trigger-Strategien spielen, d. h. dass beide so lange kooperieren bis einer die Vereinbarung bricht. Danach ist nie wieder eine Fortsetzung der Kooperation möglich. Bei diesem Ansatz werden optimale Bestrafungen und Nachverhandlungsmöglichkeiten nicht betrachtet.[174] Es wird das Gleichgewicht gesucht, das den erwarteten Nutzen des Prinzipals maximiert. Dabei nehmen BGM (1994) an, dass der Bonus v_x nicht negativ werden darf.[175] Die Glaubwürdigkeit der vereinbarten Bonuszahlung v_x hängt von einem Vergleich der Überschüsse des Prinzipals im Falle der Bonuszahlung und bei einer möglichen Verweigerung ab, wobei dem Diskontierungssatz i des Prinzipals entscheidende Bedeutung beikommt. Wenn $x = 1$ wägt der Prinzipal ab, ob es vorteilhafter für ihn ist, den impliziten Bonus v_x wie vereinbart an den Agenten zu zahlen oder ihn zu verweigern und damit den impliziten Vertrag zu brechen. Im Falle einer Verweigerung erhielte der Prinzipal zwar in der aktuellen Periode den Anteil: $1 - w$, aber seine zukünftigen Überschüsse wären null, da der Agent dann zu keiner weiteren Kooperation bereit ist. Falls der Prinzipal dagegen den Bonus bei $x = 1$ vereinbarungsgemäß leistet, ist sein Anteil in der aktuellen Periode zwar geringer als bei Einbehalten des Bonus v_x, nämlich: $1 - w - v_x$, aber dafür erhielte der Prinzipal auch in den zukünftigen Perioden den erwarteten Nutzen $EU^P(v_x)$. Das Unternehmen berücksichtigt somit den Barwert der Summe der zukünftigen erwarteten Nutzen je Periode: $\sum_{t=1}^{\infty} EU^P\,(v_x)\,(1+i)^{-t}$ in seinem Kalkül. Die Bonuszahlung bzw. Vertragseinhaltung ist bei $x = 1$ für den Prinzipal vorteilhaft, sofern sein Nutzen bei Bonusverweigerung kleiner oder gleich dem Nutzen aus der Bonuszahlung ist, d. h. sofern gilt:

$$1 - w + 0 \quad \leq \quad 1 - w - v_x + \frac{EU^P(v_x)}{i}$$

[174] Vgl. Baker/Gibbons/Murphy (1994), Fußnote 5, S. 1135.
[175] Vgl. Baker/Gibbons/Murphy (1994), Fußnote 6, S. 1135.

$$\leftrightarrow \quad v_x \quad \leq \quad \frac{EU^P(v_x)}{i} \; oder \; EU^P(v_x) \quad \geq \quad iv_x \tag{3.19}$$

In (3.19) ist berücksichtigt, dass der Barwert einer unendlichen Rente $1/i$ beträgt, so dass $\sum_{t=1}^{\infty} EU^P\,(v_x)\,(1+i)^{-t} = EU^P(v_x)i^{-1}$. Gemäß (3.19) sollte das Unternehmen den Bonus zahlen, wenn der Barwert der erwarteten Nettoüberschüsse einer fortgeführten Kooperation größer ist als der in der aktuellen Periode zu zahlende Bonus. Sofern die Bedingung in (3.19) nicht erfüllt ist, kann der Prinzipal die Vertragseinhaltung gegenüber dem Agenten nicht glaubwürdig versichern und der Vertrag kommt nicht zustande. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird die Bedingung (3.19) als Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung bezeichnet. Diese muss bei der Bestimmung des optimalen impliziten Vertrages gem. (3.18) beachtet werden:

$$\max_{v_x} EU^P(v_x) = \frac{v_x}{c} - \frac{v_x^2}{2c} - U^R$$

$$u.d.N. \quad EU^P(v_x) \geq iv_x$$

Die Lösung dieses Optimierungsproblems wird in Abbildung 2 grafisch dargestellt, wobei der Bonus v_x auf der horizontalen Achse und der in (3.18) aufgeführte erwartete Nutzen des Prinzipals $EU^P(v_x)$ auf der vertikalen Achse abgetragen ist.

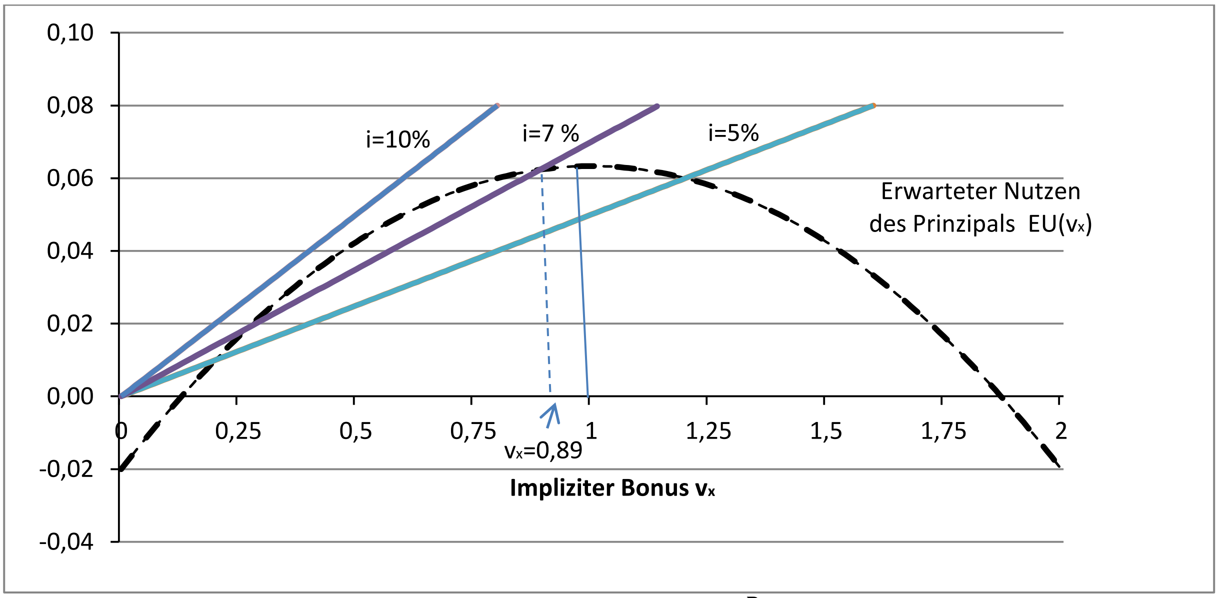

Abbildung 2: Erwarteter Nutzen des Prinzipals (bei $\boldsymbol{U^R = 0,02}$ und $\boldsymbol{c = 6}$) in Abhängigkeit des impliziten Bonus $\boldsymbol{v_x}$ bei unterschiedlich hohen Diskontierungssätzen $\boldsymbol{i}$ des Prinzipals.[176]

[176] Vgl. Baker/Gibbons/Murphy (1994), Abbildung 1, S. 1136 (hier führt c=6 wegen C(a)=ca²/2 zu identischen Anstrengungskosten wie c=3 bei BGM, die C(a)= ca² annehmen).

Die Zielfunktion ist quadratisch in v_x und erreicht ihr Maximum bei $v_x = 1$. Bei diesem Bonus entspricht nämlich der optimale Arbeitseinsatz $a^{SB} = \frac{v_x}{c}$ (siehe (3.17)) dem First-best-Arbeitseinsatz $a^{FB} = \frac{1}{c}$ (vgl. (3.2)). Außer der quadratischen Zielfunktion sind in Abbildung 2 die Geraden iv_x gem. (3.19) für die Diskontierungssätze: $i = 5$ %, 7 % und 10 % eingezeichnet. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass bei einem niedrigen Diskontierungssatz (z. B. bei $i = 5$ %) sogar die First-best-Lösung möglich ist, da hierfür die Glaubwürdigkeitsbedingung (vgl. (3.19)) erfüllt ist. Mit steigendem i erreicht man diese dann allerdings nicht mehr, denn z. B. bei $i = 7$ % ist $v_x = 1$ nicht mehr möglich. Dafür gibt es aber andere Werte auf dem Graphen von $EU^P(v_x)$, die die GW-Bedingung (vgl. (3.19)) erfüllen, wobei $EU^P(v_x)$ bei dem höchsten dieser Werte maximiert wird ($v_x = 0{,}89$). Bei einem zu hohen i (z. B. bei $i =$ 10 %) ist dann aber gar kein Vertrag mehr möglich. In diesem Fall ist für den Prinzipal die Bonuseinsparung in der aktuellen Periode immer größer als die barwertige Summe der zukünftigen, erwarteten Nutzen aus der fortgeführten Kooperation, so dass die GW-Bedingung nicht binden kann.

Optimale Kombination von implizitem und explizitem Vertrag

Nach der Betrachtung des optimalen rein expliziten Vertrages und des optimalen rein impliziten Vertrages soll nun die optimale Kombination beider Vertragstypen gem. des in (3.11) angegebenen Optimierungsproblems bestimmt und analysiert werden. Dazu ist die Spezifizierung weiterer Annahmen nötig. Bei der Untersuchung des rein impliziten Vertrages wurde davon ausgegangen, dass die erwarteten zukünftigen Überschüsse des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruches null wären, da dann keine weitere Kooperation zwischen den Akteuren mehr möglich ist. Wenn allerdings neben dem subjektiven Maß x noch ein verifizierbares Performancemaß y existiert, besteht die Möglichkeit, dass der Agent auch nach einem Vertragsbruch zur weiteren Zusammenarbeit mit dem Prinzipal bereit ist, dann allerdings nur noch auf Grundlage eines rein formalen Vertrages, da dieser gerichtlich durchsetzbar ist. Somit nehmen BGM (1994) an, dass der Agent im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung zur Fortführung der Kooperation bewegt werden kann, aber nur auf Basis eines rein expliziten Vertrages und nur sofern dieser hinreichend attraktiv ist. In der folgenden Analyse gehen BGM (1994) davon aus, dass der Prinzipal nach einem Vertragsbruch zwei verschiedene Rückzugspositionen besitzt: einerseits einen rein expliziten Vertrag mit einem zukünftigen erwarteten Nutzen pro Periode von: $EU^P(v_y)$ (sofern $EU^P(v_y) > 0$) und andererseits eine Stilllegung des Unternehmens (falls $EU^P(v_y) < 0$), mit einem zukünftigen erwarteten

Nutzen von null. Entsprechend den beiden unterschiedlichen Fällen hat der Prinzipal bei der Bestimmung der optimalen Boni zwei verschiedene Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingungen zu beachten. Zuerst wird die optimale Anreizgestaltung für $\boldsymbol{EU^P(v_y)} > 0$ analysiert, d. h. wenn ein **rein expliziter Vertrag** die **Rückzugsposition des Prinzipals** darstellt. Das Kalkül des Unternehmens ist prinzipiell das gleiche wie bei der Analyse des rein impliziten Vertrages. Die Vertragseinhaltung kann als vorteilhaft gelten, wenn der Nutzen bei einem Vertragsbruch nicht größer ist als bei der Einhaltung der impliziten Vereinbarung. Diese Bedingung stellt sich formelmäßig bei $x = 1$ und $y = 1$ folgendermaßen dar:

$$1 - w - v_y + \frac{EU^P(v_y)}{i} \quad \leq \quad 1 - w - v_y - v_x + \frac{EU^P(v_x, v_y)}{i}$$

und vereinfacht sich unabhängig von der Realisation von y zu:

$$EU^P(v_x, v_y) - EU^P(v_y) \geq iv_x \tag{3.20}$$

Das Optimierungsprogramm des Prinzipals umfasst die in (3.11) aufgeführte Zielfunktion unter Beachtung der in (3.7) angegebenen Anreizbedingung und der soeben hergeleiteten GW-Bedingung (vgl. (3.20)):

$$\max_{v_x, v_y} EU^P(v_x, v_y) = E_\mu \left(a(\mu, v_x, v_y) - \frac{c}{2} a(\mu, v_x, v_y)^2 - U^R \right)$$
$$u.d.N. \quad a^{SB} = \frac{v_x + \mu v_y}{c}$$
$$EU^P(v_x, v_y) - EU^P(v_y) \geq iv_x$$

Zur Herleitung der optimalen Boni v_x und v_y wird zuerst (3.7) in (3.11) substituiert, so dass nur noch die GW-Bedingung als Nebenbedingung zu beachten ist. Dann wird die Lagrangefunktion aufgestellt, wobei $EU^P(v_y)$ gemäß (3.15) eingesetzt werden muss. Als Lagrange-Multiplikator wird die Variable λ verwendet. Anschließend stellt man die Optimalitätsbedingungen für v_x und v_y unter den Annahmen, dass: $v_x > 0 \; und \; v_y > 0$, auf (vgl. Herleitung im Anhang):

$$\frac{\partial L}{\partial v_x} = 0: (1 + \lambda)(1 - v_x - v_y) = \lambda ic \tag{3.21}$$

$$\frac{\partial L}{\partial v_y} = 0: (1 + \lambda)\left(1 - v_x - (1 + \sigma_\mu^2)v_y\right) = 0 \tag{3.22}$$

Aus (3.22) ergibt sich der optimale Bonus des expliziten Vertrages wie folgt:

$$v_y^{**}(v_x) = \frac{1 - v_x}{1 + \sigma_\mu^2} = (1 - v_x)v_y^* \tag{3.23}$$

Gleichung (3.23) ist zu entnehmen, dass bei $v_x = 1$, d. h. wenn der Bonus des impliziten Vertrages das First-best-Niveau erreicht, der explizite Bonus v_y überflüssig ist $\left(v_y = 0\right)$. Die Ermittlung des impliziten Bonus v_x erfolgt ausgehend von der Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung in (3.20). Für das Zustandekommen eines wirksamen impliziten Vertrages muss diese Ungleichung erfüllt sein. Nach Substitution von $EU^P\left(v_y\right)$ gem. (3.15) und v_y^{**} gem. (3.23) in die GW-Bedingung in (3.20) lässt sie sich folgendermaßen vereinfachen:

$$\frac{v_x(2 - v_x)}{2c} * \frac{\sigma_\mu^2}{1 + \sigma_\mu^2} \geq v_x i \tag{3.24}$$

Aus der Ungleichung in (3.24) leitet sich die in (3.25) angegebene Lösung für den impliziten Bonus v_x ab. Es gibt drei Lösungsbereiche. Wenn die GW-Bedingung nicht bindet, sondern als Ungleichung erfüllt ist, kann die First-best-Lösung von $v_x = 1$ erreicht werden. Zur Bestimmung des Gültigkeitsbereiches für die First-best-Lösung wird $v_x = 1$ in (3.24) eingesetzt. Wenn die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung nicht erfüllt ist, ist die Kombination aus dem impliziten und expliziten Vertrag nicht realisierbar. In diesem Fall beträgt $v_x = 0$. Im mittleren Gültigkeitsbereich bindet die GW-Bedingung. Der optimale Bonus v_x wurde hier aus der als Gleichung erfüllten Bedingung (3.24) gelöst. Die Herleitung von (3.25) befindet sich im Anhang.[177]

$$v_x^{**} = \begin{cases} 1 & falls \quad \sigma_\mu^2 > \dfrac{2ci}{1 - 2ci} \\ 2 - 2ci\dfrac{\left(1 + \sigma_\mu^2\right)}{\sigma_\mu^2} & falls \quad \left[\dfrac{2ci}{1 - 2ci} \geq \sigma_\mu^2 \geq \dfrac{ci}{1 - ci}\right] \\ 0 & falls \quad \sigma_\mu^2 < \dfrac{ci}{1 - ci} \end{cases} \tag{3.25}$$

Aus (3.25) ist ersichtlich, dass ein impliziter Vertrag immer dann nicht realisiert werden kann $(v_x = 0)$, wenn die Varianz von μ zu gering oder der Diskontierungssatz des Prinzipals zu hoch ist. Falls die Varianz sehr niedrig ist, so dass die objektive Beurteilungsgröße y fast perfekt, aber nicht first-best ist, dann ist die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs zu gut, so dass ein impliziter Bonus nicht glaubhaft versprochen werden kann. Die bisherigen Ergebnisse werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

---

[177] Die angegebene Lösung für den impliziten Bonus bei BGM (1994) in Formel (18), S. 1140 enthält einige Vertauschungen bei den Geltungsbereichen. Ein kleiner Unterschied ergibt sich außerdem durch die hier etwas modifizierte Disnutzenfunktion im Vergleich zu der von BGM (1994).

Satz 3.1 *(vgl. BGM (1994), Formeln (16) und (18), S. 1139-1140)*

Sofern ein rein expliziter Vertrag auf Basis eines objektiven, imperfekten Performancemaßes y effektiv ist, d. h. $EU^P(v_y) > 0$ *und somit für den Prinzipal eine Rückzugsposition im Falle eines Bruchs des impliziten Vertrages auf Basis des subjektiven, perfekten Performancemaßes x darstellt, ist der optimale Bonus des expliziten Vertrages* v_y^{**} *gegeben durch* (3.23) *und der des impliziten Vertrages* v_x^{**} *durch* (3.25), *wobei ein hinreichend effektiver expliziter Vertrag jegliche implizite Verträge unmöglich machen kann, so dass:* $v_x^{**} = 0 \ falls \quad \sigma_\mu^2 < \frac{ci}{1-ci}$.

Die komparative Statik für implizite Boni des mittleren Gültigkeitsbereichs in (3.25), d. h.: $0 < v_x^{**} < 1$ und die entsprechenden expliziten Boni gem. (3.23) führt zu folgenden Ergebnissen:

$$\frac{\partial v_x^{**}}{\partial i} < 0 \qquad \frac{\partial v_x^{**}}{\partial U^R} = 0 \qquad \frac{\partial v_x^{**}}{\partial \sigma_\mu^2} > 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial i} > 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial U^R} = 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial \sigma_\mu^2} < 0 \tag{3.26}$$

Aus (3.26) ist ersichtlich, dass implizite und explizite Verträge Substitute sein können, da mit steigendem Zinssatz i und mit sinkender Varianz: σ_μ^2 der implizite Bonus v_x^{**} fällt, wohingegen der explizite v_y^{**} steigt. Beide Boni sind unabhängig vom Reservationsnutzen, da dieser sowohl bei Vertragseinhaltung als auch bei einem Vertragsbruch ausgeglichen werden muss. Das wird sich aber bei $EU^P(v_y) < 0$ ändern, weil dann die Rückzugsposition des Prinzipals nur noch eine Stilllegung des Unternehmens ist. Die Ergebnisse der komparativen Statik werden in Satz 3.2 formuliert.

Satz 3.2 *(vgl. BGM (1994), Formel (19), S. 1141) Für* $\boldsymbol{EU^P(v_y)} > 0$ *und* $\mathbf{0} < \boldsymbol{v_x^{**}} < 1$ *gilt für das Verhalten der optimalen Boni des impliziten und expliziten Vertrages,* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und* $\boldsymbol{v_y^{**}}$*:*

1. *bei steigendem Diskontierungssatz i des Prinzipals verringert sich* v_x^{**} *und erhöht sich* v_y^{**}*,*
2. *bei steigender Varianz des Grenzbeitrages μ bzw. zunehmender Ungenauigkeit des objektiven Maßes y erhöht sich* v_x^{**} *und sinkt* v_y^{**}*,*
3. *eine Änderung des Reservationsnutzens des Agenten hat keinen Einfluss auf* v_x^{**} *und* v_y^{**}*.*

Als nächstes wird die Lösung **für $\boldsymbol{EU^P(v_y)}$** < 0 ermittelt. In dem Fall bleibt dem Prinzipal nach einem Vertragsbruch als **Rückzugsmöglichkeit** nur die **Schließung des Unternehmens**. Falls dies geschehen sollte, beträgt der zukünftige erwartete Nutzen nach einer Bonusverweigerung null und die GW-Bedingung reduziert sich im Vergleich zu (3.20) um $EU^P(v_y)/i$ (da ein rein expliziter Vertrag nun keine Rückzugsposition darstellt) und ergibt sich wie folgt:

$$EU^P(v_x, v_y) \geq iv_x \tag{3.27}$$

Das Optimierungsproblem des Prinzipals ist fast identisch zu dem bei $EU^P(v_y) > 0$, außer dass statt der GW-Bedingung in (3.20) nun die in (3.27) berücksichtigt werden muss. Die Lösung des Programms erfolgt analog zu der oben beschriebenen Vorgehensweise und führt ebenfalls zu den in (3.21) und (3.22) gegebenen Optimalitätsbedingungen erster Ordnung (da der Ausdruck für $EU^P(v_y)$ den einzigen Unterschied zwischen den Lagrangefunktionen darstellt und dieser von v_x und v_y unabhängig ist). Somit ist der optimale Bonus des rein formalen Vertrages hier gleichfalls gegeben durch $v_y^{**}(v_x) = \frac{1-v_x}{1+\sigma_\mu^2} = (1-v_x)v_y^*$ (vgl. (3.23)). Die Höhe des impliziten Bonus v_x ermittelt sich aus der in (3.27) angegebenen GW-Bedingung. Nach Substitution von $v_y^{**}(v_x)$ gem. (3.23) kann man diese folgendermaßen umformen (vgl. Herleitung im Anhang):

$$\frac{1}{2c}\left(-v_x^2\underbrace{\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right)}_{\equiv k} + 2v_x\underbrace{\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right)}_{\equiv k} + 1 - \underbrace{\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}}_{\equiv k<1}\right) - U^R \geq v_x i \tag{3.28}$$

Zur Verkürzung des Terms auf der linken Seite in (3.28) wird die Variable k eingeführt und wie folgt definiert: $k \equiv \frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}$. Wenn (3.28) als Ungleichung erfüllt ist, ergibt sich die First-best-Lösung $v_x = 1$. Falls die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung in (3.28) bindet, ist der optimale Bonus v_x der höchste Wert, der eine Lösung für diese quadratische Gleichung darstellt und im Bereich von null bis eins liegt (vgl. Herleitung im Anhang):

$$v_x^{**} = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4kD}}{2k} \quad C \equiv 2k - 2ci \quad D \equiv 1 - k - 2cU^R \tag{3.29}$$

Die obigen Ergebnisse werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 3.3 *(vgl. BGM (1994), Formeln (A4), (A5), S. 1155)*

Falls ein rein expliziter Vertrag nicht effektiv ist, d. h. $EU^P(v_y) < 0$, *ist der Bonus des impliziten Vertrages, sofern der First-best-Wert von* $v_x^{**} = 1$ *nicht möglich ist, der größte Wert der* (3.28) *erfüllt. Wenn* (3.28) *bindet, existiert eine gültige Lösung, sofern* $C^2 + 4kD > 0$ *und diese ist der größte Wert im Interval* $[0,1]$ *von* (3.29). *Der Bonus des expliziten Vertrages ist dann gegeben durch Formel* (3.23).

Die Ergebnisse der komparativen Statik für implizite Boni zwischen null und eins und für die korrespondierenden Boni des formalen Vertrages gestalten sich folgendermaßen:

$$\frac{\partial v_x^{**}}{\partial i} < 0 \qquad \frac{\partial v_x^{**}}{\partial U^R} < 0 \qquad \frac{\partial v_x^{**}}{\partial \sigma_\mu^2} < 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial i} > 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial U^R} > 0 \qquad \frac{\partial v_y^{**}}{\partial \sigma_\mu^2} \geq\leq 0 \tag{3.30}$$

Im Unterschied zu der Situation mit $EU^P(v_y) > 0$, bei der die Rückzugsposition des Prinzipals ein rein expliziter Vertrag ist, steigt hier der implizite Bonus v_x mit sinkender Varianz von μ und der Einfluss auf den expliziten Bonus ist uneinheitlich. Anders als zuvor kann nun ein optimaler rein impliziter Second-best-Vertrag von dem expliziten Vertrag profitieren, wobei allerdings gelten muss, dass y so verzerrt ist, dass der formale Vertrag für sich allein genommen nicht profitabel sei ($EU^P(v_y) < 0$)). Das objektive Performancemaß y verbessert also die subjektive Performance-Beurteilung und erhöht dadurch die Verlässlichkeit der subjektiven Bonuszahlung. Solange $EU^P(v_y) < 0$ verbessern Varianzverringerungen den Wert der fortgeführten Vertragsbeziehung und sorgen für Bonussteigerungen von v_x^{**}. Der nachfolgende Satz fasst die Ergebnisse der komparativen Statik zusammen:

Satz 3.4 *(vgl. BGM (1994), Formel (20), S. 1142) Für* $\boldsymbol{EU^P(v_y)} < 0$ *und* $\mathbf{0} < \boldsymbol{v_x^{**}} < 1$ *gilt für das Verhalten der optimalen Boni des impliziten und expliziten Vertrages,* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und* $\boldsymbol{v_y^{**}}$*:*

1. *bei steigendem Diskontierungssatz i des Prinzipals verringert sich* v_x^{**} *und erhöht sich* v_y^{**}*,*
2. *bei abnehmender Varianz des Grenzbeitrages* μ *bzw. zunehmender Genauigkeit des objektiven Maßes y erhöht sich* v_x^{**} *und* v_y^{**} *kann sowohl steigen als auch sinken,*
3. *ein Anstieg des Reservationsnutzens des Agenten verringert* v_x^{**} *und erhöht* v_y^{**}*.*

Zur Veranschaulichung der bisherigen Erkenntnisse werden im Folgenden einige Zahlen-Beispiele vorgestellt, die sich an den von BGM (1994) in Abbildung 3 auf S. 1144 verwendeten Parametern orientieren.

Beispiel I

Es wird im ersten Beispiel von vier möglichen Umweltzuständen ausgegangen, wobei alle Zustände gleich wahrscheinlich sind und der stochastische Differenz-Grenzbeitrag $\boldsymbol{\mu}$ nur im zweiten Umweltzustand (U2) den Wert vier annimmt und ansonsten null beträgt:

Umweltzustand	U1	U2	U3	U4
Wahrscheinlichkeit	0,25	0,25	0,25	0,25
$\boldsymbol{\mu}$	**0**	**4**	**0**	**0**

Für diese Konstellation ergibt sich der von BGM (1994) angenommene Erwartungswert von μ**:** $E(\mu) = 1$ und die Varianz von μ beträgt: $\sigma_\mu^2 = \sum 0{,}25\big(\mu - E(\mu)\big)^2 = 3$. Weiterhin wird angenommen, dass: $U^R = 0{,}02; c = 6$ und $i = 5\%$. Für den rein expliziten Vertrag ergäbe sich damit gem. (3.14) ein optimaler Bonus: $v_y^* = \frac{1}{1+\sigma_\mu^2} = 0{,}25$ und ein erwarteter Nutzen (vgl. Formel (3.15)) von: $EU^P\big(v_y\big) = \frac{1}{2c(1+\sigma_\mu^2)} - U^R = 0{,}0008$. Da: $EU^P\big(v_y\big) > 0$, stellt eine Fortführung der Kooperation auf Basis eines rein formalen Vertrages hier die Rückzugsposition für den Prinzipal dar. Die Höhe des optimalen Bonus des impliziten Vertrages wird ausgehend von (3.25) bestimmt: $v_x^{**} = 1 \ \ falls \ \ \sigma_\mu^2 > \frac{2ci}{1-2ci} = 1{,}5$. Da die Varianz größer als 1,5 ist, kann hier die First-best-Lösung erreicht werden: $v_x^{**} = \mathbf{1}$ und (gem. (3.23)): $v_y^{**} = \mathbf{0}$, so dass der Agent unabhängig vom Umweltzustand immer den First-best-Arbeitseinsatz leistet: $a^{FB} = \frac{1}{c} = \ \frac{1}{6} = 0{,}1\overline{6}$. Somit erzielt der Prinzipal in jeder Periode einen erwarteten Nutzen von: $EU^P(a^{FB}) = \frac{1}{2c} - U^R = \mathbf{0{,}06\overline{3}}$.

Beispiel II a

Im zweiten Beispiel werden fast alle Parameter von Beispiel I übernommen, nur dass jetzt der Diskontierungszinssatz des Prinzipals höher ist, nämlich: $i = 8\%$ (statt vorher 5%). Der zukünftige erwartete Nutzen aus einer fortgeführten Kooperation wird nun stärker abgezinst, so dass der First-best-Bonus: $v_x^{**} = 1$ nicht mehr glaubwürdig ist, da $\sigma_\mu^2 > \frac{2ci}{1-2ci} = 24$ (vgl. Formel (3.25)) nicht erfüllt ist. Hier ist $v_x^{**} = 2 - 2ci\frac{(1+\sigma_\mu^2)}{\sigma_\mu^2} = \mathbf{0{,}72}$ (vgl. (3.25)), da: $\left[24 = \frac{2ci}{1-2ci} \geq \sigma_\mu^2 = 3 \geq \frac{ci}{1-ci} = 0{,}9231\right]$. Der Bonus des expliziten Vertrages ergibt sich aus (3.23) mit: $v_y^{**}(v_x) = (1 - v_x)v_y^* = 0{,}28 * 0{,}25 = \mathbf{0{,}07}$. Seinen Arbeitseinsatz wählt der Agent in Abhängigkeit des beobachteten Differenz-Grenzbeitrages μ wie folgt: $a(\mu = 0) =$

$\frac{v_x+\mu v_y}{c} = 0{,}12$ und $a(\mu = 4) = \frac{v_x+\mu v_y}{c} = 0{,}1\overline{6}$ (vgl. (3.7)).[178] Als Erwartungswert für den Arbeitseinsatz ergibt sich: $E(a) = 0{,}131\overline{6}$ und der erwartete Disnutzen beträgt: $E((C(a)) = \frac{c}{2}E(a^2) = \frac{c}{2}\left(\frac{3}{4}0{,}12^{\,2} + \frac{1}{4}0{,}1\overline{6}^{\,2}\right) = 0{,}0532\overline{3}$. Daraus ergibt sich für den Prinzipal ein erwarteter Nutzen pro Periode (vgl. Formel (3.11)) von: $EU^P(v_x, v_y) = E(a) - E((C(a)) - U^R = \mathbf{0{,}0584\overline{3}}$. Das ist mehr als der erwartete Nutzen des rein formalen Vertrages: $EU^P(v_y) = 0{,}0008$ aber nicht so gut wie die First-best-Lösung mit $EU^P(a^{FB}) = 0{,}06\overline{3}$ (siehe Bsp. I), die allerdings aufgrund des zu hohen Diskontierungssatzes nicht realisierbar ist. Der Vollständigkeit halber soll hier auch noch der fixe Entlohnungsbestandteil w bestimmt werden, der sich aus der bindenden Teilnahmebedingung (siehe (3.5)) ergibt:

$$EU^A = E\big(s - C(a)\big) = w + E(av_x + \mu a v_y) - \frac{c}{2}E(a^2) = U^R$$
$$\leftrightarrow w = U^R + \frac{c}{2}E(a^2) - E(a)v_x - E(\mu a)v_y$$
$$\leftrightarrow w = 0{,}02 + 0{,}0532\overline{3} - 0{,}131\overline{6} * 0{,}72 - 0{,}131\overline{6} * 0{,}07 = -0{,}0308$$

Die fixe Entlohnungskomponente ist hier wie im Standard-Agency-Modell bei einem risikoneutralen Agenten typischerweise negativ (vgl. Abschnitt 2.2.2), wobei das allerdings so interpretiert werden kann, dass die Summe der Boni um diesen Betrag gekürzt wird und der Agent nur im Fall von $x = 0$ und $y = 0$ tatsächlich eine Zahlung zu leisten hätte. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse der komparativen Statik bezüglich σ_μ^2 sollen noch kurz die optimalen Boni für ein ähnliches Beispiel, aber mit einer geringeren Varianz von μ und somit einer höheren Genauigkeit von y angegeben werden (siehe nachfolgendes Beispiel II b).

Beispiel II b

Hier wird nun von drei gleich wahrscheinlichen Umweltzuständen mit den in der nachfolgenden Tabelle angegebenen möglichen Realisierungen von $\boldsymbol{\mu}$ ausgegangen.

Umweltzustand	U1	U2	U3
Wahrscheinlichkeit	1/3	1/3	1/3
$\boldsymbol{\mu}$	**0,5**	**2,5**	**0**

Der Erwartungswert von μ ist somit wieder**:** $E(\mu) = 1$ und die Varianz beträgt: $\sigma_\mu^2 = \sum \frac{1}{3}\big(\mu - E(\mu)\big)^2 = 1{,}1\overline{6}$. Für den rein expliziten Vertrag ergäbe sich damit gem. (3.14) ein optimaler Bonus $v_y^* = \frac{1}{1+\sigma_\mu^2} = 0{,}4615$ und ein erwarteter Nutzen (vgl. Formel (3.15)) von

[178] Die von BGM (1994) getroffene Annahme, dass $\mu a < 1$ ist somit für dieses Beispiel erfüllt.

$EU^P(v_y) = \frac{1}{2c(1+\sigma_\mu^2)} - U^R = 0{,}0185$. Der optimale implizite Bonus beträgt: $v_x^{**} = 2 - 2ci\frac{(1+\sigma_\mu^2)}{\sigma_\mu^2} = \mathbf{0{,}2171}$ (vgl. (3.25)), da: $\left[24 = \frac{2ci}{1-2ci} \geq \sigma_\mu^2 = 1{,}1\overline{6} \geq \frac{ci}{1-ci} = 0{,}9231\right]$. Der Bonus des expliziten Vertrages ergibt sich aus (3.23) mit $v_y^{**}(v_x) = (1-v_x)v_y^* = \mathbf{0{,}3613}$ und der erwartete Nutzen pro Periode für den Prinzipal (vgl. Formel (3.11)) beträgt: $EU^P(v_x, v_y) = E(a) - E((C(a)) - U^R = \mathbf{0{,}0358}$. Im **Vergleich zu Bsp. II a** ist der rein explizite Vertrag durch die geringere Varianz von μ und somit größere Genauigkeit von y nun effektiver, d. h. er führt zu einem höheren: $EU^P(v_y) = 0{,}0185 > 0{,}0008$. Dies bewirkt aber erstaunlicherweise keine Nutzenerhöhung beim kombinierten Einsatz des objektiven und subjektiven Performancemaßes, sondern führt zu einer Absenkung des impliziten Bonus auf $v_x^{**} = 0{,}2171 < 0{,}72$ und einer Erhöhung des Bonus des formalen Vertrages $v_y^{**}(v_x) = 0{,}3613 > 0{,}07$. Die größere Gewichtung des formalen Vertrages auf Basis des imperfekten Maßes y im Vergleich zu dem perfekten Maß x führt nun zu einem kleineren erwarteten Nutzen: $EU^P(v_x, v_y) = 0{,}0358 < 0{,}0584\overline{3}$ als bei der höheren Varianz von: $\sigma_\mu^2 = 3$. Der Grund für dieses kontraintuitive Verhalten ist die mit der Verbesserung des rein formalen Vertrages einhergehende vorteilhaftere Rückzugsposition des Prinzipals, so dass der ursprüngliche Bonus von $0{,}72$ nicht mehr glaubwürdig ist und nur noch ein Bonus von $0{,}2171$ implizit vereinbart werden kann. Wenn die Varianz noch geringer sein sollte als in Bsp. II b, so dass $\sigma_\mu^2 < 0{,}9231$ (siehe oben und Gültigkeitsbereiche in (3.25)) kann nicht einmal mehr ein ganz kleiner Bonus implizit vereinbart werden, so dass $v_x^{**} = 0$. Dann ist nur noch der Abschluss eines rein expliziten Vertrages auf Basis von y möglich.

Beispiel III

Hier soll nun eine Situation betrachtet werden, in der die Varianz von μ größer ist als in Bsp. II a, nämlich: $\sigma_\mu^2 = 4$. Um wieder den von BGM (1994) angenommenen Erwartungswert: $E(\mu) = 1$ zu erreichen, könnte man hier analog zu Bsp. I von fünf gleich wahrscheinlichen Zuständen ausgehen, in der in einem Zustand: $\mu = 5$ und in allen anderen $\mu = 0$ realisiert wird. Alle anderen Parameter bleiben auch in diesem Beispiel wie zuvor. Die Varianz ist jetzt so hoch, dass ein rein expliziter Vertrag für sich allein nicht effektiv ist. Für den rein expliziten Vertrag ergäbe sich gem. (3.14) ein optimaler Bonus $v_y^* = \frac{1}{1+\sigma_\mu^2} = 0{,}2$. Dieser würde zu einem negativen erwarteten Nutzen von $EU^P(v_y) = \frac{1}{2c(1+\sigma_\mu^2)} - U^R = -0{,}00\overline{3}$ führen (vgl. (3.15)). Da ein rein formaler Vertrag auf Basis von y nun keine Rückzugsmöglichkeit für den

Prinzipal im Falle eines Vertragsbruchs darstellt, bestimmt sich der implizite Bonus nun gem. (3.29):

$v_x^{**} = \frac{C+\sqrt{C^2+4kD}}{2k}$ bei: $C \equiv 2k - 2ci$ und: $D \equiv 1 - k - 2cU^R$ $sowie$: $k \equiv \frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}$ mit: $v_x^{**} = \mathbf{0{,}7317}$ ($C = 0{,}64\ und\ D = -0{,}04\ sowie\ k = 0{,}8$). Der Bonus des expliziten Vertrages ergibt sich aus (3.23) mit: $v_y^{**}(v_x) = (1 - v_x)v_y^* = \mathbf{0{,}0537}$. Mithin beträgt der erwartete Nutzen pro Periode (vgl. (3.11)): $EU^P(v_x, v_y) = \mathbf{0{,}0585}$ für den Prinzipal. Im Vergleich zu Bsp. II a ist v_x^{**} nun größer: $v_x^{**} = 0{,}7317 > 0{,}72$ ebenso wie: $EU^P(v_x, v_y) = 0{,}0585 > 0{,}0584$. Wenn die Rückzugsposition des Prinzipals wie in diesem Bsp. nur eine Unternehmensstilllegung ist, führt nun eine weitere Varianzerhöhung gem. der komparativen Statik (vgl. (3.30)) anders als bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zu einer Reduzierung des impliziten Bonus. Im Umkehrschluss führt hier also eine Verbesserung des objektiven Maßes zu einer Erhöhung des impliziten Bonus und damit auch zu einer Erhöhung des erwarteten Nutzens für den Prinzipal. Hier verhalten sich der explizite und der implizite Vertrag komplementär.

Interpretation der Ergebnisse

Die bisherige Analyse hat gezeigt, dass der wesentliche Unterschied zwischen den optimalen Verträgen bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages und ohne diese Möglichkeit der Einfluss der Varianz von μ ist. Dagegen ist der **Einfluss des Diskontierungszinssatzes $\boldsymbol{i}$ des Prinzipals** in beiden Fällen gleich. Eine Erhöhung führt zu einer Absenkung des impliziten Bonus und einer Erhöhung des expliziten Bonus. Ein Anstieg von i reduziert den Barwert der Summe der erwarteten Nutzen aus den zukünftigen Perioden (bzw. die (barwertige) relative Vorteilhaftigkeit des kombinierten Vertrages gegenüber dem rein expliziten Vertrag), so dass der implizite Bonus zur Einhaltung der GW-Bedingungen (siehe (3.27) und (3.20)) gesenkt werden muss, um den Prinzipal zur Einhaltung der impliziten Vereinbarung zu motivieren. Die Reduzierung des impliziten Bonus wird gem. (3.23) über eine Erhöhung des expliziten Bonus ausgeglichen, wobei diese Gewichtsverschiebung zugunsten des objektiven, imperfekten Maßes y immer mit einer Reduzierung des erwarteten Nutzens des Prinzipals verbunden ist. Das liegt daran, dass das subjektive Maß x die Zielgröße des Prinzipals darstellt und auch nur über x die First-best-Lösung erzielt werden kann (bei $v_x^{**} = 1$), wobei die optimale Second-best-Lösung für v_x immer eine größtmögliche Annäherung an diesen First-best-Wert von $v_x = 1$ vorsieht. Der Bonus v_x wird so hoch wie möglich festgelegt, so dass die GW-Bedingung gerade erfüllt ist bzw. bindet. Eine **Erhöhung des Reservationsnut-**

zens $\boldsymbol{U^R}$ wirkt sich bei beiden Rückzugspositionen unterschiedlich aus. Wenn kein expliziter Vertrag zur Verfügung steht, reduziert eine Erhöhung von U^R direkt den erwarteten Nutzen aus der Kooperation, so dass sich die Glaubwürdigkeit der impliziten Vereinbarung verschlechtert und der implizite Bonus entsprechend reduziert werden muss (vgl. (3.27)). Wenn ein rein expliziter Vertrag aber effektiv ist und mithin die Rückzugsposition darstellt, hängt die Glaubwürdigkeit des impliziten Bonus nur von der relativen Vorteilhaftigkeit des kombinierten im Vergleich zum rein formalen Vertrag ab, mithin also von der Differenz der Erwartungswerte (vgl. (3.20)). Da der Reservationsnutzen in beiden Fällen, sowohl bei dem kombinierten Vertrag als auch im Falle eines rein expliziten Vertrages ausgeglichen werden muss, beeinflusst die Erhöhung von U^R hier nicht die Höhe der Boni (solange: $EU^P(v_y) > 0$). Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden verschiedenen Rückzugspositionen ist der **Einfluss der Varianz von $\boldsymbol{\mu}$**, die die Effektivität des expliziten Vertrages maßgeblich bestimmt. Hier gilt, dass je höher die Varianz, desto verzerrter ist das objektive Maß y und desto ineffektiver der explizite Vertrag bzw. je niedriger die Varianz, desto effektiver ist dieser. BGM (1994) konnten zeigen, dass hinreichend perfekte, explizite Verträge, implizite Verträge verhindern können und Verbesserungen des objektiven Maßes (durch eine Varianzabsenkung) zu einer Reduzierung des impliziten Bonus und einer entsprechenden Erhöhung des expliziten Bonus führen, so dass sich implizite und explizite Verträge bei der Rückzugsposition eines formalen Vertrages substitutiv verhalten. Sofern ein rein formaler Vertrag als Rückzugsposition aber nicht zur Verfügung steht, führt eine Erhöhung der Genauigkeit der objektiven Größe auch zu einer Erhöhung des impliziten Bonus, so dass hier der Wert der fortgeführten Kooperation gesteigert wird und sich die beiden Vertragstypen auch komplementär verhalten können.

Bei der **ökonomischen Interpretation** ihres Resultats, dass hinreichend effektive, explizite Verträge, implizite Verträge unmöglich machen können, beziehen sich BGM (1994) auf Coase (1937), der die These vertritt, dass Unternehmen entstehen, wenn die Marktkoordination einen gewissen Grad an Unvollkommenheit übertrifft.[179] BGM (1994) interpretieren die einperiodigen, rein formalen Verträge als Spot-Märkte und schlussfolgern, dass Unternehmen teilweise auch dann nicht entstehen können, wenn sie mit Hilfe impliziter Verträge eine (nur leicht) bessere Koordination als der Markt erreichen würden. Bezogen auf das zweite Resultat, dass sich explizite und implizite Verträge auch komplementär verhalten können, argumentieren BGM (1994), dass die Kombination einiger personeller Maßnahmen wie z. B. Grup-

[179] Vgl. Coase (1937), S. 390-392; Baker/Gibbons/Murphy (1994), S. 1128-1129.

pen-Akkordlöhnen (als Bsp. für explizite Verträge) mit subjektiven Bonusplänen (die implizite Verträge darstellen) insgesamt effektiver sind, wenn sie in Kombination miteinander statt für sich allein umgesetzt werden. In ihrem Aufsatz gehen BGM (1994) auch auf die Verwendung eines imperfekten statt eines perfekten subjektiven Maßes in Kombination mit einem imperfekten objektiven Maß ein, wobei sie zu dem Schluss kommen, dass sich an den beiden obigen Hauptergebnissen im Wesentlichen nichts ändert. Daneben entwickeln BGM (1994) noch ein zweites Modell, in dem das Unternehmen bzw. der Prinzipal subjektiv die Verzerrungen des imperfekten, objektiven Performancemaßes bewerten kann. Im optimalen Vertrag wird hier der objektiven Kennzahl ein subjektives Gewicht beigelegt, so dass die mit ihr verbundenen Verzerrungen abgemildert werden.

Zu der Analyse von BGM (1994) gibt es einige weitere Untersuchungen, die auf dem oben vorgestellten Modell aufbauen, wobei speziell das kontraintuitive Ergebnis, dass eine zu gute, objektive Beurteilungsgröße implizite Verträge verhindern kann, genauer hinterfragt wurde. In den Beiträgen von Budde (2007, 2008) kann gezeigt werden, dass es vergleichbare Situationen zu der von BGM (1994) untersuchten gibt, in denen dieses Resultat nicht auftritt. Im weiteren Verlauf der Arbeit sollen auch die wesentlichen Ergebnisse dieser beiden Beiträge, in denen ebenfalls von einem risikoneutralen Agenten ausgegangen wird, vorgestellt werden. Der neue Teil der Untersuchung zur optimalen Anreizgestaltung, wenn der Agent anders als in den Beiträgen von BGM (1994) und Budde (2007, 2008) als risikoscheu angenommen wird, und die daraus gewonnenen neuen Einsichten werden dann in Kap. 4 und 5 dargelegt.

3.2.2 Subjektive Beurteilungsgrößen als Teil einer Balanced Scorecard (BSC)

Anders als BGM (1994) untersucht Budde (2007) den Einsatz nichtverifizierbarer bzw. subjektiver Beurteilungsgrößen zur Anreizgestaltung im Rahmen einer Balanced Scorecard (BSC). Das Konzept der BSC wurde von Kaplan und Norton (1992, 1996) ursprünglich als ein innovatives Kennzahlensystem entworfen und später zu einem strategischen Managementsystem zur Kommunikation und Umsetzung der Unternehmensstrategie weiterentwickelt. Dabei werden ausgehend von der Unternehmensstrategie meist die vier folgenden Perspektiven definiert: finanzielle Perspektive, interne Prozessperspektive, die Lern- und Entwicklungsperspektive und die Kundenperspektive. Für jede Perspektive werden Ziele und Kennzahlen festgelegt, zu deren Erreichung geeignete operative Maßnahmen ergriffen werden müssen. Ein Problembereich bei der Implementierung einer BSC besteht häufig in der Frage, wie diese mit dem Anreizsystem im Unternehmen verknüpft werden soll, um die Interessen der Mitarbeiter bestmöglich mit denen des Unternehmens in Einklang zu bringen. Budde (2007) untersucht diesbezüglich, wie die optimale Anreizgestaltung auf Grundlage formelbasierter Entlohnungsverträge aussehen sollte, inwieweit auch nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen in die Anreizgestaltung einbezogen werden können und welche ökonomischen Effekte sich daraus ergeben. Die Verifizierbarkeit finanzieller Kennzahlen, speziell solcher, die aus dem Jahresabschluss abgeleitet sind, ergibt sich aus den gesetzlichen Prüfungs- und Offenlegungspflichten. Doch bei Kennzahlen der anderen Perspektiven ist anzunehmen, dass diese nicht immer verifizierbar sind, wobei z. B. an Kennzahlen der Kunden- oder Mitarbeiterzufriedenheit zu denken ist.[180] Ähnlich wie BGM (1994) betrachtet Budde (2007) den Einbezug solcher subjektiven Beurteilungsgrößen auf Basis impliziter Verträge, wobei er ebenfalls von dem mehrperiodigen Ansatz mit einem unendlichen Zeithorizont ausgeht (vgl. Abschnitt 3.2.1). Als Ausgangsmodell verwendet Budde (2007) das Multitask-Modell bei technologisch unabhängigen Aktionen von FX (1994) (vgl. Kap. 2.3.2), wobei er allerdings annimmt, dass der Agent risikoneutral sei. Somit sind die aus dem LEN-Ansatz resultierenden Probleme bei mehreren korrelierten Beurteilungsgrößen hier nicht relevant. Jegliche Agency-Kosten können anders als bei Risikoaversion des Agenten nur aus dem Kongruenzproblem resultieren, welches impliziert, dass der Arbeitseinsatz nicht optimal auf die einzelnen Aktionen gelenkt werden kann. Hier ergaben sich, wie bereits erwähnt, Ähnlichkeiten zu dem „Hidden information"-Modell von Baker (1992), auf das auch BGM (1994) aufbauen, da sich dort aufgrund des stochastischen Grenzbeitrages der Arbeitseinsatz des Agenten über die verschiedenen Umweltzustände nicht optimal steuern lässt (vgl. Abschnitte 2.3.1 und 3.2.1). In diesem Zusammenhang interpretiert Budde (2007) die aus der Varianz des Differenz-Grenzbeitrages μ resultierenden Verzerrungen der objektiven Beurteilungsgröße y bei BGM (1994) ebenfalls als Inkongruenz von y bezogen auf die Zielgröße x des Prinzipals. In der von Budde (2007) untersuchten Modellsituation kommt es dann anders als bei BGM (1994) nicht dazu, dass die Kongruenz der verifizierbaren Kennzahlen die Verwendung der subjektiven Kennzahlen einschränkt, wenn explizite und implizite Verträge in Kombination miteinander eingesetzt werden. Die Untersuchung von Budde (2007) wird im Folgenden vorgestellt, wobei auch die Gründe für die unterschiedlichen Ergebnisse im Vergleich zu BGM (1994) aufgezeigt werden sollen.

[180] Vgl. Budde (2007), S. 522.

Modellbeschreibung

Da Budde (2007) das von Feltham/Xie (FX (1994)) entwickelte Modell verwendet, wird zur ausführlichen Modellbeschreibung auf Abschnitt 2.3.2 verwiesen. An dieser Stelle wird nur kurz auf die wichtigsten Variablen und Unterschiede zu den Annahmen von FX (1994) eingegangen. Der Arbeitseinsatz des Agenten ist mehrdimensional: $\boldsymbol{a} = (a_1, \dots, a_n)'$ und die persönlichen Kosten aus dem damit verbundenen Disnutzen sind additiv separierbar und quadratisch: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \frac{1}{2}[a_1^2 + a_2^2 + \cdots + a_n^2]$. Die Zielgröße des Prinzipals, die z. B. den Unternehmenswert darstellen könnte, sei: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a}$, wobei $\boldsymbol{d}$ wieder den Vektor der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen angibt und hier nun angenommen wird, das x nicht stochastisch ist. Sowohl die Aktionen als auch x werden als nichtkontrahierbar angenommen, so dass für die Anreizsetzung des arbeitsaversen Agenten auf andere Beurteilungsgrößen zurückgegriffen werden muss, in diesem Fall auf die in der Balanced Scorecard (BSC) verwendeten Kennzahlen. Der Vektor $\boldsymbol{y}$ der Performancemaße: $\boldsymbol{y} = (y_1, \dots, y_m)'$ umfasst dabei nicht nur kontrahierbare sondern auch nichtverifizierbare BSC-Kennzahlen, wobei alle Maße von allen Aktionen abhängen können. Die Anzahl der Performancemaße m muss nicht mit der Anzahl der Aktionen n übereinstimmen. Bei FX (1994) war der Vektor $\boldsymbol{y}$ definiert als: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{a} + \boldsymbol{\varepsilon}$, wohingegen die Matrix $\boldsymbol{\mu}$ bei Budde (2007) transponiert wird: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a} + \boldsymbol{\varepsilon}$, da er diese Matrix der konstanten Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten $\boldsymbol{\mu}$ umgekehrt zu FX (1994) als $(n \times m)$ –Matrix definiert:

$$\boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \cdots & \mu_{1m} \\ \mu_{21} & \cdots & \cdots & \vdots \\ \vdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \mu_{n1} & \cdots & \cdots & \mu_{nm} \end{pmatrix}$$

Dieser Unterschied setzt sich in den Modellergebnissen fort. Die Störvariablen: ε_p $(für\; p = 1, \dots m)$ werden als normalverteilt angenommen: $\varepsilon_p \sim N(0, \sigma_p^2)$. Die Entlohnung des Agenten erfolgt auf Grundlage eines in den Kennzahlen $\boldsymbol{y}$ linearen Kompensationsvertrages der Form: $s(\boldsymbol{y}) = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{y} = w + v_1 y_1 + v_2 y_2 + \ldots + v_m y_m$ mit dem fixen Bestandteil w und dem Vektor von Beteiligungsraten: $\boldsymbol{v} = (v_1, \dots, v_m)'$. Der erwartete Nutzen des risikoneutralen Agenten beträgt: $EU^A = E(s) - C(\boldsymbol{a})$ und der Prinzipal maximiert seinen erwarteten Nettoüberschuss: $EU^P = x(\boldsymbol{a}) - E(s)$.

Notation im Überblick

$\boldsymbol{a}$-Vektor der Aktionskomponenten des Agenten: $\boldsymbol{a} = (a_1, \ldots, a_n)'$
x- nichtverifizierbare Zielgröße/Bruttonutzen des Prinzipals: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a}$
$\boldsymbol{d}$- Vektor der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen $\boldsymbol{d} = (d_1, \ldots, d_n)'$
$\boldsymbol{y}$- ($m \times 1$)-Vektor von Performancemaßen: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a} + \boldsymbol{\varepsilon}$
$\boldsymbol{\mu}$- ($n \times m$)-Matrix der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen von $\boldsymbol{y}$
$\boldsymbol{\varepsilon}$- ($m \times 1$)-Vektor der normalverteilten Störvariablen mit Erwartungswert null
$C(\boldsymbol{a})$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \frac{1}{2}[a_1^2 + a_2^2 + \cdots + a_n^2]$
$s(\boldsymbol{y})$-Entlohnung des Agenten: $s(\boldsymbol{y}) = w + \boldsymbol{v}'\boldsymbol{y}$
w-Fixgehalt, Fixum
$\boldsymbol{v}$-Vektor der Beteiligungsraten bzw. Prämiensätze: $\boldsymbol{v} = (v_1, \ldots, v_m)'$
$U^A(s, \boldsymbol{a}) -$ Nutzen des risikoneutralen Agenten: $U^A(s, \boldsymbol{a}) = s - C(\boldsymbol{a})$
U^R – Reservatiosnutzen des Agenten

Das Optimierungsproblem des Prinzipals ergibt sich analog zu FX (1994), vgl. Formel (2.88), S. 72, für einen risikoneutralen Agenten wie folgt:

$$\max_{v,a} EU^P = x(\boldsymbol{a}) - E(s) \tag{3.31}$$

$$u.d.N. \quad EU^A = E(s) - C(\boldsymbol{a}) \geq U^R \tag{3.32}$$

$$a \in \operatorname*{argmax}_a EU^A = w + \boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} \tag{3.33}$$

Die optimalen Aktionskomponenten $\boldsymbol{a}$ ermitteln sich aus (3.33) mit:

$$\frac{\partial(EU^A)}{\partial \boldsymbol{a}} = \boldsymbol{\mu v} - \boldsymbol{a} = 0 \quad \rightarrow \boldsymbol{a} = \boldsymbol{\mu v} \tag{3.34}$$

Zur Bestimmung der optimalen Beteiligungsraten $\boldsymbol{v}$ wird die bindende Teilnahmebedingung (3.32) wieder in die Zielfunktion (3.31) eingesetzt, so dass sich das Optimierungsproblem folgendermaßen vereinfacht:

$$\max_v U^P = x(\boldsymbol{a}) - C(\boldsymbol{a}) - U^R = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - U^R \tag{3.35}$$

$u.d.N.$ (3.34)

Nach der Substitution von (3.34) in (3.35) lässt sich aus der Bedingung 1. Ordnung der Vektor der optimalen Beteiligungsraten $\boldsymbol{v^0}$ ähnlich wie bei FX (1994) in (2.92) wie folgt bestimmen (Herleitung siehe Anhang):

$$\boldsymbol{v^0} = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} \tag{3.36}$$

Aus (3.34) ergibt sich der optimale Arbeitseinsatzvektor dann mit: $\boldsymbol{a^0} = \boldsymbol{\mu v^0}$**.** Analog zu FX (1994) definiert Budde (2007) den erwarteten Gesamtüberschuss der Agency-Beziehung ausgehend von Formel (3.35) ohne Berücksichtigung des Reservationsnutzens mit: $\pi \equiv (x(\boldsymbol{a})) - C(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}$ (vgl. (2.85), S. 72). Somit ergibt sich nach Substitution von v^0 gem. (3.36) (vgl. Herleitung im Anhang):

$$\pi(\boldsymbol{v^0}) = \pi^0 = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} \tag{3.37}$$

Zur Formelverkürzung werden die folgenden Variablen definiert:

$$\boldsymbol{\mu^0} \equiv \boldsymbol{\mu v^0} \quad \text{sowie} \quad \boldsymbol{y^0} \equiv \boldsymbol{y}'\boldsymbol{v^0} \tag{3.38}$$

Unter Verwendung von (3.38) und (3.36) lässt sich π^0 in (3.37) folgendermaßen darstellen: $\pi^0 = \pi(\boldsymbol{v^0}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu^0}$**.** Außerdem kann gezeigt werden, dass π^0 zu folgendem Ausdruck äquivalent ist (vgl. Herleitung im Anhang):

$$\pi^0 = \pi(\boldsymbol{v^0}) = \boldsymbol{\mu^0}'\boldsymbol{\mu^0}/\mathbf{2} \tag{3.39}$$

Als **Maß für die Kongruenz** der aggregierten Beurteilungsgröße $\boldsymbol{y^0}$ **(**vgl. (3.38)**)** zur Zielgröße $x(\boldsymbol{a})$ des Prinzipals verwendet Budde (2007) nicht die von Datar/Kulp/Lambert (2001) entwickelte Größe (vgl. (2.100) bzw. (2.104) auf S. 77), sondern definiert ein Maß, das sich an Baker (2000,2002) orientiert. Das Kongruenzmaß ϕ definiert er als das Verhältnis von π^0 (das aus der Verwendung von $\boldsymbol{y^0}$ resultiert) zum First-best-Gesamtüberschuss: π^{FB}. Der First-best-Arbeitseinsatz und der Gesamtüberschuss wurden bereits in dem Modell von FX (1994) hergeleitet und lauten: $\boldsymbol{a^{FB}} = \boldsymbol{d}$ **(**vgl. (2.84)) und $\pi^{FB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}$ (vgl. (2.86), S. 72). Mithin wird die Kongruenz unter Verwendung von $\pi(v^0) = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu^0}$ wie folgt definiert:

$$\phi(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}) = \frac{\pi(\boldsymbol{v^0})}{\pi^{FB}} = \frac{\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu^0}}{\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}} \tag{3.40}$$

Da jegliche Agency-Kosten der Second-best-Lösung bei einem risikoneutralen Agenten nur aus der Inkongruenz der aggregierten Beurteilungsgröße $\boldsymbol{y^0}$ zum Ergebnis x resultieren können, ist diese Rate ein Maß für die Kongruenz von $\boldsymbol{y^0}$. Der Second-best-Gesamtüberschuss kann gem. (3.40) somit als lineare Funktion der Kongruenz dargestellt werden: $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$. Nach der Definition der Kongruenz setzt sich Budde (2007) intensiver mit den **Eigenschaften**

einer BSC auseinander, um diese dann entsprechend im Modell zu berücksichtigen. Auf die Forderung von Kaplan und Norton nach einer „Scorecard" die „ausgeglichen" (engl.: „balanced") sein sollte, basiert Budde seine Definition für die „**Ausgeglichenheit**" des im Modell untersuchten Beurteilungssystems. Demnach ist das System der Beurteilungsgrößen $\boldsymbol{y}$ „ausgeglichen" hinsichtlich x, wenn es kein Maß y_p $(mit\, p = 1, \dots m)$ enthält, das über die Aktionsniveaus $\boldsymbol{a}$ beeinflusst werden kann, ohne damit gleichzeitig entweder x oder ein anderes Maß ebenfalls zu verändern. Außerdem sollte die Anzahl der in der BSC verwendeten Kennzahlen auf das nötige Minimum beschränkt sein, wobei diese Forderung über die Definition von „**Minimalität**" berücksichtigt wird: Das System der Beurteilungsgrößen $\boldsymbol{y}$ ist minimal, wenn die Matrix der Sensitivitäten $\boldsymbol{\mu}$ vollen Rang m besitzt. Darüber wird sichergestellt, dass die Vektoren der Sensitivitäten der Performancemaße linear unabhängig voneinander sind und die Anzahl der Performancemaße m nicht größer als die Anzahl der Aktionen n sein kann. Wenn ein Beurteilungssystem $\boldsymbol{y}$ die Definitionen von „Ausgeglichenheit" und „Minimalität" gleichermaßen erfüllt, wird die Anzahl der Beurteilungsgrößen in der Regel der Anzahl der Aktionen entsprechen ($m = n$), so dass gem. Satz 2.11 (vgl. Abschnitt 2.3.2, S. 78) das First-best-Ergebnis erzielt werden kann.

Satz 3.5 ***(****Budde (2007), Prop. 1, S. 521)*

Wenn der Vektor der Beurteilungsgrößen $\boldsymbol{y}$ *bezogen auf die Zielgröße x des Prinzipals „ausgeglichen" ist, dann gelten die folgenden Aussagen:*

1) *Die First-best-Lösung kann über einen linearen Vertrag basierend auf y erreicht werden.*
2) *Wenn y minimal ist, dann werden alle Kennzahlen mit einer von null verschiedenen Beteiligungsrate im optimalen Vertrag berücksichtigt.*

Wenn alle in einer „ausgeglichenen" Balanced Scorecard (BSC) verwendeten Kennzahlen verifizierbar wären, könnte über eine entsprechende optimale Gewichtung das Kongruenzproblem vollständig vermieden und sogar die First-best-Lösung erreicht werden. Im Umkehrschluss folgt daraus, dass, wenn nicht alle Kennzahlen in $\boldsymbol{y}$ kontrahierbar sein sollten, man mit einem expliziten Vertrag nicht die First-best-Lösung implementieren kann. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob der nichtverifizierbare Anteil der BSC in anderer Weise für Anreizeffekte genutzt werden kann. Um das zu prüfen, verwendet Budde (2007) den Mehrperioden-Ansatz von BGM (1994) und nimmt ebenso an, dass das ursprünglich einperiodige Spiel unendlich oft wiederholt wird (vgl. Abschnitt 3.2.1). Er untersucht, inwieweit subjektive Belohnungen (in Form von Bonuszahlungen) auf Basis nichtverifizierbarer Kennzahlen zur Verbesserung des formalen Vertrages dienen können. Dabei geht er ebenso wie BGM (1994) davon aus, dass beide Akteure Trigger-Strategien spielen, also solange kooperieren bis einer von ihnen den Vertrag bricht und danach nie wieder kooperiert wird. Die Rückzugspositionen des Prinzipals nach einem Bruch der impliziten Vereinbarung sind wieder entweder eine Fortführung der Kooperation auf Basis des rein expliziten Vertrages, sofern dieser für sich allein effektiv ist, oder andernfalls die Unternehmensstilllegung. Es wird angenommen, dass $\boldsymbol{y}$ „ausgeglichen“ (vgl. Satz 3.5) sei und sich der implizite bzw. relationale Bonusvertrag nicht nur auf die nichtverifizierbaren sondern auch auf die verifizierbaren Maße erstrecken kann, so dass sich dieser Bonusvertrag dann auf eine aggregierte Beurteilungsgröße bezieht, die ähnlich wie im Modell von BGM (1994) vollständig kongruent zum Ergebnis x des Prinzipals ist. Da im relationalen Vertrag neben der Bonuszahlung auch noch eine Zielvorgabe festgelegt werden muss, ab deren Erreichen der Bonus gezahlt wird, wäre das Erreichen der Zielvorgabe bei stochastischen Beurteilungsgrößen mit Unsicherheit verbunden, wodurch die Glaubwürdigkeit der Bonuszahlung beeinflusst werden würde. Darum werden die Performancemaße im Folgenden als perfekt präzise angenommen: $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a},$ so dass der vom Mitarbeiter geleistete Beitrag zum Unternehmenswert praktisch beobachtbar ist. Zuerst soll allerdings der rein explizite bzw. formale Vertrag betrachtet werden, der sich nur auf die verifizierbaren Beurteilungsgrößen bezieht.

Rein expliziter Vertrag

Zur Unterscheidung der verifizierbaren Kennzahlen wird die Notation angepasst, so dass nun $\boldsymbol{y}_v$ den Vektor der verifizierbaren Kennzahlen bezeichnet. Für diese Teilmenge der BSC-Kennzahlen gilt: $l \leq m$ und $\boldsymbol{\mu}_v$ ist die $(n \times l)$-Matrix der Sensitivitäten. Die in (3.36)-(3.38) hergeleiteten Ergebnisse für den Second-best-Vertrag werden nun wie folgt auf den rein formalen Vertrag angewendet: $\boldsymbol{\mu}^{\mathbf{0}} \equiv \boldsymbol{\mu}_v\, \boldsymbol{v}^{\mathbf{0}} = \boldsymbol{\mu}_v(\boldsymbol{\mu}_v{}'\boldsymbol{\mu}_v)^{-\mathbf{1}}\boldsymbol{\mu}_v{}'\boldsymbol{d}$ (gem. (3.38) und (3.36)) und mithin: $\pi^0 = \pi(v^0) = \boldsymbol{\mu}^{\mathbf{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\mathbf{0}}/\mathbf{2}$ (siehe (3.39)). Die in (3.40) definierte Kongruenzkennzahl $\phi(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}_v)$ wird bezogen auf $\boldsymbol{\mu}_v$ vereinfachend mit ϕ bezeichnet, so dass: $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$ und keine weitere Anpassung der Notation nötig ist. Der rein explizite Vertrag ist in der folgenden Analyse v. a. als Rückzugsposition des Prinzipals nach einem möglichen Vertragsbruch bedeutsam. Da sich die Untersuchung v. a. auf Kongruenzaspekte konzentriert, soll die Notation für den rein expliziten Vertrag im Folgenden in Abhängigkeit von der Kongruenz angegeben werden. Ein rein expliziter Vertrag steht als Rückzugsposition zur Verfügung, sofern er mit einem positiven Nutzen für den Prinzipal verbunden ist: $U^P = x(\boldsymbol{a}) - C(\boldsymbol{a}) - U^R \geq 0$ (siehe (3.35)). Nach Substitution von $\pi = x(\boldsymbol{a})) - C(\boldsymbol{a})$ reduziert sich die Formel für den rein formalen Vertrag zu: $U^P = \pi^0 - U^R \geq 0$. Durch Einsetzen von: $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$ (siehe (3.40)) lässt sich diese Ungleichung folgendermaßen umstellen:

$$\phi \geq \frac{U^R}{\pi^{FB}} \equiv \hat{\phi} \tag{3.41}$$

Sofern die Kongruenz ϕ größer ist als der Schwellenwert: $\hat{\phi} = \frac{U^R}{\pi^{FB}}$, ist der rein formale Vertrag effektiv und bildet die Rückzugsposition des Prinzipals nach einer möglichen Bonusverweigerung. Für $\phi < \hat{\phi}$ bleibt dem Prinzipal dagegen nur die Unternehmensstilllegung. Die optimale Anreizgestaltung wird nachfolgend unter Beachtung beider Rückzugspositionen bestimmt. Dazu wird zuerst die First-best-Lösung auf Basis eines rein impliziten Vertrages und anschließend bei Verwendung einer Kombination aus einem impliziten und expliziten Vertrag, der hier auch als „hybrider" Vertrag bezeichnet wird, hergeleitet. Außerdem ermittelt Budde (2007) den optimalen hybriden Vertrag, wenn die First-best-Lösung nicht erreicht werden kann und der deswegen hier als „Second-best-Lösung des hybriden Vertrages" terminiert wird.

First-best-Lösung basierend auf einem rein impliziten Vertrag

Um die First-best-Lösung zu implementieren, macht der Prinzipal die Gewährung des Bonus, B, vom Erreichen des First-best-Ergebnisses x^{FB} abhängig, welches der Agent nur erzielen kann, wenn er die First-best-Aktionen wählt. Die Zielvorgabe T (für engl.: target) lautet mithin: $T = x^{FB} = d'a^{FB}$ und der Entlohnungsvertrag für den Agenten hat folgende Struktur:

$$s = w + \begin{cases} B \; wenn \; x \geq T = x^{FB} \\ 0 \; ansonsten \end{cases}$$

Die Höhe der Entlohnung wird so festgelegt, dass die Teilnahmebedingung des Agenten (vgl. (3.32)): $EU^A = E(s) - C(a^{FB}) \geq U^R$ erfüllt ist, so dass: $w + B \geq U^R + C(a^{FB})$. Somit gilt für die Bonuszahlung:

$$B \geq C(\boldsymbol{a^{FB}}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} \equiv \bar{B} \tag{3.42}$$

Zur Erhöhung der Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages muss die Bonuszahlung so niedrig wie möglich angesetzt werden, so dass $B = \bar{B}$ und der Reservationsnutzen des Agenten wird über die fixe Komponente ausgeglichen: $w = U^R$. Der Agent leistet $\boldsymbol{a^{FB}}$ und der Netto-Nutzen des Prinzipals (vgl. (3.35)) beträgt mithin: $U^{FB} = \pi^{FB} - U^R$. Allerdings ist hier wie bei BGM (1994) das Problem, dass der Prinzipal im Nachhinein die Bonuszahlung verweigern könnte. Damit er es nicht tut, muss der insgesamt zu erwartende Netto-Nutzen für den Prinzipal bei einer Bonuszahlung mindestens so hoch sein, wie wenn der Prinzipal den Bonus unberechtigt einmalig verweigert und damit keine weitere Kooperation auf Grundlage des impliziten Vertrages möglich ist. Somit ist bei der **Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages** (d. h. bei: $\phi \geq \hat{\phi}$) der implizite Vertrag nur selbstdurchsetzend, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\pi^{FB} - U^R + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\pi^{FB} - U^R}{(1+i)^t} \geq \pi^{FB} - U^R + \bar{B} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\pi^0 - U^R}{(1+i)^t} \tag{3.43}$$

Auf der linken Seite in (3.43) sind die Überschüsse des Prinzipals bei Vertragseinhaltung und auf der rechten Seite die bei einem Vertragsbruch angegeben, wobei der Überschuss der aktuellen Periode $\pi^{FB} - U^R$ noch um die einbehaltene Bonuszahlung $\bar{B}$ erhöht wird. Neben dem Überschuss der aktuellen Periode berücksichtigt der Prinzipal den Barwert der erwarteten Netto-Überschüsse je Periode bei einer Fortführung des impliziten Vertrages: $\pi^{FB} - U^R$ bzw. der Netto-Überschüsse aus dem rein expliziten Vertrag: $\pi^0 - U^R$, der dann nach einem Vertragsbruch nur noch möglich ist. Für den Diskontierungszinssatz des Prinzipals wurde wie bei BGM (1994) die Variable i verwendet. Die Ungleichung in (3.43) wird analog zu Abschnitt 3.2.1 wieder als Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung bezeichnet. Diese vereinfacht sich unter Verwendung der Barwertformel einer unendlichen Rente: $1/i$ zu:

$$\frac{\pi^{FB} - \pi^0}{i} \geq \bar{B} \ \ wenn \ \ \phi \geq \hat{\phi} \tag{3.44}$$

Nach Substitution von: $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$ (vgl. (3.40)) und: $\bar{B} = \frac{1}{2}d'd = \pi^{FB}$ (vgl. (3.42)) in die GW-Bedingung in ((3.44)) kann man diese nach dem größtmöglichen Diskontierungszinssatz i des Prinzipals, bis zu dem der implizite First-best-Vertrag realisierbar ist, umstellen:

$$(1 - \phi) \geq i \ \ wenn \ \ \phi \geq \hat{\phi} \tag{3.45}$$

Wenn ein rein expliziter Vertrag dagegen nicht effektiv ist (d. h. bei $\phi < \hat{\phi}$), ist die **Rückzugsposition des Prinzipals nur die Unternehmensstilllegung**. In der Ungleichung in (3.43) entfällt dann der Barwert der Nettoüberschüsse aus dem rein expliziten Vertrag auf der rechten Seite, so dass sich die GW-Bedingung dann wie folgt darstellt:

$$\frac{\pi^{FB} - U^R}{i} \geq \bar{B} \ \ \ wenn \ \ \phi < \hat{\phi} = \frac{U^R}{\pi^{FB}} \tag{3.46}$$

Somit ergibt sich nach Einsetzen von $U^R = \hat{\phi}\pi^{FB}$ (vgl.(3.41)) und $\bar{B} = \pi^{FB}$ in (3.46) der maximal mögliche Diskontierungssatz des Prinzipals mit:

$$\left(1-\hat{\phi}\right) \geq i \;\; wenn \;\; \phi < \hat{\phi} \tag{3.47}$$

Die Ergebnisse in (3.45) und (3.47) werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 3.6 *(Budde (2007), Prop. 2, S. 526) Die First-best-Lösung kann mit Hilfe subjektiver Belohnungen basierend auf einer Balanced Scorecard (BSC) erreicht werden, wenn der Diskontierungszinssatz i des Prinzipals kleiner ist als ein bestimmter Schwellenwert:*

$$\bar{\imath} = \begin{cases} 1-\phi \;\; wenn \; \phi \geq \hat{\phi} \\ 1-\hat{\phi} \;\; wenn \; \phi < \hat{\phi} \end{cases}$$

Dieses Resultat stimmt mit den Ergebnissen von BGM (1994) (vgl. Satz 3.1, S. 98) überein. Bei $\phi \geq \hat{\phi}$ verhindert eine zu hohe Kongruenz der verifizierbaren Kennzahlen den impliziten Vertrag (sofern $\phi > 1 - i$), da die Rückzugsposition des Prinzipals dann zu gut wird. Ebenso ist bei BGM (1994) der First-best-Vertrag mit $v_x^{**} = 1$ nicht möglich ist, wenn die Varianz des Differenz-Grenzbeitrages zu gering ist, d. h. bei $\sigma_\mu^2 \leq \frac{2ci}{1-2ci}$ (siehe (3.25)), was vergleichbar ist mit einer zu hohen Kongruenz des objektiven Maßes y. Sofern aber kein formaler Vertrag als Rückzugsposition möglich ist (d. h. bei $\phi < \hat{\phi}$), ist die Glaubwürdigkeit der Bonuszahlung unabhängig von der Kongruenz der verifizierbaren Kennzahlen. Dann hängt die Implementierbarkeit der First-best-Lösung vom Reservationsnutzen des Agenten ab. In beiden Fällen verhindert ein zu hoher Diskontierungssatz das Zustandekommen des relationalen Vertrages, so dass ein zu ungeduldiger Prinzipal die Leistung der Bonuszahlung nicht glaubwürdig versichern kann. Aufgrund der hier verwendeten Modellstruktur, bei der über das aus verifizierbaren und nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen bestehende BSC-Kennzahlensystem y vollständige Kongruenz zum Ergebnis x des Prinzipals erzielt werden kann, ist es jetzt anders als bei BGM (1994) möglich, die First-best-Lösung auch noch über einen hybriden Vertrag zu erreichen, was im Folgenden vorgestellt werden soll.

First-best-Lösung basierend auf einem hybriden Vertrag

Die Gesamtentlohnung des Agenten bei Verwendung eines hybriden Vertrages besteht aus einem fixen Anteil w, einer variablen Vergütung auf Basis der verifizierbaren Performancemaße und einem Bonus B des impliziten Vertrages, der bei Erreichen der Zielvorgabe T gezahlt wird:

$$s = w + \boldsymbol{y}_v'\boldsymbol{v_v} + \begin{cases} B \; wenn \; \boldsymbol{\hat{y}}'\boldsymbol{v} = \boldsymbol{a}'\boldsymbol{\mu v} \geq T \\ 0 \; andernfalls \end{cases}$$

Um die First-best-Lösung zu erreichen, wird die subjektive Belohnung B nicht vom Ergebnis x des Prinzipals, das z. B. den Unternehmenswert darstellen könnte, als Ganzes abhängig gemacht (so wie bei BGM (1994)). Stattdessen kann sie auch nur auf einer Teilmenge von Performancemaßen beruhen, v. a. auf denen, die nicht im expliziten Vertrag enthalten sind. Der implizite Vertrag muss demzufolge auf einem Kennzahlen-Index beruhen, über den sichergestellt wird, dass der Agent die First-best-Aktionskomponenten wählt. Das ist möglich, wenn die Annahme der „Ausgeglichenheit" des BSC-Kennzahlensystems $\boldsymbol{y}$ erfüllt ist (vgl. Satz 3.5). Der Index der im relationalen Vertrag verwendeten Beurteilungsgrößen wird jetzt mit $\boldsymbol{\hat{y}}'\boldsymbol{v}$ bezeichnet. Zur Berechnung der optimalen Bonushöhe wird zuerst der Erwartungsnutzen des Agenten mit und ohne Bonuszahlung ermittelt. Wenn der Agent auf den relational vereinbarten Bonus verzichtet, maximiert er seinen Erwartungsnutzen entsprechend dem formalen Vertrag (siehe (3.33)) und wählt als optimale Aktionskomponenten: $\boldsymbol{a_v} = \boldsymbol{\mu_v v_v}$ (vgl.(3.34)), so dass sich durch Substitution von $\boldsymbol{a_v}$ in (3.33) und nach Anpassung der Notation der folgende Erwartungsnutzen ergibt:

$$EU^A(a_v) = w + \frac{1}{2}\boldsymbol{v_v}'\boldsymbol{\mu_v}'\boldsymbol{\mu_v v_v} \tag{3.48}$$

Wenn der Agent dagegen den Bonus erhalten möchte, beachtet er bei der Maximierung seines Erwartungsnutzens, dass er mindestens die Zielvorgabe $T = a'\mu v$ erreichen muss, so dass sich sein Optimierungsproblem folgendermaßen darstellt:

$$\max_{\boldsymbol{a}} EU^A = w + B + (\boldsymbol{\mu_v}'\boldsymbol{a})'\boldsymbol{v_v} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} \tag{3.49}$$

$$u.d.N. \qquad \boldsymbol{a}'\boldsymbol{\mu v} \geq T$$

Die Lösung mittels Lagrangefunktion ergibt den optimalen Arbeitseinsatz:

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{\mu_v v_v} + \lambda\boldsymbol{\mu v} \tag{3.50}$$

Die Vertragsparameter: $\boldsymbol{v_v}$**,** $\boldsymbol{v}$ und T können jetzt so gewählt werden**,** dass der First-best-Arbeitseinsatz induziert wird. (Das resultiert aus den Annahmen, dass (1.) das Kennzahlensystem $\boldsymbol{y}$ ausgeglichen ist und sich (2.) der implizite Vertrag prinzipiell auf alle in $\boldsymbol{y}$ enthaltenen Beurteilungsgrößen (nicht nur die subjektiven) beziehen kann). Der erwartete Nutzen des Agenten ergibt sich dann nach Substitution von $\boldsymbol{a^{FB}} = \boldsymbol{d}$ in die in (3.49) angegebene Zielfunktion mit:

$$EU^A(a^{FB}) = w + B + \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu_v v_v} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} \tag{3.51}$$

Die Höhe der nötigen Bonuszahlung für den Agenten resultiert aus einem Vergleich der Erwartungsnutzen bei Wahl des First-best-Aktionsniveaus und Erhalt der Bonuszahlung (siehe (3.51)) mit dem Erwartungsnutzen, wenn die Aktionskomponenten $\boldsymbol{a_v}$ geleistet werden und der Agent somit auf den Bonus verzichtet (vgl. (3.48)).[181] Die Bonuszahlung fungiert hier als Kompensation für die First-best-Aktivitätskomponenten im Vergleich zu den weniger erwünschten Aktionskomponenten $\boldsymbol{a_v}$ und ergibt sich aus der Ungleichung (3.51) ≥ (3.48) wie folgt:

$$B \geq \frac{1}{2}\boldsymbol{v_v}'\boldsymbol{\mu_v}'\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} - \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} + \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} \equiv \hat{B} \tag{3.52}$$

Zur Erhöhung der Glaubwürdigkeit muss der Bonus wieder minimiert werden, so dass die Entlohnung aus dem expliziten Vertrag so hoch wie möglich angesetzt werden sollte. Das wird erreicht, wenn für $\boldsymbol{v_v}$ die optimale Beteiligungsrate des rein expliziten Vertrages verwendet wird, so dass: $\boldsymbol{v_v} = \boldsymbol{v^0}$. Die Höhe der optimalen Bonuszahlung ermittelt sich durch Substitution von $\boldsymbol{v_v} = \boldsymbol{v^0}$ (vgl. (3.36)) sowie $\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} = \boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v^0} = \boldsymbol{\mu^0}$ (vgl. (3.38)) und unter Berücksichtigung von $\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu^0} = \boldsymbol{\mu^0}'\boldsymbol{\mu^0}$ (siehe (3.37)- (3.39)) in die Gleichung für $\hat{B}$ in (3.52) wie folgt (siehe Herleitung im Anhang):

$$\hat{B} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{\mu^0}'\boldsymbol{\mu^0} = \pi^{FB} - \pi^0 \tag{3.53}$$

Der zu zahlende Bonus entspricht damit genau der Differenz aus dem First-best- Gesamtüberschuss der Agency-Beziehung und dem Gesamtüberschuss auf Basis des expliziten Vertrages. Um sicherzustellen, dass $\boldsymbol{a^{FB}} = \boldsymbol{d}$ gewählt wird, müssen die Zielvorgabe $T = \boldsymbol{a}'\boldsymbol{\mu v}$ und die Beteiligungsrate $\boldsymbol{v}$ so angesetzt werden, dass gem. (3.50) gilt:

$$\begin{aligned} & \boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} = \lambda\boldsymbol{\mu v} \\ \leftrightarrow\ & \boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v^0} = \lambda\boldsymbol{\mu v} \\ \leftrightarrow\ & \boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu^0} = \lambda\boldsymbol{\mu v} \end{aligned} \tag{3.54}$$

Die Gleichung in (3.54) ist so ähnlich wie die Bedingung in Satz 2.11, S. 78 (Abschnitt 2.3.2), die zur Vermeidung eines Kongruenzverlustes erfüllt sein muss:

$$\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\mu v}$$

Hier wird die Matrix der Grenzbeiträge der Performancemaße $\boldsymbol{\mu}$ durch die Wahl der optimalen Beteiligungsraten bzw. Gewichte $\boldsymbol{v}$ so kombiniert, dass der Vektor der Grenzbeiträge des Ergebnisses $\boldsymbol{d}$ des Prinzipals exakt erzeugt wird. Bei Budde (2007) wird im relationalen Ver-

[181] Der Vergleich der Erwartungsnutzen und die Bestimmung des optimalen Bonus ist hier anders als bei BGM (1994) unabhängig von der Rückzugsposition des Prinzipals.

trag dagegen nicht $\boldsymbol{d}$, sondern der Differenzvektor aus $\boldsymbol{d}$ und dem Vektor der aggregierten Beurteilungsgröße der verifizierbaren Maße $\boldsymbol{\mu_v v^0}$ linear erzeugt:

$$\boldsymbol{d - \mu_v v^0 = \mu v}$$

Die subjektive Belohnung wird hier zur Ergänzung des expliziten Vertrages eingesetzt, so dass insgesamt die First-best-Aktionskomponenten angereizt werden können.[182] Dadurch lässt sich die Bonuszahlung auf ein Minimum reduzieren, um so die größtmögliche Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages zu erreichen. Die Glaubwürdigkeit(GW)-Bedingung zur Sicherstellung, dass der implizite Vertrag selbstdurchsetzend ist, gestaltet sich bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages, also $\phi \geq \hat{\phi}$, analog zu (3.43) und (3.44) wie folgt:

$$\frac{\pi^{FB} - \pi^0}{i} \geq \hat{B} \quad f\text{ür:}\ \phi \geq \hat{\phi} \tag{3.55}$$

Die Substitution von $\hat{B} = \pi^{FB} - \pi^0$ (vgl. (3.53)) und $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$ (vgl. (3.40)) in die GW-Bedingung in (3.55) führt zu der Bedingung: $i \leq 1$. Die GW-Bedingung bei der Rückzugsposition Unternehmensstilllegung ist nahezu identisch zu (3.46), mithin:

$$\frac{\pi^{FB} - U^R}{i} \geq \hat{B} \quad f\text{ür:}\ \phi < \hat{\phi} = \frac{U^R}{\pi^{FB}} \tag{3.56}$$

Hier wird ebenfalls der Bonus $\hat{B}$ gem. (3.53) und $U^R = \hat{\phi}\pi^{FB}$ (vgl. (3.41)) in (3.56) eingesetzt, so dass sich die Bedingung folgendermaßen umstellen lässt: $i \leq \frac{(1-\hat{\phi})}{(1-\phi)}$. Somit können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden:

Satz 3.7 *(Budde (2007), Prop. 3, S. 527): Die First-best-Lösung wird durch einen hybriden Vertrag basierend auf einer Balanced Scorecard erreicht, wenn der Diskontierungszinssatz des Prinzipals kleiner ist als ein bestimmter Schwellenwert:*

$$\breve{i} = \begin{cases} 1 \ \ wenn\ \ \phi \geq \hat{\phi} \\ \dfrac{1-\hat{\phi}}{1-\phi}\ \ wenn\ \ \phi < \hat{\phi}. \end{cases}$$

Im Vergleich zu Satz 3.6 wird die First-best-Lösung hier für einen breiteren Bereich an möglichen Diskontierungsfaktoren des Prinzipals möglich, denn während beim rein relationalen Vertrag die Bonuszahlung: $\bar{B} = \frac{1}{2}d'd = \pi^{FB}$ (vgl. (3.42)) betrug, verringert sie sich nun auf $\hat{B} = \pi^{FB} - \pi^0$ (vgl. (3.53)). Das Resultat in Satz 3.7 unterscheidet sich von BGM (1994), da hier die Kongruenz der verifizierbaren Kennzahlen nicht die Verwendung subjektiver Beloh-

[182] Für die verifizierbaren Kennzahlen wird der Prinzipal in der Regel jeweils zwei verschiedene Beteiligungsraten vorgeben, sowohl die in $\boldsymbol{v^0}$ festgelegten Raten für den expliziten Vertrag als auch die in $\boldsymbol{v}$ enthaltenen Gewichte für die Zielvorgabe der impliziten Vereinbarung.

nungen beschränkt, auch nicht, wenn die Rückzugsposition des Prinzipals ein formaler Vertrag ist ($\phi \geq \hat{\phi}$). Bei BGM (1994) ist ein impliziter Bonus nicht möglich, d. h.: $v_x^{**} = 0$, wenn der Parameter μ des verifizierbaren Performancemaßes nur eine sehr geringe Varianz besitzt, so dass das Performancemaß nur wenig verzerrt und somit nahezu kongruent ist. In dem Fall können explizite Verträge das Zustandekommen impliziter Verträge verhindern (vgl Satz 3.1). Der Grund für den Unterschied liegt darin, dass die subjektive Belohnung $\hat{B}$ im Gegensatz zum Modell von BGM (1994) und anders als in Satz 3.6 nicht auf x beruhen muss. Die First-best-Lösung kann nicht nur über einen rein impliziten Vertrag erreicht werden, sondern auch durch eine Kombination aus dem expliziten und dem relationalen Vertrag, wobei sich letzterer auf den Teil der First-best-Aktionsniveaus bezieht, der nicht über den formalen Vertrag angereizt werden kann und auch nur diese Differenz kompensiert werden muss: $\boldsymbol{a^{FB} - a^0 = d - \mu_v v^0}$**.** Dieser Unterschiedsbetrag kann mit Hilfe der Kongruenz ϕ ausgedrückt werden. Im Vergleich zu einem rein impliziten Vertrag reduziert sich der Bonus um den Faktor $1 - \phi$ (vgl. $\bar{B} = \pi^{FB}$ gem. (3.42) und $\hat{B} = \pi^{FB} - \pi^0$ gem. (3.53) sowie: $\pi^0 = \phi\pi^{FB}$), so dass der kritische Diskontierungssatz gerade um den Faktor $1/(1 - \phi)$ steigt und $\breve{\iota} = 1$ somit nicht von der Kongruenz abhängt. Wenn die Rückzugsposition des Prinzipals aber kein expliziter Vertrag ist ($\phi < \hat{\phi}$), verbessert die Kongruenz ähnlich wie bei BGM (1994) die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages und der maximal mögliche Diskontierungssatz erhöht sich: $\frac{\partial \breve{\iota}}{\partial \phi} > 0$.

Second-best-Lösung des hybriden Vertrages

Für die Fälle, in denen der Diskontierungsfaktor die in Satz 3.7 angegebene kritische Schwelle übersteigt[183], kann zwar die First-best-Lösung nicht mehr erreicht werden, aber dennoch führt ein realisierbarer hybrider Vertrag zu einer besseren Lösung als der rein explizite Vertrag. Dies soll im Folgenden nur in ganz knapper Form wiedergegeben werden, wobei auf die Herleitung der Resultate verzichtet wird. Da nun der First-best-Arbeitseinsatzvektor nicht mehr induziert werden kann, muss neben der optimalen Bonushöhe auch noch der Vektor der optimalen Aktionen ermittelt werden. Der optimale Bonus bestimmt sich wieder aus einem Vergleich der Erwartungsnutzen des Agenten bei Verzicht und mit Bonuszahlung und ist abhängig von dem Vektor der optimalen Aktionsniveaus. Diesen optimalen Aktionenvektor berechnet man aus dem Optimierungsproblem des Prinzipals, bei dem neben der Teilnahmebe-

[183] Ein Diskontierungszinssatz von $\breve{\iota} = 100\%$ mag auf den ersten Blick als äußerst hoch angesehen werden, aber das unendlich oft wiederholte Spiel kann man auch als ein Spiel mit einem unsicheren Ende interpretieren und dann impliziert der Abzinsungsfaktor i nicht nur den Diskontierungszinssatz sondern berücksichtigt auch das Insolvenzrisiko des Unternehmens.

dingung (vgl.(3.32)) noch die jeweiligen Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingungen analog zu (3.55) und (3.56) (allerdings nicht für π^{FB} sondern für: $\pi^{h} \leq \pi^{FB}$) beachtet werden müssen. Für beide GW-Bedingungen ergibt sich aus der Bedingung erster Ordnung der Lagrangefunktion derselbe Vektor $\boldsymbol{a}$ wie folgt:

$$\boldsymbol{a} = \kappa\boldsymbol{\mu}^{\mathbf{0}} + (1-\kappa)\boldsymbol{d} \qquad \text{wobei: } \kappa \equiv \frac{\lambda i}{i+\lambda+\lambda i} \tag{3.57}$$

In (3.57) bezeichnet λ den Lagrange-Multiplikator der GW-Nebenbedingung. Auf Basis von $\boldsymbol{a}$ (vgl. (3.57)) ermittelt sich die optimale Bonushöhe B^{a} folgendermaßen:

$$B^{a} = (1-\kappa^{2})(\pi^{FB} - \pi^{0}) \tag{3.58}$$

Davon ausgehend wird „Proposition 4“ bewiesen, die im nachfolgenden Satz wiedergegeben wird:

Satz 3.8 *(Budde (2007), Prop. 4, S. 529): Der optimale hybride Vertrag basierend auf einer Balanced Scorecard hat die folgenden Eigenschaften:*

1. *Der explizite Vertrag ist identisch zu dem optimalen, rein expliziten Vertrag.*
2. *Die induzierte Aktion ist eine Konvexkombination aus der First-best-Aktion und der von dem rein expliziten Vertrag induzierten Aktion.*
3. *Ein glaubwürdiger hybrider Vertrag existiert, wenn der Diskontierungszinssatz des Prinzipals kleiner ist als ein bestimmter Schwellenwert:*

$$\tilde{\imath} = \begin{cases} \infty \quad wenn \quad \phi \geq \hat{\phi} \\ \dfrac{(1-\hat{\phi})}{(\hat{\phi}-\phi)} \quad wenn \quad \phi < \hat{\phi}. \end{cases}$$

Ebenso wie in Satz 3.7 verhindert hier die Kongruenz der verifizierbaren Beurteilungsgrößen anders als bei BGM (1994) den impliziten Vertrag auch bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages nicht, weil der Bonus an eine verbesserte Kongruenz durch eine Reduzierung entsprechend angepasst wird (vgl. (3.58)). Mit abnehmender Glaubhaftigkeit des impliziten Vertrages (entweder durch steigende Kongruenz oder aufgrund eines steigenden Diskontierungssatzes) werden die induzierten Aktionskomponenten von dem First-best-Aktionsniveau immer weiter in Richtung der Second-best-Aktionen des rein formalen Vertrages angepasst (vgl. (3.57)). Dadurch verringert sich die nötige Bonuszahlung. Der Bonus kann unendlich klein werden und ist damit immer glaubwürdig, sofern der Prinzipal nicht unendlich ungeduldig ist. Wenn ein rein expliziter Vertrag für sich allein nicht effektiv ist und somit keine Rückzugsposition darstellt, verbessert die Kongruenz der verifizierbaren Maße den Wohlstand und die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Das stimmt mit den Resultaten von BGM (1994) überein (vgl. Satz 3.3 und Satz 3.4), da dadurch nicht die Rückzugsposition des Prinzipals im Fall eines Vertragsbruchs verbessert wird.

Abschließende Beurteilung

Budde (2007) analysiert die Anreizgestaltung mittels einer Balanced Scorecard (BSC) unter Verwendung des Multitask-Modells von FX (1994), allerdings für einen risikoneutralen Agenten, so dass nur das Kongruenzproblem aber nicht das der optimalen Risikoteilung relevant ist. Unter den von Budde (2007) getroffenen Annahmen, speziell der „Ausgeglichenheit“ der BSC entspricht die Anzahl der Kennzahlen in der Regel der Anzahl der Aktionen, so dass über das BSC-Beurteilungssystem perfekte Kongruenz und damit die First-best-Lösung erzielt wird. Wenn einige der BSC-Kennzahlen dagegen nicht verifizierbar sind, kann über einen expliziten Vertrag auf Basis der verifizierbaren Maße nicht mehr die First-best-Lösung erreicht werden, weswegen Budde (2007) den kombinierten Einsatz von expliziten und impliziten Verträgen als so terminierten „hybriden“ Vertrag prüft. Dazu verwendet er den mehrperiodigen Ansatz von BGM (1994) und untersucht die Eigenschaften und Realisierbarkeit eines hybriden Vertrages in einer Situation, in der wie bei BGM (1994) das ursprünglich einperiodige Spiel unendlich oft wiederholt wird, beide Akteure Trigger-Strategien spielen und als Rückzugspositionen des Prinzipals ein rein formaler Vertrag oder eine Unternehmensstilllegung betrachtet werden. Somit wird berücksichtigt, dass der hybride Vertrag nur zustande kommt, also selbstdurchsetzend ist, wenn der zukünftige Nutzen eines fortgeführten hybriden Vertrages für den Prinzipal größer ist als die einmalige Einsparung der Bonuszahlung bei einem Vertragsbruch. Anders als bei BGM (1994) beeinträchtigt hier die Effektivität des rein expliziten Vertrages, die maßgeblich von der Kongruenz der aggregierten Beurteilungsgröße auf Basis der verifizierbaren Kennzahlen zum Unternehmensergebnis x abhängt, nicht die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, wenn der rein explizite Vertrag die Rückzugsposition bildet. Die Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse liegt darin, dass sich bei Budde (2007) der implizite Vertrag nicht nur auf ein subjektives, perfekt kongruentes Performancemaß, sondern auf alle BSC-Kennzahlen (nicht nur die subjektiven, sondern auch die verifizierbaren) bezieht und darüber perfekte Kongruenz zur Zielgröße des Prinzipals hergestellt werden kann. Zudem wird dieser relationale Vertrag nur zur Ergänzung des formalen Vertrages eingesetzt (wobei aber angenommen werden muss, dass alle Performancemaße perfekt präzise sind), wodurch die implizite Bonuszahlung an die Kongruenz des formalen Vertrages angepasst werden kann. Aus seinem Untersuchungsergebnis schlussfolgert Budde (2007), dass bei der möglichen Einführung von Standards für die Balanced Scorecard (BSC), die Forderung nach einer Erhöhung des Anteils der verifizierbaren Maße auf den ersten Blick durch die Resultate gestützt wird. Denn anders als bei BGM (1994) beschränkt eine Erhöhung der Kongruenz den hybriden Vertrag nicht. Ein Problem könnte sich dann allerdings daraus ergeben, dass diese verifizierbaren Kennzahlen ggf. nichts mit der Wertschöpfung im Unternehmen zu tun haben und dann die Balanced Scorecard (BSC) unnötig aufblähen würden.[184] Hinsichtlich der Beurteilung der Gültigkeit der Resultate zur Wirkung subjektiver Belohnungen in Gegenwart effektiver rein expliziter Verträge ist festzustellen, dass sich die Ergebnisse von Budde (2007) und BGM (1994) zwar auf ähnliche, aber im Detail doch recht unterschiedliche, Modellsituationen beziehen. Insofern ergänzt die Analyse von Budde (2007) die Untersuchung von BGM (1994) und führt zu neuen Einsichten für die Verwendung impliziter Verträge im Rahmen einer BSC. Um Möglichkeiten zu prüfen, wie das in der von BGM (1994) analysierten Situation erzielte Resultat, dass hinreichend effektive explizite Verträge jegliche implizite Verträge verhindern können, überwunden werden kann, müssten die Modellannahmen allerdings stärker angeglichen werden. Eine entsprechende Untersuchung findet sich in Budde (2008), auf die im nächsten Abschnitt eingegangen werden soll.

3.2.3 Hybrider Vertrag mit Ausstiegsklausel für den Prinzipal

Budde (2008) untersucht, ob eine komplementäre Wirkung verifizierbarer und nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen auch unter den von Baker/Gibbons/Murphy (1994) getroffenen Annahmen, allerdings im Rahmen eines Multitask-Modells, möglich ist. Wie BGM (1994) betrachtet Budde (2008) hier eine Situation, in der dem Prinzipal nur ein einziges objektives, verifizierbares Performancemaß y zur Verfügung steht, wohingegen bei Budde (2007) ausgehend von der Balanced Scorecard (BSC), mehrere objektive Beurteilungsgrößen verfügbar waren. Wie bei BGM (1994) kann nun als subjektives Maß nur das Ergebnis x des Prinzipals genutzt werden. Hierbei zeigt sich, dass eine komplementäre Wirkung der objektiven und der subjektiven (nichtverifizierbaren) Beurteilungsgröße bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages über eine spezielle Vertragskonstruktion, die eine Ausstiegsklausel des Prinzipals aus dem formalen Vertrag impliziert, erreicht werden kann. Die Analyse von Budde (2008) soll im Folgenden kurz vorgestellt werden, wobei allerdings auf die vollständige Herleitung der Ergebnisse verzichtet wird.

Modellbeschreibung

Die meisten Annahmen entsprechen denen in Abschnitt 3.2.2. Der risikoneutrale Agent hat einen mehrdimensionalen Arbeitseinsatz $\boldsymbol{a} = (a_1, \dots, a_n)'$ mit persönlichen Kosten aus dem

---

[184] Vgl. Budde (2007), S. 534.

Disnutzen: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}$. Die Zielgröße des Prinzipals ist wie zuvor: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a}$**,** wobei $\boldsymbol{d}$ wieder den Vektor der Grenzbeiträge der Aktionen angibt. Es gibt jetzt nur ein verifizierbares Performancemaß: y, definiert als: $y = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a} + \varepsilon_y$, wobei: $\boldsymbol{\mu} \neq \boldsymbol{d}$**.** Die Störvariable ε_y sei normalverteilt: $\varepsilon_y \sim N(0, \sigma_y^2)$. Neu im Vergleich zu Budde (2007) und analog zu BGM (1994) ist, dass nun das nichtkontrahierbare Ergebnis x als subjektive Beurteilungsgröße im Rahmen des impliziten Vertrages verwendet wird. Der erwartete Nutzen des Agenten beträgt: $EU^A = E(s) - C(\boldsymbol{a})$ und der des Prinzipals: $EU^P = x(\boldsymbol{a}) - E(s)$.

Notation im Überblick
$\boldsymbol{a}$-Vektor der Aktionskomponenten des Agenten: $\boldsymbol{a} = (a_1, \dots, a_n)'$
x- nichtverifizierbare Zielgröße/Bruttonutzen des Prinzipals: $x(\boldsymbol{a}) = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a}$
$\boldsymbol{d}$**-** Vektor der Grenzbeiträge bzw. Sensitivitäten der Aktionen $\boldsymbol{d} = (d_1, \dots, d_n)'$
y- zusätzliches (verifizierbares) Performancemaß: $y = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{a} + \varepsilon_y$
$\boldsymbol{\mu}$**-** $(1 \times n)$-Vektor der Grenzbeiträge der Aktionen von y
ε_y - normalverteilte Störvariable mit Erwartungswert null
$C(\boldsymbol{a})$-Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(\boldsymbol{a}) = \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}$
$s(x, y)$-Entlohnung des Agenten
w-Fixgehalt, Fixum
$U^A(s, \boldsymbol{a}) -$ Nutzen des risikoneutralen Agenten: $U^A(s, \boldsymbol{a}) = s - C(\boldsymbol{a})$
U^R – Reservatiosnutzen des Agenten

Die Ergebnisse des einperiodigen, rein formalen Vertrages nur auf Basis des verifizierbaren Performancemaßes y mit der Entlohnungsfunktion: $s = w + v_y y$ vereinfachen sich dann gem. (3.36) und (3.37) wie folgt:

$$v^0 = v_y^0 = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} = \frac{\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}}{\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}} \tag{3.59}$$

$$\pi^0 = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} = \frac{1}{2}\frac{(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})^2}{\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}} \tag{3.60}$$

Bei der Wahl des Kongruenzmaßes orientiert sich Budde (2008) an Baker (2000, 2002). Bestimmt wird der Kosinus des Winkels zwischen den Vektoren $\boldsymbol{\mu}$ und $\boldsymbol{d}$**.** Das Skalarprodukt der beiden Vektoren wird nach dem Kosinus umgestellt und ergibt:

$$\cos(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}) = \frac{\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}}{\sqrt{\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}}\sqrt{\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}}} \tag{3.61}$$

Weiterhin gilt: $\boldsymbol{a}^{\boldsymbol{FB}} = \boldsymbol{d}$ **(**vgl. (2.84)) und $\pi^{FB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}$ (vgl. (2.86), S. 72). Die Kongruenzkennzahl in (3.61) verbindet π^0 in (3.60) und π^{FB} wie folgt:

$\pi^0 = (\cos(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}))^2 \pi^{FB}$

Zur Darstellung des Gesamtüberschusses π^0 der Agency-Beziehung als lineare Funktion der Kongruenz ähnlich wie in Budde (2007) (vgl. Abschnitt 3.2.2) definiert Budde (2008) das Kongruenzmaß ϕ wie folgt:

$$\phi(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}) = (\cos(\boldsymbol{d}, \boldsymbol{\mu}))^2 \qquad \rightarrow \pi^0 = \phi\, \pi^{FB} \tag{3.62}$$

Bonuszahlung auf Basis der subjektiven Beurteilungsgröße

Im ersten Schritt der Untersuchung wird die Analyse von BGM (1994) ohne Abweichungen auf das Multitask-Modell übertragen. Es wird der optimale hybride Anreizvertrag mit unendlichem Zeithorizont für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bestimmt, wobei sich allerdings das Ergebnis von BGM (1994) bestätigt. Der verwendete hybride Kompensationsvertrag hat die Form: $s = w + v_y y + v_x x$. Hierbei erfolgt die Entlohnung: $w + v_y y$ auf Basis des expliziten bzw. formalen Vertrages und $v_x x$ ist die Bonuszahlung des impliziten bzw. relationalen Vertrages. Genau wie bei BGM (1994) und Budde (2007) wird bei dem unendlich oft wiederholten Spiel davon ausgegangen, dass sowohl der Agent als auch der Prinzipal Trigger-Strategien spielen. Das Optimierungsproblem des Prinzipals ähnelt dem in (3.31)-(3.33), wobei aber $E(s)$ entsprechend dem obigen hybriden Entlohnungsvertrag berücksichtigt wird. Zusätzlich muss wie bei BGM (1994) und Budde (2007) die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung zur Sicherstellung eines selbstdurchsetzenden impliziten Vertrages analog zu (3.55) beachtet werden. Allerdings kann über einen hybriden Vertrag hier anders als bei Budde (2007) nicht die First-best-Lösung erreicht werden, so dass die Notation entsprechend angepasst und π^{FB} durch $\pi^h (\leq \pi^{FB})$ ersetzt wird. Die GW-Bedingung lautet dann folgendermaßen: $\pi^h - \pi^0 \geq iB$. Daraus ergibt sich: $v_y = (1 - v_x) v_y^0$ und für v_x ist die Lösung abhängig von der Kongruenz ϕ der Beurteilungsgröße y zum Ergebnis x des Prinzipals:

$$v_x = \begin{cases} 1 & falls \quad \phi \leq 1 - 2i \\ 2\dfrac{1-(1+i)\phi}{(1-\phi)(1+2i)} & falls \quad \left[1 - 2i \leq \phi \leq \dfrac{1}{1+i}\right] \\ 0 & falls \quad \phi > \dfrac{1}{1+i} \end{cases} \tag{3.63}$$

Wie bei BGM (1994) kann die First-best-Lösung: $v_x = 1$ nur mittels eines rein impliziten Vertrages auf Basis des nichtverifizierbaren, perfekt kongruenten Maßes x erreicht werden (vgl. (3.25)). Der Einbezug des inkongruenten Maßes y bedeutet immer eine Abweichung vom First-best-Niveau. Hier bestätigt sich das Ergebnis von BGM (1994), dass zu effektive explizite Verträge, hybride Verträge verhindern können (vgl. Satz 3.1). Eine zu hohe Kongruenz des objektiven Maßes $(\phi > \frac{1}{1+i})$ führt nämlich dazu, dass die implizite Vereinbarung nicht realisiert werden kann und somit nur ein rein formaler Vertrag auf Basis von y zustande kommt. Ausgehend von der Lösung in (3.63) wird der erwartete Nutzen des Prinzipals EU^P bestimmt und die komparative Statik hinsichtlich der Kongruenz durchgeführt. Die Ergebnisse werden im nachfolgenden Satz angegeben.

Satz 3.9 *(Budde (2008), Prop. 1, S. 260-261)*

Wenn ein relationaler Vertrag zusätzlich zu einem expliziten Vertrag angeboten wird und letzterer werthaltig ist, dann verhält sich der erwartete Nettonutzen des Prinzipals EU^P folgendermaßen:

1. *konstant in der Kongruenz ϕ und auf First-best-Niveau, falls $\phi \leq 1 - 2i$,*
2. *fallend in der Kongruenz ϕ für $1 - 2i < \phi \leq 1/(1 + i)$ und*
3. *steigend in der Kongruenz ϕ falls $\phi > 1/(1 + i)$.*

Bonuszahlung auf Basis der subjektiven und der objektiven Beurteilungsgröße

In einem Zwischenschritt wird anschließend gezeigt, wie die Überwindung dieses Ergebnisses von BGM (1994) über eine Modifizierung der Vertragsstruktur ähnlich wie in Budde (2007) gelingt. Dazu müsste der hybride Entlohnungsvertrag die folgende Struktur besitzen:

$$s = w + v_y y + v_x x + v_{yr} y$$

Der formale Vertrag auf Basis des objektiven Maßes: $w + v_y y$ wird nun um einen relationalen Vertrag ergänzt, der wie bei Budde (2007) nicht ausschließlich auf der subjektiven Größe x beruht, sondern auch das verifizierbare Performancemaß y einbezieht: $v_x x + v_{yr} y$. Durch die weitere Beteiligungsrate v_{yr} erhält man einen zusätzlichen Freiheitsgrad. Dadurch kann die Bonuszahlung des impliziten Vertrages reduziert werden, da sie sich nur noch auf die vom relationalen Vertrag (gegenüber dem rein formalen Vertrag) zusätzlich geschaffene Nutzenerhöhung zu beziehen braucht. Allerdings muss auch hier genau wie bei Budde (2007) wieder angenommen werden, dass y perfekt präzise ist. Das liegt daran, dass die GW-Bedingung auch ex post erfüllt sein muss. Dies kann nur sichergestellt werden, wenn der erwartete Bonus genau erreicht wird, wohingegen eine Bonusverpflichtung auf Basis einer risikobehafteten Beurteilungsgröße ex post auch größer ausfallen könnte und eine Vertragseinhaltung für den Prinzipal dann nicht mehr vorteilhaft wäre. Für v_x ergibt sich bei Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages die folgende Lösung, die nun ähnlich wie bei Budde (2007) nicht von der Kongruenz abhängt:

$$v_x = \begin{cases} 1 & falls \quad i \leq \frac{1}{2} \\ \frac{2}{1+2i} & falls \quad i > \frac{1}{2} \end{cases} \tag{3.64}$$

Bonuszahlung als Alternative zur Entlohnung des expliziten Vertrages

Bei Aufheben der Annahme, dass y perfekt präzise sei, muss die Vertragsstruktur grundlegend geändert werden, um eine komplementäre Wirkung des impliziten und des expliziten Vertrages zu erreichen. Der hybride Vertrag wird nun so gestaltet, dass die Bonuszahlung des impliziten Vertrages eine Ausstiegsoption für den Prinzipal aus dem formalen Vertrag darstellt. Hierzu ist eine spezielle Annahme zum zeitlichen Ablauf der Ereignisse vonnöten. Die Realisierung des nichtverifizierbaren Maßes x muss zeitlich vor der Realisierung der verifizierbaren Beurteilungsgröße y erfolgen. Der Ablauf der Ereignisse wird folgendermaßen angenommen:

- In t=0 schließen der Agent und der Prinzipal einen expliziten Vertrag auf Basis von y, welcher in t=3 fällig ist. Dieser enthält für den Prinzipal die Option, in t=2 eine Fixzahlung (impliziten Bonus) als vollständigen oder teilweisen Ersatz für die erwartete Zahlung auf Basis von y zu leisten. Das ist eine Art „Ausstiegsklausel". Gleichzeitig wird im impliziten Vertrag vereinbart, dass der Prinzipal diesen Bonus immer leisten muss, wenn der Agent die Zielvorgabe T als Mindestwert von $x(\boldsymbol{a^h})$ erreicht. Hier kennzeichnet $\boldsymbol{a^h}$ den optimalen Aktionsvektor des hybriden Vertrages und die Zielvorgabe des impliziten Vertrages ist: $T = v_x x(\boldsymbol{a^h})$.
- In t=1 leistet der Agent die Aktionen $\boldsymbol{a}$**.**
- In t=2 wird das Ergebnis x des Prinzipals, das z. B. den Beitrag des Agenten zum Unternehmenswert darstellen könnte, beobachtet. Daraufhin zahlt der Prinzipal den Bonus B, d. h. den vereinbarten fixen Betrag, wenn der festgelegte Mindestwert T für x realisiert wurde. Diese Zielvorgabe T wird bei Wahl von $\boldsymbol{a^h}$ mit Sicherheit erreicht, da x perfekt präzise ist**.** Falls der Prinzipal den Bonus unrechtmäßig verweigert, wird der Agent in den Folgeperioden nicht $\boldsymbol{a^h}$ wählen. Als Rückzugsposition bleibt dem Prinzipal dann entweder der rein explizite Vertrag oder eine Unternehmensstilllegung.

- In t=3 wird das verifizierbare Performancemaß y, z. B. eine Rechnungswesen-Größe, realisiert und der Prinzipal muss, falls er den Bonus verweigert hat, die Zahlung auf Basis des expliziten Vertrages erfüllen. Falls er dagegen den Bonus vereinbarungsgemäß gezahlt hat, ist entweder nichts mehr oder noch eine kleine Restzahlung zu leisten.[185]

Aufgrund der geschaffenen Ausstiegsoption muss nicht die absolute Bonushöhe glaubwürdig versichert werden, sondern nur der Differenzbetrag zwischen dem Bonus und der (erwarteten) Zahlung aus dem expliziten Vertrag. Der formale Vertrag entspricht dem optimalen rein expliziten Vertrag: $s(y) = w + v_y^0 y$. Dieser Vertrag wird wirksam, falls der Prinzipal die Ausstiegsoption nicht wahrnimmt. Der hybride Kompensationsvertrag bei Ergreifen der Ausstiegsoption hat dagegen die folgende Struktur:

$$s = w + (1 - v_x)v_y^0 y + \begin{cases} B & wenn \quad v_x x(\boldsymbol{a^h}) = v_x d'\boldsymbol{a^h} \geq T \\ 0 & andernfalls \end{cases}$$

Bei Zielerreichung zahlt der Prinzipal den Bonus B und nach der Realisierung von y nur noch den Restbetrag: $(1 - v_x)v_y^0 y$. Der optimale Aktionskomponentenvektor $\boldsymbol{a^h}$ des hybriden Vertrages resultiert aus der Maximierung des Erwartungsnutzen des Agenten hinsichtlich $\boldsymbol{a}$. Wie bei Budde (2007), vgl. Abschnitt 3.2.2, bestimmt sich auch hier der optimale Bonus als Mindestbonus aus einem Vergleich des erwarteten Nutzens des Agenten bei $\boldsymbol{a^h}$ (mit Bonuszahlung) und bei $\boldsymbol{a^0}$ (bei Verzicht auf den Bonus), wobei $\boldsymbol{a^0}$ den optimalen Aktionskomponenten-Vektor des rein expliziten Vertrages angibt. In der Glaubwürdigkeits-Bedingung wird nun der Differenzbetrag zwischen dem Bonus und der erwarteten Zahlung aus dem expliziten Vertrag berücksichtigt, da der Bonus die erwartete Zahlung aus dem formalen Vertrag vollständig (bei $v_x = 1$) oder größtenteils ersetzt. Bei Vertragseinhaltung beträgt die erwartete, vom Prinzipal zu leistende, Entlohnungszahlung: $w + B + E[(1 - v_x)v_y^0 y(a^h)]$ und bei einem Vertragsbruch: $w + E[v_y^0 y(a^h)]$. Daraus errechnet sich der glaubwürdig zu versichernde Differenzbetrag wie folgt:

[185] Die neue Vertragsstruktur besitzt Parallelen zu Anreizverträgen mit einer Nachverhandlungsmöglichkeit, denn dort wird die risikobehaftete (variable) Vergütung nach Beobachtung eines Signals durch eine Fixzahlung ersetzt. Allerdings erfolgt dies, um den risikoaversen Agenten perfekt zu versichern (vgl. Budde (2008), S. 265).

$$B + (1 - v_x) v_y^0 E[y(a^h)] - v_y^0 E[y(a^h)]$$
$$\leftrightarrow B + v_y^0 E[y(a^h)](1 - v_x - 1)$$
$$\leftrightarrow B - v_x v_y^0 E[y(a^h)]$$
$$\leftrightarrow B - v_x v_y^0 \mu' a^h$$

Auf Grundlage der GW-Bedingung bestimmt man die optimale Beteiligungsrate v_x, die sich wie folgt ergibt:

$$v_x = \begin{cases} 1 & falls \quad i \leq 1 \\ \dfrac{2}{1+i} & falls \quad i > 1 \end{cases} \tag{3.65}$$

Diese Rate ist auch wieder nur abhängig vom Diskontierungszinssatz i des Prinzipals, aber nicht von der Kongruenz der verifizierbaren Beurteilungsgröße y. Somit beschränkt bei dem hier vorgestellten hybriden Vertrag mit der Ausstiegsklausel die Kongruenz des objektiven Performancemaßes nicht die Realisierbarkeit des impliziten Vertrages. Ausgehend von (3.65) beweist Budde (2008) den nachfolgenden Satz:

Satz 3.10 *(Budde(2008), Prop. 2, S. 264)*

Wenn ein relationaler Vertrag im Austausch für einen Teil des formalen Vertrages angeboten wird und ein rein formaler Vertrag wertvoll ist und somit die Rückzugsposition des Prinzipals bildet, dann

1. *ist ein hybrider Vertrag für jeden Diskontierungssatz i und jedes veau ϕ glaubwürdig und*
2. *der erwartete Nettonutzen des Prinzipals steigt mit der Kongruenz ϕ bei jedem Diskontierungssatz und jedem Kongruenzniveau.*

Die komplementäre Wirkung des relationalen und des formalen Vertrages wird hier aufgrund der vorgestellten, besonderen Vertragsstruktur erzielt. Denn da die implizite Bonuszahlung eine Ausstiegsoption aus dem formalen Vertrag darstellt, gelingt der Einbezug des verifizierbaren Maßes y in den hybriden Vertrag. Somit wird wie bei Budde (2007) der relationale Vertrag nur zur Feinjustierung der Aktionen im Vergleich zu den über den rein formalen Vertrag auf Basis von y induzierten Aktionskomponenten verwendet. Dadurch reduzieren sich die Kosten für die Einhaltung der impliziten Vereinbarung. Diese machen nur den Differenzbetrag zwischen dem Bonus und der vermiedenen erwarteten Zahlung des formalen Vertrages aus. Im Unterschied zu den für das Ergebnis in (3.64) nötigen Modellannahmen, braucht die objektive Beurteilungsgröße nicht perfekt präzise zu sein. Stattdessen ist aber die Annahme, dass das nichtverifizierbare Signal x zeitlich vor der risikobehafteten Größe y realisiert und beobachtet wird, erforderlich. Noch vor der Realisierung von y muss die Entscheidung über die Bonuszahlung fallen, so dass der Prinzipal in seinem Kalkül den Erwartungswert von y statt des realisierten Wertes (der entsprechend dem Störterm ε_y schwanken kann) berücksichtigt.

Das von Budde (2008) analysierte Modell ist stärker an BGM (1994) angeglichen als das in Budde (2007). Denn es gibt nur ein objektives Performancemaß und als nichtverifizierbare Beurteilungsgröße wird die Zielgröße des Prinzipals verwendet. Es zeigt sich, dass auch hier bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages eine hinreichend hohe Kongruenz der verifizierbaren Beurteilungsgröße y den hybriden Vertrag verhindert, wenn der implizite Vertragsteil nur auf dem subjektiven, perfekt kongruenten Maß x beruht (vgl. (3.63)). Eine Überwindung dieses unschönen Effektes gelingt sowohl in Budde (2007) als auch in Budde (2008), indem verifizierbare Performancemaße in den impliziten Vertrag einbezogen werden. Bei Budde (2007) beruht die implizite Vereinbarung auf den in einer Balanced Scorecard (BSC) verwendeten subjektiven und objektiven Kennzahlen und bei Budde (2008) ist die implizite Bonuszahlung als eine Ausstiegsoption des Prinzipals aus dem expliziten Vertrag auf Basis der verifizierbaren Beurteilungsgröße konzipiert. Sofern aber der Einbezug der verifizierbaren Größe in den relationalen Vertrag über die Ausstiegsoption nicht möglich ist, gilt auch für die von Budde (2008) untersuchte Multitask-Modellsituation das Resultat von BGM (1994), dass hinreichend effektive, explizite Verträge die Realisierung hybrider Verträge verhindern können (vgl. (3.63)). Den bisher betrachteten Beiträgen ist gemein, dass immer von einem risikoneutralen Agenten ausgegangen wurde. Wie sich die optimale Anreizgestaltung auf Basis nichtverifizierbarer und verifizierbarer Performancemaße unter Berücksichtigung von Risikoteilungsaspekten zwischen den Akteuren gestaltet, wurde dagegen nicht analysiert. Im nachfolgenden Abschnitt wird deshalb insbesondere auf die Untersuchung von Rajan/Reichelstein (2009) eingegangen, die den Einsatz nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen im Rahmen einer Bonuspool-Vereinbarung betrachten. Rajan/Reichelstein (2009) untersuchen die Anreizgestaltung für einen risikoscheuen Agenten auf Basis einperiodiger Verträge. Die Analyse langfristiger Verträge gemäß dem mehrperiodigen Ansatz von BGM (1994) erfolgt dann, wie bereits angekündigt, in den Kapiteln 4 und 5.

3.3 Kurzfristige Anreizverträge bei risikoscheuem Agenten

Rajan/Reichelstein (2009) – nachfolgend abgekürzt mit RR (2009) - verfolgen bei ihrer Untersuchung der Verwendung nichtverifizierbarer Performancemaße zur Anreizsetzung einen anderen Ansatz als Baker/Gibbons/Murphy (1994). BGM (1994) analysieren subjektive Performancemaße im Rahmen langfristiger, impliziter Anreizverträge, die selbstdurchsetzend sein müssen. Dagegen betrachten RR (2009) eine Bonuspool-Vereinbarung, über die perfekte Selbstbindungskraft (engl.: full commitment) des Prinzipals erzielt wird. Das Problem, dass das Unternehmen die in Abhängigkeit der nichtkontrahierbaren Größe festgelegte Entlohnungszahlung im Nachhinein zurückhalten könnte, wird bei RR (2009) dadurch gelöst, dass sich das Unternehmen vorab vertraglich auf einen bestimmten Bonuspool-Betrag festlegt. Gleichzeitig verpflichtet es sich unabhängig von der Realisierung der subjektiven Information zur Auszahlung des gesamten Bonuspools, wobei die Realisierung der nichtverifizierbaren Größe die Aufteilung dieses Gesamtbetrages an einen oder mehrere Agenten sowie ggf. eine dritte Partei bestimmt. Die dritte Partei wird im Aufsatz von RR (2009) nicht näher spezifiziert, aber man könnte sich z. B. vorstellen, dass sich das Unternehmen ex ante vertraglich dazu verpflichtet, den Restbetrag des Bonuspools, der nicht an den oder die Agenten ausgezahlt wird, an eine Wohlfahrtseinrichtung zu spenden. RR (2009) gehen von einer einperiodigen Vertragsbeziehung aus und untersuchen die Anreizgestaltung im Rahmen der erwähnten Bonuspool-Vereinbarung unter der Annahme, dass der Agent risikoavers ist. Wie BGM (1994) nehmen sie an, dass für die Anreizsetzung des Agenten neben einem nichtverifizierbaren, subjektiven Signal noch eine verifizierbare, objektive Beurteilungsgröße zur Verfügung steht. Die optimale Anreizgestaltung nur auf Basis subjektiver Größen im Rahmen einer Bonuspool-Vereinbarung wurde von MacLeod (2003) (siehe Abschnitt 3.1) untersucht, an dessen Analyse sich RR (2009) orientieren. RR (2009) gelangen zu dem Ergebnis, dass bei der von ihnen untersuchten Bonuspool-Vereinbarung mit nur einem Agenten, die optimalen Entlohnungszahlungen komprimiert sind und teilweise vom „Informativeness"-Prinzip (vgl. 2.2.4) abgerückt wird. Hier stellt die Zahlung an die dritte Partei Kosten dar, die aus der Nichtkontrahierbarkeit des subjektiven Maßes resultieren. Die Analyse einer Situation mit zwei Agenten führt dagegen zu vollständig differenzierten Entlohnungszahlungen. Die Zahlung an die dritte Partei unterbleibt nun, sofern beim spieltheoretischen Lösungskonzept die Anreizbedingungen so formuliert werden, dass der gewünschte Arbeitseinsatz ein Nash-Gleichgewicht darstellt. Allerdings kann daneben noch ein weiteres Gleichgewicht mit dem unerwünschten Arbeitseinsatz existieren. Zur Vermeidung dieses Problems werden dann auch noch die optimalen Anreizverträge unter strengeren Anreizbedingungen bestimmt, so dass die gewünschten Arbeitseinsätze dominante Strategien darstellen. Hier sind die Entlohnungszahlungen wieder teilweise komprimiert und vereinzelt kann auch die Auszahlung an eine dritte Partei optimal sein. Für den Vergleich mit den Ergebnissen von BGM (1994) ist v. a. der erste Teil der **Analyse von RR (2009)** mit **nur einem Agenten** relevant, der deswegen im Folgenden vorgestellt werden soll.

RR (2009) richten ihr Hauptaugenmerk ähnlich wie Budde (2007, 2008) auf die Anreizsetzung für Manager der mittleren Leitungsebene wohingegen BGM (1994) bei ihrer Analyse in erster Linie die Anreizgestaltung für Fabrikarbeiter betrachtet hatten[186]. Bei Arbeitern kann die leistungsabhängige Entlohnung z. B. auf solch einer objektiven Beurteilungsgröße wie der produzierten Stückzahl beruhen, wobei der Akkordlohn noch um einen Bonus basierend auf der subjektiven Beurteilung des Vorgesetzten ergänzt werden kann. Auch RR (2009) betrachten den kombinierten Einsatz eines objektiven und eines subjektiven Performancemaßes. Objektive, verifizierbare Beurteilungsgrößen für einen Manager könnten z. B. geprüfte Finanzdaten wie Umsatzerlöse, der Gewinn oder Vermögenswerte aus der Bilanz sein. Als subjektive Beurteilungsgrößen kommen direkte Beobachtungen des Vorgesetzten als Prinzipal oder auch informelle Berichte von anderen Agenten in Betracht.[187] Anders als bei BGM (1994) ist es unter den von RR (2009) getroffenen Annahmen eher plausibel, dass die Zielgröße x des Prinzipals das objektive, verifizierbare Maß darstellt (obwohl auch andere Leistungsindikatoren denkbar sind) und die subjektive Beurteilungsgröße eine Art zusätzliches Signal repräsentiert.

Modellbeschreibung

Somit wird das objektive, verifizierbare Signal anders als in den vorherigen Abschnitten mit x und das subjektive, nichtverifizierbare Signal bzw. Performancemaß mit y bezeichnet. RR (2009) analysieren ein diskretes Modell, wobei sie ursprünglich davon ausgehen, dass beide Beurteilungsgrößen binär seien: $x \epsilon \{x^h, x^l\}$ mit $x^h - x^l > 0$ sowie $y \in (y^h, y^l)$ mit: $y^h - y^l > 0$. Zur Verkürzung der Schreibweise werden wie in Abschnitt 2.2.4 die Indizes: $p \epsilon \{l, h\}$ und $q \epsilon \{l, h\}$ verwendet, so dass: $x^p \epsilon \{x^h, x^l\}$ und: $y^q \epsilon \{y^h, y^l\}$. Es wird angenommen, dass das subjektive Signal y nur vom Prinzipal beobachtet werden kann, so dass keine Berichterstattung bzgl. dieser Größe betrachtet wird. Denn MacLeod (2003) zeigt, dass

[186] Bei BGM (1994) ist meist von „firm" und „worker" die Rede, wobei die Analyse aber auch andere Mitarbeitergruppen einschließen kann und BGM (1994) z. B. auf S. 1126 eine Studie zur Entlohnung von Investmentbankern zur Motivierung ihres Modells anführen.

[187] Vgl. Rajan/Reichelstein (2009), S. 213.

der Prinzipal bei zugelassener Berichterstattung in einigen Gleichgewichten den gleichen erwarteten Nettoüberschuss erzielen würde wie bei Verifizierbarkeit beider Maße.[188] Der Arbeitseinsatz bzw. das Anstrengungsniveau des Agenten ist ebenso wie x und y binär, entweder hoch oder niedrig: $a \epsilon \{a^h, a^l\}$ wobei das höhere Arbeitseinsatzniveau mit höheren persönlichen Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$ verbunden ist (vgl. Abschnitt 2.2.2 und 2.2.4). Beide Signale x und y sind stochastisch und hängen außer vom Arbeitseinsatz von zufälligen Umwelteinflüssen ab. RR (2009) nehmen an, dass die Wahrscheinlichkeiten für die hohen Ausprägungen von x und y bei Wahl des hohen Arbeitseinsatzes höher sind als beim niedrigen Anstrengungsniveau:

$$prob(x = x^h|a = a^h) = f(x^h|a^h) > prob((x = x^h|a = a^l) = f(x^h|a^l)$$

$$prob(y = y^h|a = a^h) = f(y^h|a^h) > prob\ (y = y^h|a = a^l) = f(y^h|a^l)$$

Somit verbessert der Arbeitseinsatz beide Beurteilungsgrößen im Sinne stochastischer Dominanz erster Ordnung (vgl. 2.2.2). Außerdem gehen RR (2009) davon aus, dass beide Beurteilungsgrößen x und y stochastisch unabhängig voneinander sind, so dass für die gemeinsame Wahrscheinlichkeit beider Signale gilt: $f(x^p, y^q|a) = f(x^p|a)f(y^q|a)$. Aus dieser Annahme folgt, dass beide Signale in Gegenwart des jeweils anderen Signals immer informativ im Sinne von Definition 2.2 (siehe S. 52) sind. Dies kann z. B. für das subjektive Maß y anhand der Rechenregel für bedingte Wahrscheinlichkeiten wie folgt gezeigt werden:

$$f(y^q|x^p, a) = \frac{f(x^p, y^q|a)}{f(x^p|a)} = \frac{f(x^p|a)f(y^q|a)}{f(x^p|a)} = f(y^q|a) \tag{3.66}$$

Für die bedingte Wahrscheinlichkeit von y gegeben x gilt: $f(y^q|x^p, a) = f(y^q|a)$, so dass sie eine nichttriviale Funktion des Arbeitseinsatzes darstellt und die Beurteilungsgröße x demzufolge informativ über a in Gegenwart von x ist (vgl. Definition 2.2). Aus Satz 2.7 (vgl. S. 49) folgt dann, dass, falls y verifizierbar und dadurch kontrahierbar wäre, dieses Signal in jedem Fall zusätzlich zu x in den Anreizvertrag des Agenten einbezogen werden sollte. Um das aus der Nichtkontrahierbarkeit von y resultierende Moral-Hazard-Problem auf Seiten des Prinzipals zu vermeiden, legt sich dieser vorab auf jeweils einen Bonuspool w^p für jede der beiden möglichen Realisierungen der kontrahierbaren Größe x^p fest und verpflichtet sich zu ihrer vollständigen Auszahlung. Die Entlohnungszahlungen des Agenten können nun von beiden Performancemaßen abhängen: $s(x, y) = s^{pq}\ bei\ x = x^p\ und\ y = y^q$ und werden in

[188] Vgl. MacLeod (2003), S. 222 i. V. m. Rajan/Reichelstein (2009), S. 214.

einem impliziten Vertrag vereinbart. Dabei muss gelten, dass die implizit vereinbarten Entlohnungen maximal dem für x^h und x^l festgesetzten Bonuspool-Betrag entsprechen können: $w^h \geq \max\ (s^{hh}, s^{hl})$ sowie: $w^l \geq \max\ (s^{lh}, s^{ll})$. Die Differenzbeträge zwischen der Entlohnung s^{pq} und w^p gehen dann an die dritte Partei. Durch diese Festlegung kann das subjektive Maß in den Anreizvertrag einbezogen werden. Denn der Prinzipal ist verpflichtet, den gesamten Bonuspool w^p auszuzahlen und hat im Nachhinein keinen Anreiz, von der implizit festgelegten Aufteilung s^{pq} abzuweichen, auch wenn die Zahlung an die dritte Partei an sich ex post eine Vergeudung darstellt. Hier ist es sehr wahrscheinlich, dass sich der Prinzipal an die Vereinbarung hält, da er bei Indifferenz die Strategie wählen wird, die aus der ex ante Sicht effizient ist.[189] Der Prinzipal ist risikoneutral und der risikoscheue Agent hat eine additiv-separable Nutzenfunktion der Form: $U^A = u(s) - C(a)$, wobei die Umkehrfunktion von $u(s)$ mit $h(\cdot)$ bezeichnet wird und ansteigend und konvex sei ($h' > 0, h'' > 0$).

Notation im Überblick

Arbeitseinsatz: $a \in \{a^h, a^l\}$ $a^h > a^l$

objektives Maß/ mögliche Zielgröße des Prinzipals: $x^p \in \{x^h, x^l\}$ $(x^h > x^l)$

subjektives, nichtverifizierbares Performancemaß: $y^q \in \{y^h, y^l\}$ $(y^h > y^l)$

Indizes: $p \in \{h, l\}, q \in \{h, l\}$

implizit vereinbarte Entlohnung: $s(x,y) = s^{pq}\ bei\ x = x^p\ und\ y = y^q$

mögliche Entlohnungen: $s = \{s^{hh}, s^{hl}, s^{lh}, s^{ll}\}$

Bonuspool w^p in Abh. von x^p mit: $w^h \geq \max\ (s^{hh}, s^{hl})$ sowie $w^l \geq \max\ (s^{lh}, s^{ll})$

Disnutzen: $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$

Nutzenfunktion Agent: $U^A = u(s) - C(a)$ $u' > 0, u'' < 0$

Reservationsnutzen: U^R

Wahrscheinlichkeiten:

$prob(x^h|a^h) = f(x^h|a^h) > prob(x^h|a^l) = f(x^h|a^l)$

$prob(y^h|a^h) = f(y^h|a^h) > prob\ (y^h|a^l) = f(y^h|a^l)$

$f(x^l|a) = (1 - f(x^h|a))$

$f(y^l|a) = (1 - f(y^h|a))$

Der Erwartungsnutzen des Agenten aus der Entlohnung stellt sich ohne Berücksichtigung der Kosten des Disnutzens folgendermaßen dar:

$$EU(s^{pq}|a^h) = \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p|a^h) f(y^q|a^h) \quad für\ p, q\ \in\ \{h, l\} \tag{3.67}$$
$$= [u(s^{hh}) f(x^h|a^h) + u(s^{hl})(1 - f(x^h|a^h))] f(y^h|a^h)$$
$$+ \left[u(s^{lh}) f(x^h|a^h) + u(s^{ll})\left(1 - f(x^h|a^h)\right)\right](1 - f(y^h|a^h))$$

[189] Eine Nachverhandlungsmöglichkeit wird hierbei nicht betrachtet und ist somit implizit ausgeschlossen.

Das Optimierungsproblem des Prinzipals zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes a^h gestaltet sich nun etwas anders als in (2.25)-(2.26) (vgl. S. 34):

$$\min_{w^p,s^{pq}} \; w^h f(x^h|a^h) + w^l(1-f(x^h|a^h) \tag{3.68}$$

$$u.d.N. \; EU^A(a^h) = \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p|a^h) f(y^q|a^h) - c_h \geq U^R \tag{3.69}$$

$$\sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p|a^h) f(y^q|a^h) - c_h \geq \sum_{pq} u(s^{pq}) f(x^p|a^l) f(y^q|a^l) - c_l \tag{3.70}$$

$$w^p - s^{pq} \geq 0 \quad f\text{ür alle } p,q \tag{3.71}$$

Der Prinzipal minimiert in (3.68) die erwartete Bonuspool-Zahlung, die nur auf das verifizierbare Maß x^p konditioniert. Neben der üblichen Teilnahme- (vgl. (3.69)) und Anreizbedingung (vgl. (3.70)) werden in (3.71) noch vier Nebenbedingungen aufgenommen, die sicherstellen, dass die vereinbarten Entlohnungen s^{pq} nicht größer als die vorher festgelegten Bonuszahlungen w^p sein dürfen. Sofern eine Ungleichung in (3.71) nicht bindet, würde für diesen Fall die Zahlung an eine dritte Partei vereinbart werden. Die Lösung des Optimierungsproblems erfolgt über den Lagrangeansatz und verläuft anfangs analog zu der von (2.25)-(2.26), wobei die Vorgehensweise im Folgenden nur kurz umrissen wird. Für die ausführliche Herleitung wird auf RR (2009) verwiesen. Ausgehend von der Lagrangefunktion bildet man die partiellen Ableitungen nach s^{pq} und w^p, die null gesetzt werden. Mit Hilfe dieser sechs Optimalitätsbedingungen und den Annahmen zur stochastischen Dominanz erster Ordnung von x und y, zeigen RR (2009), dass $w^h = s^{hh} \geq s^{hl}$ und $w^l = s^{lh} \geq s^{ll}$. Anschließend demonstrieren sie mit Hilfe eines Gegenbeweises, dass: $w^h = s^{hh} = s^{hl}$ und somit für die Realisation x^h die Entlohnung nicht im subjektiven Signal variiert. Danach kann das Optimierungsproblem neu formuliert werden, wobei berücksichtigt wird, dass $w^h = s^{hh} = s^{hl}$ und nur noch s^{ll} von s^{lh} verschieden sein kann. Dieser potentielle Unterschiedsbetrag wird über die Differenz-Variable δ erfasst. Nach verschiedenen Lösungsschritten kann dann ein unbeschränktes Optimierungsproblem hinsichtlich δ formuliert werden. Aus der Optimalitätsbedingung 1. Ordnung leiten RR (2009) letztendlich eine Bedingung her, unter der $\delta > 0$, so dass $s^{lh} > s^{ll}$ und die subjektive Beurteilungsgröße y somit für die Anreizsetzung verwendet wird. Diese Bedingung ist im nachfolgenden Satz angegeben, wobei die folgenden Verkürzungsvariablen verwendet wurden: $Q \equiv \frac{1-f(y^h|a^l)}{1-f(y^h|a^h)}$, $P \equiv \frac{1-f(x^h|a^h)}{1-f(x^h|a^l)}$ und $h \equiv \frac{d}{dz} u^{-1}(z)$.

Satz 3.11 *(Rajan/Reichelstein (2009), Prop.1, S. 215) Das subjektive Performancemaß ist nur wertvoll, falls:*

$$\frac{Q-\frac{f(x^h|a^l)}{f(x^h|a^h)}P}{Q-1}<\frac{h(U^R+\frac{c_h\left(1-f(x^h|a^l)\right)-c_l\left(1-f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h)-f(x^h|a^l)\right)})}{h(U^R-\frac{c_hf(x^h|a^l)-c_lf(x^h|a^h)}{\left(f(x^h|a^h)-f(x^h|a^l)\right)})}$$

Falls die Bedingung in Satz 3.11 nicht erfüllt ist, entspricht: $s^{lh}=s^{ll}$, so dass der optimale Anreizvertrag gar nicht auf die subjektive Beurteilungsgröße abstellt. Somit wird das „Informativeness"-Prinzip von Holmström (1979) (vgl. Satz 2.7) hier bei der Verwendung eines subjektiven Maßes eingeschränkt, denn der Einbezug der nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße ist durch die Zahlung an die dritte Partei mit Kosten verbunden. Dadurch kann es für den Prinzipal optimal sein, auf y zu verzichten.

Die **Einflussfaktoren auf die Verwendung des subjektiven Maßes** untersuchen RR (2009) durch eine Analyse der Ungleichung in Satz 3.11 mittels verschiedener Grenzwertbetrachtungen. Dazu ist zuerst einmal festzustellen, dass beide Seiten der Ungleichung größer als eins sind. Denn aufgrund der Annahme stochastischer Dominanz erster Ordnung ist $Q>1$ und $P<1$ sowie: $\frac{f(x^h|a^l)}{f(x^h|a^h)}<1$, so dass die linke Seite größer als eins ist. Auf der rechten Seite ist der Wert der Umkehrfunktion h im Zähler größer als im Nenner, so dass wegen der Annahme von $h'>0$ auch die rechte Seite den Wert Eins übertrifft. Zudem ist zu erkennen, dass die rechte Seite unabhängig von den Wahrscheinlichkeiten $f(y^h|a^h)$ und $f(y^h|a^l)$ des subjektiven Maßes ist. Aus der Analyse der Ungleichung in Satz 3.11 lassen sich die folgenden Rückschlüsse ziehen:

1.1 Das subjektive Signal ist wertvoll, wenn $f(y^h|a^h)$ gegen 1 strebt. Dann bleibt die rechte Seite konstant auf einem Wert größer 1 und auf der linken Seite strebt Q gegen unendlich, so dass die linke Seite insgesamt gegen 1 strebt und die Ungleichung erfüllt ist. Je informativer und präziser y wird, desto wertvoller wird es auch.

1.2 Das subjektive Maß ist dagegen nicht wertvoll, wenn sich seine Qualität verringert, also wenn $f(y^h|a^h)$ gegen $f(y^h|a^l)$ strebt. In diesem Fall strebt Q gegen 1 und die linke Seite gegen unendlich, so dass die Ungleichung nicht erfüllt wäre.

2. Darüber hinaus ist das subjektive Signal nicht wertvoll, wenn das aus dem unbeobachtbaren Arbeitseinsatz resultierende Anreizproblem insignifikant wird. Wenn

sich die Disnutzen für a^l und a^h annähern, d. h. $c_l \to c_h$, streben auf der rechten Seite Zähler und Nenner gegen $h(U^R + c_l)$ und führen zu einem Quotienten von 1, so dass die Ungleichung verletzt ist (da die linke Seite konstant größer 1 bleibt).

3. Außerdem ist die subjektive Größe nicht wertvoll, wenn das objektive Signal hinreichend informativ ist. Je größer die Differenz: $f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)$ wird, desto kleiner wird P und die linke Seite steigt. Wenn man den Disnutzen für a^h auf 0 normalisiert, lässt sich auch der Einfluss auf die rechte Seite der Ungleichung erkennen. Mit einem Anstieg der Differenz, sinkt der Wert der Funktion h im Zähler und der Wert im Nenner steigt, so dass die rechte Seite insgesamt sinkt. Die Ungleichung ist somit schwieriger zu erfüllen.

Es zeigt sich, dass die subjektive Beurteilungsgröße nur verwendet wird, wenn der dadurch erlangte Nutzen aus einem besseren Risiko-Anreiz-Tradeoff ausreichend hoch ist. Insgesamt bringt die Ungleichung in Satz 3.11 zum Ausdruck, dass der durch den Einbezug des subjektiven Signals erlangte zusätzliche Informationsgehalt (bei Anwesenheit des objektiven Signals) im Verhältnis zu dem damit verbundenen Zusatznutzen des Agenten relativ zur Verwendung nur des objektiven Signals bewertet wird. Weiterhin untersuchen RR (2009), ob die optimalen Entlohnungen bei Verwendung des subjektiven Maßes ähnlich wie bei MacLeod (2003) komprimiert sind, d. h. nicht in allen möglichen Kombinationen der Realisierungen von x und y variieren. Das Ergebnis dieser Untersuchung, das RR (2009) schon als Teil des Beweises von Satz 3.11 hergeleitet hatten, wird in der nachfolgenden Beobachtung angegeben.

Beobachtung 3.1 *(Rajan/Reichelstein (2009), Observation 1, S. 217)*
Im optimalen Anreizvertrag, der sich als Lösung des in (3.68)-(3.71) angegebenen Optimierungsprogramms ergibt, variiert die Entlohnung nicht in der subjektiven Beurteilungsgröße, sofern die Realisation des objektiven Performancemaßes vorteilhaft ist, d. h. x^h eintritt, so dass in diesem Fall gilt: $w^h = s^{hh} = s^{hl}$.

Die optimalen Entlohnungszahlungen sind hier so festgelegt, dass nur bei Realisierung des schlechten Wertes für das objektive Maß, d. h.: x^l, die Entlohnungszahlungen gemäß y^q differenziert sind. Trotzdem unterscheiden sich die optimalen Entlohnungen auch bei x^h von denen des optimalen Anreizvertrages bei alleiniger Verfügbarkeit des objektiven Maßes. Dies wird aus dem **Beispiel in Tabelle 3.1** ersichtlich. Hierfür gelten die folgenden Annahmen:

$u(s) = \frac{5}{3}s^{0,6}$, $c_h = 3$, $c_l = 0$, $f(x^h|a^h) = f(y^h|a^h) = 0{,}7$ und $f(x^h|a^l) = f(y^h|a^l) = 0{,}3$ sowie $U^R = 6$. Die Tabelle enthält die optimalen Entlohnungen für drei verschiedene Szenarien. Der Anreizvertrag in der linken Spalte basiert nur auf dem objektiven Maß x^p, der in der mittleren Spalte gibt die Zahlungen für den Fall an, dass beide Maße verifizierbar wären und die rechte Spalte enthält das Ergebnis des Optimierungsprogramms in (3.68)-(3.71) mit dem Bonuspool. Hier sieht man, dass die Entlohnung bei x^h beim Bonuspool geringer ist als bei Nichtverfügbarkeit des subjektiven Signals ($22{,}6 < 24{,}11$). In der letzten Zeile sind die erwarteten Kosten des Prinzipals aus der Entlohnung angegeben.

	Nur objektives Maß x verfügbar	x und y seien objektiv/ verifizierbar	x ist objektiv, y ist subjektiv/nicht verifiz. (Bonuspool)
s^{hh}	24,11	20,63	22,66
s^{hl}	24,11	16,27	22,66
s^{lh}	3,86	16,27	6,87
s^{ll}	3,86	2,30	3,18
$\boldsymbol{E(s)}$	**18,04**	**17,15**	**17,92**

Tabelle 3.1: Entlohnungen des optimalen Anreizvertrages sowie die erwarteten Entlohnungskosten E(s) für drei verschiedene Szenarien[190]

Man erkennt, dass die erwarteten Kosten des Bonuspools[191] niedriger sind, als wenn nur das objektive Maß verwendet werden würde ($17{,}92 < 18{,}04$). Daneben ist aber auch zu sehen, dass die Nichtverifizierbarkeit von y mit Kosten verbunden ist, da andernfalls die erwartete Entlohnung noch geringer wäre ($17{,}92 > 17{,}15$).

Zur Verallgemeinerung des Resultats in Beobachtung 3.1 nehmen RR (2009) danach an, dass $\boldsymbol{x}$ und $\boldsymbol{y}$ nicht binär sind, sondern $\boldsymbol{n}$ mögliche Realisationen haben. Hier können sie beweisen, dass die Entlohnung nur im objektiven Signal aber nie im subjektiven Maß variiert, außer wenn bei beiden Beurteilungsgrößen der schlechteste Wert realisiert wird. Nur in diesem Fall erfolgt eine Zahlung an die dritte Partei. Hier zeigt sich die Komprimierung der möglichen Entlohnungen noch deutlicher als im binären Fall. Allerdings gibt es zu der vorgestellten Analyse von RR (2009) noch eine weitere Untersuchung von Ederhof (2010). Sie erweitert das Modell von RR (2009) dahingehend, dass sie die Annahme der stochastischen Unabhängigkeit von $\boldsymbol{x}$ und $\boldsymbol{y}$ aufhebt und die Untersuchung auf korrelierte Maße ausdehnt. In dieser Situ-

[190] Rajan/Reichelstein (2009), S. 218.

[191] Die erwarteten Entlohnungskosten berücksichtigen die Umleitung eines Teil des Bonuspools w^l an die dritte Partei und bestimmen sich gem. Formel (3.68) wie folgt: 17,92=(0,7)*22,66+(0,3)*6,87

ation zeigt sich, dass die Beobachtung 3.1 nicht mehr gilt, sondern die optimalen Entlohnungen auch bei der hohen Realisierung des objektiven Maßes $\boldsymbol{x}^{\boldsymbol{h}}$ nach $\boldsymbol{y}^{\boldsymbol{q}}$ differenziert sein können.[192]

Vergleich von RR (2009) mit BGM (1994)

Bei RR (2009) wird wie bei den Untersuchungen in Abschnitt 3.2, insbesondere bei BGM (1994), die Anreizgestaltung auf Basis nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen analysiert und ebenso davon ausgegangen, dass die Nichtkontrahierbarkeit des subjektiven Signals ein Moral-Hazard-Problem auf Seiten des Prinzipals impliziert. Die Lösungsansätze von RR (2009) und BGM (1994) unterscheiden sich aber, wie bereits erwähnt, grundsätzlich. BGM (1994) untersuchen eine langfristige Vertragsbeziehung für einen risikoneutralen Agenten und berücksichtigen, dass der implizite Vertrag selbstdurchsetzend sein muss. Sie prüfen die Realisierbarkeit eines solchen impliziten Vertrages auf Basis einer unverzerrten, subjektiven Größe, die sogar das Erreichen der First-best-Lösung ermöglichen würde. Die Realisierbarkeit der impliziten Vereinbarung wird hierbei von der Tatsache beeinflusst, dass gleichzeitig eine verifizierbare Größe zusätzlich zum subjektiven Maß zur Verfügung steht. Bei RR (2009) wird das Anreizproblem des Prinzipals dadurch gelöst, dass er eine Selbstverpflichtung zur Auszahlung des gesamten, einperiodigen Bonuspools eingeht und daneben eine implizite Vereinbarung zur Aufteilung des Betrages zwischen dem Agenten und einer dritten Partei abhängig von der subjektiven Beurteilungsgröße abschließt. In diesem einperiodigen Szenario wird der Agent als risikoscheu angenommen. Außerdem wird vorausgesetzt, dass das subjektive Signal in Gegenwart der objektiven Beurteilungsgröße informativ über den Arbeitseinsatz ist, da die Performancemaße als stochastisch unabhängig angenommen werden. Der Einbezug des subjektiven Maßes würde somit bei Verifizierbarkeit dieses Signals zu Wohlfahrtssteigerungen aus einem verbesserten Risiko-Anreiz-Tradeoff für die Akteure führen (vgl. Abschnitt 2.2.4). Die Resultate von BGM (1994) und RR (2009) unterscheiden sich nun bedingt durch die Verschiedenheit der betrachteten Situationen recht stark. Bei BGM (1994) führt das Vorhandensein einer objektiven Beurteilungsgröße in der betrachteten langfristigen Vertragsbeziehung zwangsläufig zu einer Beeinflussung des impliziten Vertrages. Hierbei kann die Kombination mit dem expliziten Vertrag basierend auf der objektiven Größe oftmals den impliziten Vertrag verschlechtern (substitutive Wirkung), aber teilweise auch verbessern (komplementäre Wirkung), falls ein expliziter Vertrag für sich allein nicht effektiv ist (vgl. Abschnitt 3.2.1). Bei RR (2009) kann dagegen eine Bonuspool-Vereinbarung auf Grundlage nur des subjektiven

[192] Vgl. Ederhof (2010), S. 1925.

Maßes nie besser sein als eine Bonuspool-Vereinbarung auf Basis beider Maße, so dass es hier immer zu einer komplementären Wirkung des objektiven und des subjektiven Performancemaßes kommt. Bei RR (2009) kann es wie bei BGM (1994) auch vorkommen, dass die subjektive Beurteilungsgröße nicht verwendet wird. Bei BGM (1994) resultiert das Ignorieren der subjektiven Größe aber aus einer mangelnden Glaubwürdigkeit (GW) der impliziten Bonuszahlung. Diese mangelnde GW ist meist auf einen zu effektiven rein expliziten Vertrag oder einen zu hohen Diskontierungszinssatz des Prinzipals zurückzuführen. Bei RR (2009) konditioniert der optimale Anreizvertrag dagegen nicht auf das subjektive Maß, wenn der aus dem Informationsgehalt dieses Maßes erzielte Nutzengewinn den aus der Nichtkontrahierbarkeit resultierenden Aufwand (aus dem Bonuspool mit der potentiellen Zahlung an die dritte Partei) übertrifft. Insofern wird das für verifizierbare Signale geltende „Informativeness"-Prinzip der Prinzipal-Agenten-Theorie (vgl. 2.2.4) hier eingeschränkt.

3.4 Zwischenfazit

Im letzten Abschnitt dieses Kapitels sollen die bisher betrachteten modelltheoretischen Untersuchungen von BGM (1994), Budde (2007, 2008) und Rajan/Reichelstein (2009) in einem ersten Schritt noch einmal vergleichend zusammengefasst werden. Davon ausgehend werden dann Überlegungen zu den von den Modellen abgebildeten möglichen Praxissituationen angestellt und Einsichten für die betriebliche Praxis abgeleitet. Außerdem soll auf Basis der vorliegenden Analyseergebnisse anschließend noch eine kurze Vorausschau auf die modelltheoretischen Untersuchungen der nachfolgenden Kapitel 4 und 5 gegeben werden. Der Vergleich der in den Abschnitten 3.2 und 3.3 untersuchten modelltheoretischen Analysen von BGM (1994) und Budde (2007, 2008) (vgl. Abschnitt 3.2) sowie Rajan/Reichelstein (2009) (vgl. Abschnitt 3.3) findet sich in der nachfolgenden mehrseitigen Übersicht in **Tabelle 3.2**. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eine Darstellung der bereits in den vorhergehenden Abschnitten erläuterten Annahmen und Ergebnisse. In der fünften Zeile von Tabelle 3.2 bei „betrachtete Analyse" wird das für den Vergleich herangezogene Modell des jeweiligen Aufsatzes genauer spezifiziert, da in einigen Aufsätzen mehrere modelltheoretische Untersuchungen durchgeführt wurden. So beziehen sich die Angaben zu BGM (1994) z. B. nur auf das Modell mit dem unverzerrten, subjektiven Maß und die Aussagen zu RR (2009) betreffen nur das Ein-Agent-Modell, wohingegen die Mehr-Agenten-Modelle analog zu Abschnitt 3.3 nicht betrachtet werden. Einen bisher noch nicht erörterten Aspekt stellen die Ausführungen zu den „**Implikationen für die betriebliche Praxis**" auf der letzten Seite und in der letzten Zeile in Tabelle 3.2 dar, auf den im Folgenden näher eingegangen werden soll.

Aufsatz	**Baker/Gibbons/Murphy (1994)**	**Budde (2007)**	**Budde (2008)**	**Rajan/Reichelstein (2009)**
Problematik	Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgröße/n bedingt Anreizproblem auf Seiten des Prinzipals zum Bruch des impliziten Vertrages durch Einbehalten der Bonuszahlung			
Systematisierung	3.2 Langfristige Anreizverträge bei risikoneutralem Agenten			3.3 Kurzfristige Anreizverträge bei risikoscheuem Agenten
Akteure	risikoneutraler Prinzipal, risikoneutraler Agent			risikoneutraler Prinzipal, risikoaverser Agent
betrachtete Analyse	Kombination impl. + expl. V. bei unverzerrter subj. Beurteilung	Impl. + expl. V. (hybrider Vertrag) auf Basis von Balanced Scorecard (BSC)	Vertrag mit Ausstiegsklausel für den Prinzipal	Ein-Agent-Modell
zugrundeliegendes Anreizproblem bei unbeobachtbarem Arbeitseinsatz (Hidden Action)	Kongruenzproblem durch Hidden information: Arbeitseinsatz kann bei unsicherem Grenzbeitrag μ, den Agent privat beobachtet, nicht optimal über die Umweltzustände gesteuert werden	Kongruenzproblem durch Multitask: Arbeitseinsatz kann nicht optimal auf die einzelnen Aktionen verteilt werden		Risiko-Anreiz-Problem: Beurteilung anhand risikobehafteten Performancemaß zur Anreizsetzung bedingt suboptimale Risikoteilung
angenommene Dauer der Vertragsbeziehung	unendlich oft wiederholte einperiodige Kooperation repräsentiert langfristige Vertragsbeziehung mit Unsicherheit bezüglich des Endes des Vertrages			eine Periode
Annahme bzgl. des **Zustandekommens des impliziten Vertrages**	Selbstdurchsetzender impl. Vertrag sofern Bonuszahlung glaubwürdig (so dass erwarteter Nutzen aus fortgeführter Kooperation größer als bei Vertragsbruch durch Einbehalten des impliziten Bonus); Akteure spielen Trigger-Strategien			Selbstverpflichtung des Prinzipals zur Auszahlung festgelegter Bonuspools (inkl. möglicher Teilzahlung an externe dritte Partei)
Annahmen bzgl. des **unbeobachtbaren Arbeitseinsatzes**	eindimensional; stetig im Bereich 0 bis 1; bestimmt Wahrscheinlichkeit für Realisierungen der Beurteilungsgrößen	mehrdimensional (Multitask-Modell), stetig; lineare, werterhöhende Beziehung zur Zielgröße und den Beurteilungsgrößen	mehrdimensional (Multitask-Modell), stetig; lineare, werterhöhende Beziehung zu den Beurteilungsgrößen	eindimensional, diskret: a^h oder a^l; bestimmt Wahrscheinlichkeit für Realisierungen der Beurteilungsgrößen

Aufsatz	Baker/Gibbons/Murphy (1994)	Budde (2007)	Budde (2008)	Rajan/Reichelstein (2009)
Annahmen zur **Zielgröße x des Prinzipals**	nichtverifizierbare, binäre Größe: 0 od. 1; risikobehaftet; subjektive Beurteilungsgröße des impliziten Vertrages	nichtverifizierbare, stetige Größe; erfasst alle Dimensionen des Arbeitseinsatzes; perfekt präzise, wird aber bewusst nicht als subj. Beurteilungsgröße verwendet	nichtverifizierbare, stetige Größe; erfasst alle Dimensionen des Arbeitseinsatzes; perfekt präzise; subj. Beurteilungsgröße des impl. Vertrages (Zielvorgabe für fixe Bonuszahlung)	verifizierbare (objektive), binäre Größe: x^h oder x^l; risikobehaftet; Beurteilungsgröße des expliziten Bonuspool-Vertrages; sollte neben dem subj. Maß auch noch im impl. Vertrag verwendet werden
Annahmen zur **Beurteilungsgröße y**	verifizierbare (obj.), binäre Größe: 0 od. 1; gibt Zielgröße x verzerrt wieder (wegen unsicherem Grenzbeitrag μ); risikobehaftet; obj. Beurteilungsgröße des expliziten Vertrages	Vektor **y** umfasst bei Budde (2007) die verifizierbaren BSC-Kennzahlen ($\mathbf{y_v}$) und auch die nichtverifizierbaren; stetige Größen; jedes Maß kann alle Dimensionen des Arbeitseinsatzes erfassen; perfekt präzise; Maße $\mathbf{y_v}$ werden im expl. V. verwendet	verifizierbare, stetige Größe; kann alle Dimensionen des Arbeitseinsatzes erfassen; risikobehaftet (unpräzise); obj. Beurteilungsgröße eines rein expliziten Vertrages	nichtverifizierbare (subjektive), binäre Größe: y^h oder y^l; risikobehaftet; stochastisch unabhängig von x; impl. Entlohnung sollte (zusätzlich zu obj. Maß) auf subj. Maß y beruhen
Annahmen bzgl. des **Anreizvertrages s**	Fixzahlung w; Bonus v_x für x=1 (impl. V.) (wird mit Wahrsch. a erreicht) und Bonus v_y für y=1 (expl. V) (wird mit Wahrsch. μ*a erreicht)	Fixzahlung w; leistungsabh. Entl. basierend auf y_v mit Beteiligungsraten v_v (expl. V.); fixer Bonus B für Erreichen von Zielvorgabe basierend auf **y** (impl. Vertrag)	Fixzahlung w; fixer Bonus B für Erreichen von Zielvorgabe basierend auf x (impl.V. + Ausstiegsoption aus expl. V.), Restzahlung aus expl. V. basierend auf y	Bonuspool w^h für x^h und w^l für x^l (expl. Vertrag) sowie Verpflichtung zur vollständigen Auszahlung; impl. Vertrag mit Entlohnungen s^{hh}, s^{hl}, s^{lh}, s^{ll} auf Basis von x und y (Differenz zwischen w und s an dritte Partei)
Besonderheit	rein impl. Vertrag auf Basis von nichtverifiz. Zielgröße x (= unverzerrte subj. Beurteilungsgröße) könnte zur First-best-Lsg. führen	BSC-Kennzahlensystem **y** würde zur First-best-Lsg. führen, wenn $\mathbf{y=y_v}$; impliziter Vertrag basiert auf Vektor **y** (subj. + obj. Kennzahlen)	spezieller zeitl. Ablauf: Realisierung von x zeitlich vor y (nicht gleichzeitig); Ausstiegsoption aus expl. Vertrag: Zahlung von Bonus B nach Realisierung von x (impl. V.) und Restzahlung gem. y (expl. Vertrag)	y immer informativ bzgl. a in Anwesenheit von x (und umgekehrt) wegen angenommener stoch. Unabhängigkeit zwischen x und y

<table>
<tr><th>Aufsatz</th><th>Baker/Gibbons/Murphy (1994)</th><th>Budde (2007)</th><th>Budde (2008)</th><th>Rajan/Reichelstein (2009)</th></tr>
<tr><td>Untersuchungs-schwerpunkt</td><td colspan="3">optimale Kombination eines impliziten Vertrages auf Basis subjektiver Größe/n und eines expliziten V. basierend auf verifizierbaren Maß/en im Rahmen einer langfristigen Beziehung, wobei rein expl. Vertrag mögliche Rückzugsposition des Prinzipals nach Vertragsbruch</td><td>Charakteristika des opt. impl. Vertrages auf Basis verifizierbarer und nichtverifizierbarer Beurteilungsgröße im Rahmen von einperiodiger Bonuspool-Vereinbarung</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Ergebnisse der Modellanalyse</td><td colspan="3">zu hoher Diskontierungszinssatz des Prinzipals verhindert impliziten Vertrag auf Basis nichtverifizierbarer Beurteilungsgröße/n</td><td rowspan="4">impl. Vertrag auf Basis des obj. Maßes x und des subj. Maßes y führt durch Informationsgehalt von y zu verbessertem Risiko-Anreiz-Tradeoff (komplementäre Wirkung); Zusatznutzen aus mögl. impl. V. wird mit Zusatzkosten durch Zahlung an dritte Partei abgewogen, so dass y teilweise nicht verwendet wird (Einschränkung des „Informativeness“-Prinzips); opt. Entlohnungsschema des impl. V. ist komprimiert (variiert bei x^h nicht in y)</td></tr>
<tr><td colspan="3">zu hoher Reservationsnutzen des Agenten verhindert impl. V., sofern rein expl. V. keine Rückzugsposition darstellt</td></tr>
<tr><td>Hinreichend hohe Effektivität des rein expl. Vertrages (durch zu geringe Verzerrung der obj. Größe bzw. zu hohe Kongruenz zur Zielgröße x) verhindert impl. Vertrag, sofern rein expl. Vertrag Rückzugspos. darstellt (substitutive Wirkung), da Rückzugspos. im Fall eines Vertragsbruchs dann zu gut wird, so dass impl. V. nicht mehr glaubwürdig</td><td>Effektivität des rein expl. V. (durch zu hohe Kongruenz der aggregierten Beurteilungsgröße auf Basis der verif. Maße zur Zielgröße x) verhindert impl. Vertrag nicht (da anders als bei BGM (1994) der impl. V. auch die obj. Maße einbezieht und dadurch der impl. Bonus verringert werden kann (kleinerer Bonus ist eher glaubwürdig))</td><td>Effektivität des rein expl. V. (durch zu hohe Kongruenz der obj. Beurteilungsgröße y zur Zielgröße x) verhindert impl. Vertrag nicht (da anders als bei BGM (1994) der impl. Vertrag als Ausstiegsoption aus expl. V. konzipiert ist und dadurch die Bonushöhe verringert werden kann)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Anstieg der Effektivität des expl. V. verbessert Realisierbarkeit des impl. V. , sofern rein expl. V. keine Rückzugspos. darstellt (komplementäre Wirkung)</td></tr>
</table>

Aufsatz	Baker/Gibbons/Murphy (1994)	Budde (2007)	Budde (2008)	Rajan/Reichelstein (2009)
Implikationen für die betriebliche Praxis	Verzerrung des obj. Maßes kann als Manipulierbarkeit einer verifiz. (RW-) Größe interpretiert werden (vgl. z. B. Gibbs et al. (2004)), die durch subj. Beurteilung relativiert werden kann; Ergebnis der Analyse lässt erwarten, dass Anreizverträge eher auf subjektiven Beurteilungen beruhen, je stärker manipulierbar die obj. Größen sind	Lineare Anreizverträge auf Basis der untersuchten, idealisierten BSC implizieren, dass ein Teil der Kennzahlen negativ gewichtet sein müsste; bei Nichtverifizierbarkeit einiger Kennzahlen müssten für verifiz. Maße zwei verschd. Gewichte für die Entl. im expl. Vertrag und für die Zielvereinbarung des impl. V. festgelegt werden	Bei Nichtkontrahierbarkeit der (idealisierten) Zielgröße des Unternehmens, die zeitlich eher realisiert wird als verifizierbare (RW-)Größe, könnte vorgestellter Vertrag mit Ausstiegsoption basierend auf (subj.) Zielgröße für bessere Anreizsetzung als bei linearem Vertrag allein auf Basis der verifiz. RW-Größe genutzt werden	Ergebnis der Analyse lässt erwarten, dass Einbezug subjektiver Beurteilung zusätzlich zu verifiz. Performancemaß über vorgestellten Bonuspool nur bei hohem Informationsgehalt der subj. Beurteilung vorkommt und vereinbarte Entlohnung bei stoch. unabh. Signalen komprimiert wäre

Tabelle 3.2: Vergleich der modelltheoretischen Analysen von BGM (1994), Budde (2007, 2008) und RR (2009)[193]

[193] Verwendete Abkürzungen: BSC - Balanced Scorecard, Entl. – Entlohnung, expl. - explizit, impl. – implizit, obj. – objektiv, opt. – optimal, RW – Rechnungswesen, subj. – subjektiv, unabh. – unabhängig, V. – Vertrag, verifiz. - verifizierbar, verschd.-verschiedene

Bei **BGM (1994**) ist die Zielgröße des Prinzipals eine binäre, nichtverifizierbare Größe, so dass es sich dabei z. B. um eine subjektive Beurteilung zur Erzielung eines Projekterfolgs oder –misserfolges handeln könnte.[194] Man stelle sich z. B. vor, dass eine Angestellte im mittleren Management, die mit einer Projektrealisierung betraut und für die fristgerechte Erreichung vorgegebener Meilensteine verantwortlich ist, dafür dann mit einem impliziten Bonus belohnt wird. Die zusätzlich zur Verfügung stehende verifizierbare Beurteilungsgröße, die das nichtverifizierbare Performancemaß nur verzerrt wiedergibt, könnte eine Größe aus der Buchhaltung sein, z. B. eine vom Kunden zu leistenden Teilzahlung, die vertraglich an den Meilenstein gebunden ist, oder eine vorgenommene oder unterlassene Teilkapitalisierung des Projektes in der Unternehmensbilanz. Hierbei ist gut denkbar, dass die Managerin genauere Informationen zu der Zahlungsbereitschaft des Kunden oder zu den bilanzpolitischen Zielen der Finanzbuchhaltung erlangt als die Unternehmensleitung oder dass sie selbst z. B. in die Aktivierungsentscheidung eingebunden ist und mögliche bilanzpolitische Ermessensspielräume ggf. selbst aktiv ausnutzen kann. In diesem Sinne wurde die Verzerrung des objektiven Maßes in der Analyse von BGM (1994) in späteren empirischen Untersuchungen wie z. B. von Gibbs et al. (2004)[195] und Ederhof (2010)[196] als Manipulierbarkeit verifizierbarer (Rechnungswesen)-Größen interpretiert, die durch eine subjektive Beurteilung relativiert werden können.[197] Auf Basis dieser Interpretation lassen die Ergebnisse von BGM (1994) erwarten, dass Anreizverträge eher auf subjektiven Performancemaßen beruhen, je stärker manipulierbar die objektiven Größen sind,[198] denn eine zu geringe Verzerrung der objektiven Größe führte hier zu einer Verhinderung des impliziten Vertrages basierend auf dem subjektiven Maß.

Budde (2007) geht bei seiner Analyse zur Anreizsetzung mittels einer Balanced Scorecard (BSC) anfangs davon aus, dass alle im Rahmen der BSC verwendeten Kennzahlen verifizierbar seien. Dagegen ist die Zielgröße des Prinzipals nicht verifizierbar und könnte z. B. der Unternehmenswert einer nichtbörsennotierten Gesellschaft sein. Die größte Herausforderung bei der praktischen Umsetzung wäre hier, neben der Auswahl der zu verwendenden BSC-

---

[194] Beide Fälle (Erfolg oder Misserfolg) wären dann mit einem bestimmten (vorab bekannten) Beitrag zum Unternehmenswert (als Zielgröße des Prinzipals) verbunden, der bei Misserfolg z. B. null betragen könnte.
[195] Vgl. Gibbs et al. (2004), S. 412.
[196] Vgl. Ederhof (2010), S. 1928.
[197] Trotz der verwendeten Terme „worker“ und „firm“ im Aufsatz von BGM (1994), z. B. auf S. 1130, erscheint die Interpretation des Agenten als Fabrikarbeiter nicht so passend, da in diesem Fall als verifizierbare Maße wohl v. a. mengenmäßige Outputgrößen relevant wären und Verzerrungen bei solchen Maßen oder Informationsvorteile des Agenten dann weniger plausibel erscheinen.
[198] Entsprechende Hypothesen wurden in den Studien von Gibbs et al. (2004) und Ederhof (2010) getestet, die allerdings nicht belegt werden konnten.

Kennzahlen, die Ermittlung der Grenzbeiträge der Aktionen dieser Kennzahlen, vorausgesetzt, dass sich über den angenommenen, funktionalen Zusammenhang zwischen den Aktionen des Agenten und den diversen, monetären und nichtmonetären Beurteilungsgrößen diese Beziehung überhaupt in der Realität abbilden lässt. Durch die Annahme der „Ausgeglichenheit" der BSC-Kennzahlen kann bei Budde (2007) perfekte Kongruenz der aggregierten BSC-Größe zur Zielgröße des Prinzipals erreicht werden. Allerdings müssten dabei einige BSC-Kennzahlen zum Ausgleich von Überanreizen negativ gewichtet werde, wodurch Akzeptanzprobleme auftreten könnten. Im weiteren Verlauf seiner Untersuchung geht Budde (2007) von der Nichtverifizierbarkeit einiger BSC-Kennzahlen aus. Der als Ergebnis der Modellanalyse ermittelte optimale Anreizvertrag sieht in dem Fall für die verifizierbaren Kennzahlen typischerweise je unterschiedliche Beteiligungsraten für die leistungsabhängige Entlohnung des expliziten Vertrages und die Zielvereinbarung des impliziten Vertrages vor. Dadurch könnten sich mögliche Informationsüberlastungs- und Akzeptanzprobleme verstärken. Insgesamt gewährt die Untersuchung von Budde (2007) einen Einblick in die enormen Schwierigkeiten und die hohe Anzahl möglicher Fehlerquellen, die sich in der Praxis bei dem Versuch der Verknüpfung einer Balanced Scorecard (BSC) mit formelbasierten Entlohnungsverträgen ergeben würden.

In **Budde (2008**) wird die nichtverifizierbare, aber beobachtbare Zielgröße des Prinzipals als subjektive Beurteilungsgröße verwendet. Man könnte hier ebenfalls annehmen, dass es sich dabei um den Unternehmenswert einer nichtbörsennotierten Gesellschaft (z. B. der Tochtergesellschaft in einem Konzern) handelt. Im Idealfall könnte dieser Wert perfekt präzise ermittelt werden, z. B. unmittelbar nach einer erfolgreichen Projektrealisierung, so dass dieses nichtverifizierbare, stetige Performancemaß z. B. als Beurteilungsgröße des Vorstandes dieser Tochtergesellschaft herangezogen werden könnte. Als objektive, verifizierbare Beurteilungsgröße wäre eine Bilanzkennzahl dieser Gesellschaft vorstellbar, wobei die Veröffentlichung des Jahresabschlusses aufgrund der getroffenen Modellannahmen zeitlich später als die nichtverifizierbare Unternehmenswert-Einschätzung erfolgen muss. In solch einer Situation könnte die von Budde (2008) konzipierte Vertragskombination mit dem impliziten Vertrag als Ausstiegsoption aus dem expliziten Vertrag eine effektivere Anreizsetzung als ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis der finanziellen Kennzahl ermöglichen. Als Besonderheiten der angenommenen Modellsituation identifiziert Riegler (2008) u. a. die Notwendigkeit einer zweifachen Performancebewertung und leistungsabhängigen Entlohnungszahlung innerhalb derselben Periode. Weiterhin regt Riegler (2008) an, die Existenz der von Budde (2008) konzipierten Vertragskombinationen mit der Ausstiegsoption empirisch zu überprüfen, wobei ein positiver Befund darauf schließen lassen würde, dass formale bzw. explizite Verträge tatsächlich die Durchführbarkeit impliziter Verträge verbessern können.[199]

In dem diskreten Modell von **RR (2009)** gibt es zwei binäre Beurteilungsgrößen: eine verifizierbare und eine nichtverifizierbare. Für die modelltheoretische Analyse ist es hier nicht zwingend erforderlich, dass eines dieser beiden Performancemaße die Zielgröße des Prinzipals darstellt. Denn unter der Annahme, dass der Prinzipal den hohen Arbeitseinsatz induzieren möchte, ist der Erwartungswert der Zielgröße schon bekannt und wird im Optimierungsproblem (vgl. (3.68)-(3.71)) nicht berücksichtigt. Die nichtverifizierbare Beurteilungsgröße muss nun anders als in den vorhergehenden Analysen nicht mit der Zielgröße des Prinzipals übereinstimmen, so dass sie statt des Beitrags des Agenten zum Unternehmenswert z. B. subjektive Beurteilungen des Vorgesetzen bzgl. beliebiger Leistungsmerkmale des Agenten einschließen würde. Das objektive, verifizierbare Performancemaß könnte eine Größe aus dem Rechnungswesen[200] darstellen, z. B. das Jahresergebnis einer Tochtergesellschaft oder ein Bereichsergebnis im Sinne eines binären Signals der Form: „Gewinn oder Verlust“. In der hier beschriebenen Situation wäre dann eher das objektive Maß als Zielgröße des Prinzipals denkbar.[201] Das Zahlenbeispiel von RR (2009) in Tabelle 3.1 (siehe S. 137) könnte im Praxiskontext so interpretiert werden, dass für die Erzielung eines Gewinns ein Bonuspool von 22.660 € (Skalierung aller Werte durch Multiplikation mit 1000) und bei Vorliegen eines Verlustes ein Bonuspool in Höhe von 6.870 € festgelegt wird. Implizit wird vereinbart, dass der Bonuspool von 6.870 € nur vollständig an den Agenten ausgezahlt wird, sofern die subjektive Beurteilung des Vorgesetzten vorteilhaft ausfällt. Bei einer schlechten subjektiven Beurteilung erhält der Agent nur 3.180 €, wobei die Differenz von 3.690 € dann vom Unternehmen extern gespendet werden muss. Die Modellanalyse von RR (2009) führte zu den Resultaten, dass das subjektive Signal teilweise nicht berücksichtigt wird und im Falle einer Verwendung dann nur die Entlohnung für die niedrige Realisation des objektiven Maßes im subjektiven Maß variiert. Diese beiden Ergebnisse legen die Vermutung nahe, dass subjektive Beurteilungen nur bei einem ausreichend hohen Informationsgehalt berücksichtigt werden und die Entlohnungszahlungen bei Einbezug des subjektiven Signals komprimiert wären.[202]

---

[199] Vgl. Riegler (2008), S. 278-279.
[200] Vgl. Rajan/Reichelstein (2009), S. 213.
[201] Deshalb wurde bei der Darstellung der Analyse von RR (2009) im Rahmen dieser Arbeit (vgl. Abschnitt 3.3) für das objektive Performancemaß die Variable x verwendet, die die Zielgröße des Prinzipals bezeichnet.
[202] Eine auf dem Modell von Rajan/Reichelstein (2009) aufbauende empirische Untersuchung wurde von Ederhof (2010) durchgeführt.

Die **Übersicht in Tabelle 3.2** ermöglicht den direkten Vergleich der Modellergebnisse der in diesem Kapitel vorgestellten Analysen. Bei den in Abschnitt 3.2 untersuchten langfristigen Anreizverträgen für einen risikoneutralen Agenten führte die Untersuchung von BGM (1994) zu dem kontraintuitiven Resultat, dass die Verfügbarkeit eines objektiven Maßes einen impliziten Vertrag verhindern kann. Dagegen zeigt Budde (2007, 2008), dass ein solches Ergebnis umgangen werden kann, wenn in den impliziten Vertrag auch die verifizierbaren Maße einbezogen werden. Zur Erzielung dieses Resultats sind allerdings andere und teilweise auch strengere Annahmen als bei BGM (1994) nötig, so dass darüber andere Situationen abgebildet werden. Das von BGM (1994) untersuchte Modell kann als repräsentativ für eine Situation mit manipulierbaren, verifizierbaren (Rechnungswesen)-Größen interpretiert werden, wobei Budde (2007) den besonderen Fall einer Anreizsetzung mittels einer Balanced Scorecard betrachtet. Bei Budde (2008) besteht die Besonderheit der analysierten Agency-Beziehung in der Ausstiegsoption aus dem expliziten Vertrag. Den drei genannten Analysen ist gemein, dass sie sich allesamt auf einen risikoneutralen Agenten beziehen. Dagegen wurde der Standardfall eines risikoscheuen, arbeitsaversen Agenten nicht berücksichtigt. Somit geben die Untersuchungen keinen Aufschluss darüber, wie sich die Verfügbarkeit eines objektiven Signals in einer langfristigen Vertragsbeziehung bei Vorliegen eines Risiko-Anreiz-Problems auf die Realisierbarkeit eines impliziten Vertrages auswirkt. Ein solches Risiko-Anreiz-Problem wird allerdings von RR (2009) im Rahmen einer einperiodigen Bonuspool-Vereinbarung untersucht. Hier ergibt sich eine komplementäre Wirkung der objektiven und der subjektiven Beurteilungsgröße. Weiterhin stellt sich heraus, dass die Nichtverifizierbarkeit des subjektiven Signals mit Zusatzkosten verbunden ist, die zur Einschränkung des „Informativeness“-Prinzips (vgl. Abschnitt 2.2.4) führen. Der von RR (2009) betrachtete Bonuspool-Vertrag impliziert im Ein-Agent-Modell bei Nutzung des subjektiven Maßes teilweise eine Zahlung an eine externe Partei, was allerdings in der Praxis nicht vorzukommen scheint[203], so dass ein solcher Bonuspool-Vertrag eher für Situationen mit mehreren Agenten als repräsentativ gelten kann. Da in den folgenden Untersuchungen nur die Beziehung zwischen jeweils einem Prinzipal und einem Agenten analysiert werden soll, wird im weiteren Verlauf der Arbeit das Konzept der Bonuspool-Vereinbarungen nicht weiter aufgegriffen. Die Untersuchung konzentriert sich stattdessen auf die Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen in langfristigen Anreizbeziehungen bei Vorliegen eines Risiko-Anreiz-Problems bei eindimensionalem Arbeitseinsatz des Agenten (vgl. Abschnitt 2.2). Dabei soll festgestellt werden, ob sich

[203] Vgl. Rajan/Reichelstein (2009), Fußnote 7, S. 212.

auch hier die Resultate von BGM (1994) bestätigen und inwieweit die in Kap. 2 dargestellten, grundlegenden agencytheoretischen Erkenntnisse wie etwa das „Informativeness"-Prinzip (vgl. Abschnitt 2.2.4) durch die fehlende Verifizierbarkeit der subjektiven Beurteilungsgröße beeinflusst werden. Die modelltheoretische Analyse erfolgt im nächsten Kapitel auf Basis eines LEN-Modells (vgl. Abschnitt 2.2.3) und für die Analyse in Kap. 5 wird ein diskretes Modell (vgl. 2.2.2 und 2.2.4) verwendet.

4 Nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen im LEN-Modell

4.1 Vorbemerkungen

Nachdem im vorangegangenen Kapitel 3 eine Darstellung und vergleichende Beurteilung bestehender Literatur zur Kombination nichtverifizierbarer und verifizierbarer Beurteilungsgrößen in impliziten und expliziten Verträgen gegeben wurde, wird in diesem Kapitel nun mit dem neuen Teil der Analyse begonnen. Dabei werden weiterhin die bereits eingeführten Begriffe verwendet. Ein impliziter oder auch relationaler Vertrag bezeichnet einen Vertrag, der nicht gerichtlich durchgesetzt werden kann. Im Gegensatz dazu steht ein expliziter oder auch formaler Vertrag, dessen Durchsetzbarkeit gerichtlich garantiert werden kann. Für die Kombination beider Vertragstypen, eines impliziten und eines expliziten, wird auch weiterhin von einem „hybriden Vertrag“ die Rede sein. Das Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung und Analyse des optimalen hybriden Anreizvertrages in einer langfristigen Agency-Beziehung bei Vorliegen des grundlegenden Risiko-Anreiz-Problems zwischen einem risikoscheuen, arbeitsaversen Agenten und einem risikoneutralen Prinzipal (vgl. Abschnitt 2.2.1). Von besonderem Interesse ist dabei, welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten sich in dieser Situation im Vergleich zu den Ergebnissen von Baker/Gibbons/Murphy (1994) – nachfolgend wieder abgekürzt mit BGM (1994) - ergeben. Dazu wird der Modellierungsansatz von BGM (1994) zum Zustandekommen einer impliziten Vereinbarung auf Basis einer nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße verwendet. Ich gehe somit ebenfalls von einer unendlich oft wiederholten Beziehung zwischen Agent und Prinzipal mit den gleichen Rückzugspositionen für den Prinzipal aus und nehme an, dass beide Akteure Trigger-Strategien spielen (vgl. Abschnitt 3.2.1). Zur Darstellung des Risiko-Anreiz-Problems wird auf den LEN-Ansatz (vgl. Abschnitt 2.2.3) zurückgegriffen.[204] Im Rahmen des LEN-Modells wird die Anreizentlohnung auf Basis einer nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße, die wie bei BGM (1994) die Zielgröße des Prinzipals darstellt, und einem verifizierbaren Performancemaß, bei dem es sich um eine Größe aus dem Rechnungswesen handeln könnte, analysiert. Dabei stellt sich heraus, dass auch in dieser Situation, ähnlich wie bei BGM (1994), die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages eingeschränkt werden kann, sofern ein rein expliziter Vertrag als Rückzugsposition des Prinzipals (im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung) ein gewisses Maß an Effektivität übersteigt. Hierbei ist eine zu hohe Effektivität anders als bei BGM (1994) allerdings bedingt

[204] Nähere Informationen zu den Problemen und der Rechtfertigung dieses Modellansatzes finden sich in Abschnitt 2.2.3.

durch eine zu geringe Risikoaversion des Agenten oder eine hinreichend hohe Präzision[205] des objektiven, verifizierbaren Performancemaßes. Ein weiterer Unterschied ergibt sich, wenn der rein explizite Vertrag nicht effektiv ist und dann nur eine Produktionseinstellung[206] die Rückzugsposition des Prinzipals darstellt. Hier zeigt die komparative Statik der optimalen Beteiligungsraten der beiden Performancemaße, dass ein Anstieg der Effektivität des expliziten Vertrages auch eine Reduzierung der Beteiligungsrate des nichtverifizierbaren Maßes zur Folge haben kann.[207] Im weiteren Verlauf der Untersuchung folgt im nächsten Abschnitt eine ausführliche Erläuterung der grundlegenden Modellannahmen. Daraufhin wird in Abschnitt 4.3 für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages der hybride Gleichgewichtsvertrag des Agenten bestimmt und die komparative Statik für die optimalen Beteiligungsraten durchgeführt. Die Analyse für die Rückzugsposition Produktionseinstellung erfolgt in Abschnitt 4.4 und daran schließt sich eine Diskussion der Ergebnisse.

4.2 Grundlegende Modellannahmen

Betrachtet wird die Beziehung zwischen einem risikoneutralen Prinzipal und einem risikoscheuen Agenten. Die Annahme der Risikoneutralität des Prinzipals leitet sich dabei aus der Überlegung ab, dass der Prinzipal als Unternehmenseigentümer in der Lage ist, einen Großteil des Risikos aus der Beteiligung durch die Wahl seines Portfolios zu diversifizieren (vgl. auch Fußnoten 62 und 98). Der Prinzipal beauftragt den Agenten mit der Erbringung eines (eindimensionalen) Arbeitseinsatzes a, der zu einem Ergebnis x führt, das dem Prinzipal zusteht. Der Arbeitseinsatz a ist private Information des Agenten und mit einem Disnutzen: $C(a) = \frac{c}{2}a^2$ verbunden, wobei gilt: $c > 0$. Das Ergebnis x ist zwar beobachtbar, aber anders als in Abschnitt 2.2.3 nicht verifizierbar und somit auch nicht kontrahierbar. Es soll gelten: $x = da$, wobei die Variable d die Grenzproduktivität des Arbeitseinsatzes des Agenten beschreibt ($d > 0$). Eine Besonderheit ist hierbei, dass x nicht als risikobehaftet sondern als perfekt präzise angenommen wird. Diese Annahme ist für die weitere Modellierung nötig (vgl. Ausführungen weiter unten in diesem Abschnitt) und kann als eine Art Grenzfall angesehen wer-

---

[205] Die Präzision wird hier definiert als der Kehrwert der Varianz (vgl. auch Banker/Datar (1989), S. 29). Eine hohe Präzision ist somit gleichbedeutend mit einer geringen Varianz bzw. einem geringen Risiko.

[206] Der Begriff „Produktionseinstellung“ ist hierbei nur beispielhaft gewählt und soll sich gleichermaßen auch auf Kooperationen zur Dienstleistungserstellung beziehen. Die Rückzugsposition „Produktionseinstellung“ entspricht der Rückzugsposition „Unternehmensstilllegung“ in Abschnitt 3.2.1 im Modell von BGM (1994)).

[207] Pearce/Stacchetti (1998) untersuchen ebenfalls eine wiederholte Prinzipal-Agent-Beziehung für einen risikoaversen Agenten, wobei sie allerdings annehmen, dass sich der implizite Bonus auf die geleistete Entlohnungszahlung des expliziten Vertrages beziehen kann. Diese Annahme wird bei BGM (1994) und auch in der vorliegenden Analyse nicht getroffen, so dass anders als bei Pearce/Stacchetti (1998) hier keine Konsumglättungseffekte auftreten (vgl. Pearce/Stacchetti (1998), S. 78.).

den. Das Ergebnis bzw. die Zielgröße x des Prinzipals könnte z. B. der Beitrag des Agenten zum Unternehmenswert sein, der perfekt präzise ermittelt werden kann. Nach der Realisierung von x kann der Prinzipal somit auf a schließen.[208] Neben x gibt es ein objektives, verifizierbares und risikobehaftetes Performancemaß y, das z. B. eine Kennzahl aus dem Jahresabschluss des Unternehmens sein könnte. Diese Größe y ist vom Arbeitseinsatz des Agenten und einem Umwelteinfluss ε linear abhängig: $y = \mu a + \varepsilon$. Die Variable μ bezeichnet den Grenzbeitrag des Arbeitseinsatzes, der größer als null sei, und der Störterm ε wird als normalverteilt angenommen mit dem Erwartungswert 0 und der Varianz: $var(\varepsilon) = \sigma^2$. Analog zu der Vorgehensweise in Kap. 2 wird der Störterm ε hier wieder unterdrückt und y selbst als normalverteilte Zufallsvariable mit dem Erwartungswert $E(y) = \mu a$ angesehen. Es gelten die weiteren Annahmen des LEN-Modells (vgl. Abschnitt 2.2.3). Der Agent hat eine negativ exponentielle Nutzenfunktion der Form: $U^A = -exp\big(-r(s - C(a))\big)$, wobei r den Risikoaversionskoeffizienten und s die Entlohnung angibt. Der Reservationslohn[209] des Agenten aus alternativer Beschäftigung oder Freizeit ist: CEA_0. Der Anreizvertrag des Agenten soll nun sowohl auf die verifizierbare Größe y als auch auf die nichtverifizierbare Zielgröße x des Prinzipals konditionieren: $s = w + v_y y + v_x x$. Hier handelt es sich nur bei dem ersten Teil des Entlohnungsvertrages: $w + v_y y$, der die fixe Komponente w und eine in y lineare Entlohnung enthält, um einen expliziten bzw. formalen Vertrag. Der Koeffizient v_y repräsentiert dabei die Beteiligungsrate oder auch den Prämiensatz an y. Die Entlohnung auf Basis des nichtverifizierbaren Maßes x ist dagegen Teil eines impliziten Vertrages, der nicht gerichtlich durchsetzbar ist. Die implizit vereinbarte Bonuszahlung $B = v_x x$ ist linear in x und die Beteiligungsrate des Agenten an dieser nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße wird mit v_x bezeichnet. Beide Akteure maximieren ihren Erwartungsnutzen, der über das entsprechende Sicherheitsäquivalent (engl.: certainty equivalent) angegeben wird. Aufgrund der getroffenen LEN-Annahmen ist das Sicherheitsäquivalent des Agenten CEA die Differenz aus der erwarteten Entlohnung, den persönlichen Kosten aus dem Disnutzen und der Risikoprämie (vgl. Abschnitt 2.2.3), mithin: $CEA = E[s(x,y)] - C(a) - \frac{r}{2} var[s(y)]$. Da hier das Performancemaß x als risikolos angenommen wurde, ist die Risikoprämie nur von der objektiven Größe y abhängig. Für den risikoneutralen Prinzipal entsprechen der Erwartungsnutzen und das Sicherheitsäquivalent CEP dem Erwartungswert des Nettoüberschusses aus dem Ergebnis

[208] Im Unterschied zu Hermalin/Katz (1991), die von beobachtbarem, aber nichtverifizierbarem Arbeitseinsatz des Agenten ausgehen, erfährt der Prinzipal hier den gewählten Arbeitseinsatz erst nach der Realisierung von x, so dass eine Nachverhandlungsmöglichkeit hier nicht zur Implementierung der First-best-Lösung führen würde.

[209] Als Reservationslohn wird analog zu Abschnitt 2.2.3 der über das Sicherheitsäquivalent formulierte Reservationsnutzen des Agenten bezeichnet.

x und der an den Agenten zu zahlenden Entlohnung s. In einem einperiodigen Szenario würde der Prinzipal nun den impliziten Bonus, wie bereits erwähnt, nicht zahlen, da das Maß x nicht verifizierbar und die Bonuszahlung somit nicht gerichtlich durchsetzbar ist. Zudem erwächst dem Prinzipal kein weiterer Nutzen aus einer Fortführung der Kooperation. Der zeitliche Ablauf der Interaktion beider Vertragsparteien ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Prinzipal bietet dem Agenten den obenstehenden hybriden Anreizvertrag $s(x, y)$. Der Agent entscheidet daraufhin, ob er diesen Vertrag annimmt oder nicht. Im Falle einer Vertragsannahme, wählt der Agent anschließend seinen für den Prinzipal unbeobachtbaren Arbeitseinsatz a. Danach werden die Performancemaße x und y realisiert und der Prinzipal leistet die im formalen Vertrag vereinbarte Entlohnungszahlung auf Basis von y an den Agenten. Außerdem entscheidet der Prinzipal zu diesem Zeitpunkt, ob er die implizite Bonusvereinbarung erfüllt oder den relationalen Vertrag bricht, indem er den Bonus einbehält.

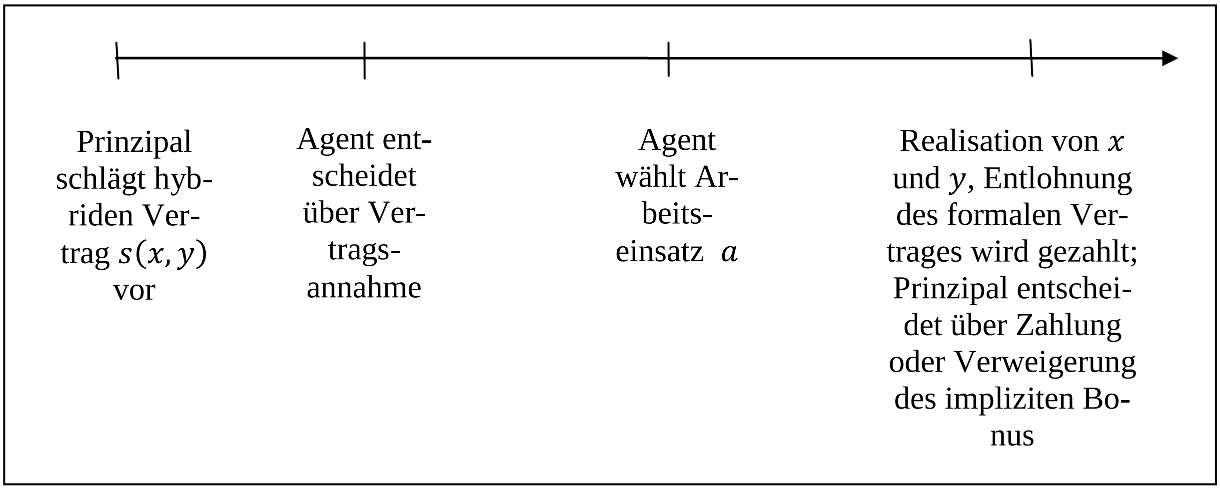

Abbildung 3: Sequentieller Ereignisablauf je Periode

Um das Zustandekommen eines hybriden Vertrages zu ermöglichen, muss von einer langfristigen Kooperation zwischen den beiden Parteien ausgegangen werden. Wie bei BGM (1994) wird hier eine unendlich oft wiederholte, einperiodige Beziehung zwischen dem Unternehmen als Prinzipal und dem Mitarbeiter als Agenten betrachtet. Es wird ebenfalls angenommen, dass beide Akteure Trigger-Strategien spielen, d. h. sie kooperieren so lange, bis eine der Parteien sich nicht an die implizite Vereinbarung hält. Nach einem Vertragsbruch der jeweils anderen Partei sind die Akteure nie wieder bereit, die Kooperation auf Basis des impliziten Vertrages fortzusetzen.[210] Für die Existenz eines Gleichgewichtes muss ein solcher impliziter Vertrag selbstdurchsetzend sein, d. h. die Vertragseinhaltung muss von selbst aus dem rationalen Verhalten der Vertragspartner resultieren. Um dies sicherzustellen, wird bei der Ermitt-

[210] Wie bei BGM (1994) werden hier optimale Bestrafungen und Nachverhandlungsmöglichkeiten zur Vereinfachung der Analyse nicht berücksichtigt.

lung des optimalen hybriden Vertrages berücksichtigt, dass der erwartete Nutzen des Prinzipals aus einer Fortführung des relationalen Vertrages größer sein muss als sein Nutzen aus einem Vertragsbruch, so dass der Prinzipal den implizit vereinbarten Bonus wirklich an den Agenten zahlt. Die entsprechende Nebenbedingung wird weiter unten in diesem Abschnitt noch genauer erläutert.

Notation im Überblick

a - Arbeitseinsatz des Agenten
x - nichtverifizierbare Zielgröße des Prinzipals: $x = da, \quad d > 0$
y – verifizierbare Beurteilungsgröße: $y = \mu a + \varepsilon, \;\; \mu > 0$
ε - zufälliger Umwelteinfluss, Störterm: $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$
$U^A(s,a)$ - Nutzenfunktion des Agenten: $U^A(s,a) = -exp\left(-r\big(s - \mathrm{C}(a)\big)\right)$
r - Risikoaversionskoeffizient des Agenten
$C(a)$ - Disnutzen des Agenten aus Arbeitseinsatz: $C(a) = \frac{c}{2}a^2, \quad c > 0$
$s(x,y)$ - Entlohnung des Agenten: $\quad s(x,y) = w + v_y y + B$
w - Fixgehalt, Fixum
v_y - Beteiligungsrate an y
B - Bonus (impliziter Vertrag): $B = v_x x$
v_x- Beteiligungsrate an x
CEA- Sicherheitsäquivalent des Agenten
CEP- Sicherheitsäquivalent des Prinzipals
CEA_0- Reservationslohn des Agenten
i- Diskontierungszinssatz des Prinzipals

In dem beschriebenen Szenario würde nun, falls x verifizierbar wäre, ein formaler Vertrag allein auf Basis von x die First-best-Lösung liefern, da x informativ über den Arbeitseinsatz a im Sinne von Definition 2.1 (vgl. S. 49) ist und zudem ein risikoloses Maß darstellt. In diesem Fall würde dann das Maß y nicht im optimalen Anreizvertrag berücksichtigt werden. Des Weiteren könnte für einen risikoneutralen Agenten die First-best-Lösung durch einen expliziten Vertrag auf Basis von y über eine „Verpachtungslösung" erzielt werden (vgl. Abschnitt 2.2.3). An sich beschreibt die sogenannte **First-best-Lösung** die erzielten Erwartungsnutzen des optimalen Vertrages bei Informationssymmetrie, d. h. wenn der Arbeitseinsatz des Agenten beobachtbar und verifizierbar wäre, so dass er vertraglich vorgegeben werden kann. In diesem Fall ergibt sich der optimale Arbeitseinsatz mit $a^{FB} = \frac{d}{c}$ (vgl. (2.45) auf S. 43) und der Erwartungswert des Überschusses des Prinzipals beträgt: $CEP^{FB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0$ (vgl. (2.47) auf S. 43). Hier würde der Agent eine rein fixe Vergütung in Höhe von $w^{FB} = \frac{d^2}{2c} + CEA_0$ (vgl. (2.46)) zum Ausgleich seines Disnutzens und Reservationsnutzens erhalten, wodurch eine optimale Risikoteilung zwischen dem risikoscheuen Agenten und dem risikoneutralen Prinzipal erreicht wird. Wäre der Agent dagegen risikoneutral oder die risikolose Zielgröße x des Prinzipals verifizierbar, würde man über eine Beteiligungsrate von $v_y = 1$ (im ersten Fall) bzw. $v_x = 1$ (im zweiten Fall) ebenfalls optimale Risikoteilung gepaart mit einer optimalen Anreizsetzung erzielen, so dass auch bei Informationsasymmetrie bzgl. des Arbeitseinsatz des Agenten die First-best-Lösung mit a^{FB} sowie CEP^{FB} erreicht werden würde (vgl. Abschnitt 2.2.3). Aus der Gleichung $a^{FB} = \frac{d}{c}$ ist ersichtlich, dass der First-best-Arbeitseinsatz mit der Grenzproduktivität d des Arbeitseinsatzes steigt und mit der marginalen Veränderung der Grenzkosten c sinkt. Der First-best-Überschuss des Prinzipals $CEP^{FB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0$ steigt ebenfalls mit d und sinkt mit c sowie der Zunahme des Reservationslohns CEA_0.

Als weiteres Benchmark soll im Folgenden der optimale Gleichgewichtsvertrag nur auf Basis des verifizierbaren Performancemaßes y bestimmt werden, so dass es sich dabei um einen **rein expliziten Vertrag** handelt. Das entsprechende Optimierungsproblem des Prinzipals ist nahezu identisch zu (2.33)-(2.35) (siehe S. 40), nur dass hier nicht die Zielgröße x des Prinzipals als Performancemaß für den risikoscheuen Agenten verwendet wird, da diese nun als nichtverifizierbar angenommen wird. Stattdessen konditioniert der Anreizvertrag auf die verifizierbare Beurteilungsgröße y. Somit hat der lineare Entlohnungsvertrag folgende Form: $s(y) = w + v_y y$. Das Optimierungsproblem des Prinzipals lautet:

$$\max_{w,v_y,a} CEP = E(x) - E(s(y)) \tag{4.1}$$

$$u.d.N. \quad CEA = E\big(s(y)\big) - C(a) - \frac{r}{2} var\big(s(y)\big) \geq CEA_0 \tag{4.2}$$

$$a \in argmax\, CEA = w + v_y \mu a - \frac{c}{2} a^2 - \frac{r}{2} v_y^2 \sigma^2 \tag{4.3}$$

Analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 2.2.3 maximiert der Prinzipal in (4.1) seinen erwarteten Überschuss CEP hinsichtlich der optimalen Vertragsparameter w und v_y und des zu induzierenden optimalen Arbeitseinsatzes: a. Zusätzlich zur Partizipationsbedingung in (4.2), die sicherstellt, dass der erwarteten Nutzen des Agenten, formuliert über sein Sicherheitsäquivalent CEA, mindestens seinem Reservationslohn CEA_0 entspricht, muss noch die Anreizbedingung in (4.3) beachtet werden. Diese berücksichtigt, dass der Agent seinen Arbeitseinsatz so wählt, dass sein Sicherheitsäquivalent CEA maximiert wird. Wie in Abschnitt 2.2.3 wird wieder zuerst der optimale Arbeitseinsatz ausgehend von (4.3) bestimmt. Dieser ergibt sich aus der Optimalitätsbedingung erster Ordnung mit:

$$\frac{\partial CEA}{\partial a} = v_y\mu - ca = 0 \quad \rightarrow \quad a^0 = \frac{v_y\mu}{c} \tag{4.4}$$

Für die Kennzeichnung der optimalen Vertragsparameter des rein expliziten Vertrages wird der Index 0 verwendet. Die Teilnahmebedingung (vgl. (4.2)) wird im Optimum binden, da der Prinzipal zur Maximierung seines Erwartungsnutzens die zu zahlende Entlohnung gerade so hoch wählt, dass sie dem Reservationslohn des Agenten entspricht. Im nächsten Schritt wird somit (4.2) in (4.1) substituiert und das Optimierungsproblem vereinfacht sich folgendermaßen:

$$\max_{v_y} CEP = E(x) - C(a) - \frac{r}{2}var(s(y)) - CEA_0 = da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 \tag{4.5}$$

$$u.d.N. \quad a^0 = \frac{v_y\mu}{c} \tag{4.6}$$

Nach Einsetzen von (4.6) in (4.5) erhält man das folgende unbeschränkte Optimierungsproblem:

$$\max_{v_y} CEP = \frac{d\mu}{c}v_y - \frac{\mu^2}{2c}v_y^2 - \frac{r}{2}\sigma^2 v_y^2 - CEA_0 \tag{4.7}$$

Aus der Bedingung 1. Ordnung von (4.7): $\frac{\partial CEP}{\partial v_y} = \frac{d\mu}{c} - \frac{\mu^2}{c}v_y - r\sigma^2 v_y = 0$ ergibt sich die optimale Beteiligungsrate v_y^0 des rein expliziten Vertrages:

$$v_y^0 = \frac{\frac{d\mu}{c}}{\frac{\mu^2}{c} + r\sigma^2} = \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2} \tag{4.8}$$

Die Beteiligungsrate v_y^0 zeigt ein nahezu identisches Verhalten wie der in Abschnitt 2.2.3 hergeleitete Prämiensatz $v_x^* = \frac{d^2}{d^2+cr\sigma^2}$ (vgl. (2.40), S. 41). Sie sinkt mit höherer Varianz der Beurteilungsgröße y, größerer Risikoaversion r des Agenten und mit der Zunahme der persönlichen Grenzkosten c aus dem Disnutzen. Mit dem Anstieg des Grenzbeitrages μ des Performancemaßes steigt v_y^0, denn die Ableitung nach μ ist positiv: $\frac{\partial v_y}{\partial \mu} = \frac{cr\sigma^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)^2} > 0$. Anders als v_x^* ist die Beteiligungsrate v_y^0 allerdings nicht immer kleiner als 1. Abhängig vom Verhältnis der beiden Grenzbeiträge d und μ sind auch Beteiligungen von über 100% möglich. Der optimale Arbeitseinsatz ermittelt sich nach Substitution von v_y^0 gem. (4.8) in Gleichung (4.6):

$$a^0 = \frac{d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} \tag{4.9}$$

Aus einem Vergleich von a^0 in (4.9) und $a^{FB} = \frac{d}{c}$ (vgl. (2.45)) wird ersichtlich, dass: $a^0 = a^{FB} \frac{\mu^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)}$ und aufgrund von: $\frac{\mu^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)} < 1$ immer geringer ist als der First-best-Arbeitseinsatz. Der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals aus dem optimalen, rein expliziten Vertrag ergibt sich nach Substitution von a^0 gem. (4.9) und v_y^0 gem. (4.8) in die Zielfunktion (4.5) wie folgt (vgl. Herleitung im Anhang):

$$CEP^0 = \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 \tag{4.10}$$

Abschließend sollen noch die Agency-Kosten ermittelt werden. Wie bereits in Abschnitt 2.2.3 erläutert, repräsentieren die Agency-Kosten mögliche Wohlfahrtseinbußen, die sich aus der bestehenden Moral-Hazard-Situation mit unbeobachtbarem Arbeitseinsatz des Agenten ergeben. Sie werden bestimmt als die Differenz des Gleichgewichtsüberschusses des Prinzipals der First-best-Lösung und des Vertrages auf Basis des objektiven Maßes y.[211] Somit berechnen sich die Agency-Kosten durch Subtraktion von CEP^0 (vgl. (4.10)) von CEP^{FB} (siehe (2.47), S. 43), woraus sich das folgende Resultat ergibt (vgl. Herleitung im Anhang):

$$CEP^{FB} - CEP^0 = \frac{d^2 r\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} > 0 \tag{4.11}$$

Aus dem Ergebnis in (4.11) wird deutlich, dass die Agency-Kosten größer als null sind. Es entstehen somit Wohlfahrtseinbußen, die aus einer Reduzierung des induzierten Arbeitseinsatzes ($a^0 < a^{FB}$) und der an den Agenten zu zahlenden Risikoprämie resultieren. Hierbei wird wieder der klassische Risiko-Anreiz-Tradeoff deutlich (siehe auch Abschnitt 2.2.3): zur Anreizsetzung wird der arbeitsaverse und risikoscheue Agent am risikobehafteten Maß y beteiligt, wobei der Prinzipal die Anreize aber gegen die mit der Risikoübernahme verbundenen Kosten abwägen muss.

[211] Da der Agent jeweils seinen Reservationslohn erhält, muss zur Ermittlung eventueller Wohlfahrtseinbußen nur der Überschuss des Prinzipals berücksichtigt werden.

Im Folgenden soll untersucht werden, ob und inwieweit ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis der objektiven Performancegröße y durch die Verwendung des nichtverifizierbaren Maßes x verbessert werden kann. Es wird von dem zuvor beschriebenen linearen Entlohnungsvertrag: $s = w + v_y y + v_x x$ bestehend aus einem expliziten Vertrag: $s(y) = w + v_y y$ sowie einer impliziten Bonusvereinbarung $B = v_x x$ (nachfolgend: hybrider Vertrag) ausgegangen. Wie bereits erwähnt, wird eine unendlich oft wiederholte Beziehung betrachtet, in der sowohl der Prinzipal als auch der Agent Trigger-Strategien spielen. Alternativ zu der einperiodigen Vertragsbeziehung, die unendlich oft wiederholt wird, könnte man auch annehmen, dass es sich stattdessen um eine Folge von Spielen mit unendlich vielen Mitarbeitern handelt, die alle nur eine Periode leben, wobei aber jeder Agent die Historie des Spiels vor Periodenbeginn erfährt.[212] Die **Glaubwürdigkeit der impliziten Bonuszahlung** hängt von einem Vergleich der Überschüsse des Prinzipals bei Bonuszahlung (Vertragseinhaltung) und bei einer Verweigerung dieser implizit vereinbarten Zahlung (Vertragsbruch) ab. Der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals pro Periode CEP wird dabei zuerst unter der Annahme ermittelt, dass der Agent davon ausgeht, dass der Prinzipal die implizite Vereinbarung einhält (vgl. Abschnitt 4.3.1). Andererseits könnte der Prinzipal sich aber auch entscheiden, den impliziten Bonus einzubehalten, denn rechtliche Konsequenzen wären dann nicht zu befürchten. In diesem Fall wäre der Agent allerdings zu keiner weiteren Kooperation im Rahmen des impliziten Vertrages mehr bereit. Da neben der nichtverifizierbaren Größe x auch noch ein verifizierbares Signal y verfügbar ist, erscheint die Annahme plausibel, dass trotz des Bruchs der impliziten Vereinbarung eine weitere Kooperation zwischen den Parteien möglich wäre. Diese könnte dann allerdings nur auf Grundlage eines rein formalen Vertrages $s(y)$ erfolgen und wäre nur möglich, sofern ein solcher rein expliziter Vertrag für sich allein effektiv ist, d. h. $CEP^0 > 0$. Aus dieser Überlegung ergeben sich für den Prinzipal **zwei mögliche Rückzugspositionen** nach einem Bruch der impliziten Vereinbarung:

(1) falls $CEP^0 > 0$ wäre die Rückzugsposition ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis des verifizierbaren Performancemaßes y und der Prinzipal erreicht in allen kommenden Perioden nur noch den erwarteten Überschuss des rein expliziten Vertrages: CEP^0 (vgl. (4.10)).

(2) falls $CEP^0 < 0$ ist die Rückzugsposition eine Produktionseinstellung, da die Kooperation beendet wird und der Prinzipal wegen des Verlusts seiner Reputation auch keinen

[212] Zu dieser Annahme siehe auch Baker/Gibbons/Murphy (1994), Fußnote 2, S. 1130.

anderen Agenten für die Kooperation im Rahmen des hybriden Vertrag gewinnen kann. In diesem Fall beträgt der Überschuss der kommenden Perioden null.

Die möglichen Rückzugspositionen wirken ex ante: wenn der Prinzipal die Einhaltung der impliziten Vereinbarung nicht glaubwürdig versichern kann, kommt entweder nur ein rein expliziter Vertrag oder gar keine Kooperation zustande. An dieser Stelle sollen nun die weiter oben erwähnten Nebenbedingungen für das Zustandekommen eines hybriden Vertrages ausführlich erläutert werden. Da dabei der Glaubwürdigkeit der implizit versprochenen Bonuszahlung entscheidende Bedeutung beikommt, werden diese Bedingungen wie im vorhergehenden Kapitel 3 weiterhin als „Glaubwürdigkeits(GW)“-Bedingungen bezeichnet.

Zuerst wird die **Glaubwürdigkeits-Bedingung für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages** vorgestellt. Damit der implizite Vertrag selbstdurchsetzend ist, muss der Gesamt-Überschuss des Prinzipals bei der Vertragseinhaltung mindestens so hoch sein wie sein Gesamt-Überschuss bei einem Vertragsbruch. Es gilt somit:

$$U^P + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CEP}{(1+i)^t} \geq U^P + B + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CEP^0}{(1+i)^t} \tag{4.12}$$

In der in (4.12) angegebenen Ungleichung wird der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals (bei Leistung des geforderten Arbeitseinsatzes a durch den Agenten) mit CEP bezeichnet. Diesen erzielt der Prinzipal bei Vertragseinhaltung in allen zukünftigen Perioden (von $t = 1$ bis unendlich). Bei der Berechnung des Barwertes aller künftigen Überschüsse wird für den Diskontierungssatz des Prinzipals die Variable i verwendet. Der Überschuss der aktuellen Periode (bei Leistung des geforderten Arbeitseinsatzes) wird mit U^P bezeichnet. Dieser kann von dem erwarteten Überschuss der zukünftigen Perioden abweichen, weil das Performancemaß y risikobehaftet ist. Der Gesamt-Überschuss bei einem Vertragsbruch ist auf der rechten Seite der Ungleichung in (4.12) angegeben. Dieser setzt sich zusammen aus dem Überschuss der aktuellen Periode (in $t = 0$): U^P sowie dem impliziten Bonus $B = v_x x$, den der Prinzipal einbehält. Dazu kommt dann aber in den folgenden Perioden nur noch der erwartete Überschuss auf Basis des rein expliziten Vertrages: CEP^0, da der Agent keine impliziten Verträge mehr akzeptieren wird. Unter Berücksichtigung der Formel für den Barwert einer unendlichen Rente gilt: $\sum_{t=1}^{\infty} \frac{CEP}{(1+i)^t} = \frac{CEP}{i}$, so dass sich die in (4.12) angegebene GW-Bedingung nun folgendermaßen vereinfacht:

$$CEP - CEP^0 \geq iB \tag{4.13}$$

Diese Glaubwürdigkeits-Bedingung für den impliziten Vertrag muss bei der Bestimmung des Gleichgewichtsvertrages berücksichtigt werden. Sofern diese Bedingung nicht erfüllt ist, kann der Prinzipal die Zahlung des implizit vereinbarten Bonus nicht glaubwürdig versichern, so dass der hybride Vertrag nicht zustande kommt. Aus der Betrachtung der Bedingung in (4.13) wird auch deutlich, warum die nichtverifizierbare Zielgröße x perfekt präzise sein muss. Wenn x risikobehaftet wäre, würde die Bonuszahlung $B = v_x x$ abhängig von Zufallseinflüssen schwanken und es wäre dann für den Prinzipal nicht mehr möglich, die Zahlung des impliziten Bonus ex ante glaubwürdig zu versichern. Es könnten dann nämlich abhängig von zufälligen Umwelteinflüssen auch sehr hohe Realisationen von x und damit verbundene sehr hohe Bonuszahlungen auftreten.

Die **GW-Bedingung für die Rückzugsposition einer Produktionseinstellung** muss immer dann im Optimierungsproblem des Prinzipals berücksichtigt werden, wenn $CEP^0 < 0$. Bei einem Vertragsbruch erhält der Prinzipal im Unterschied zu (4.12) in den zukünftigen Perioden nicht den Überschuss auf Basis des rein expliziten Vertrages, da dieser negativ ist. In diesem Fall würden Agent und Prinzipal ihre Zusammenarbeit beenden und die Produktion einstellen. Insofern verkürzt sich (4.12) hier zu:

$$U^P + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CEP}{(1+i)^t} \geq U^P + B + 0 \tag{4.14}$$

$$\Leftrightarrow CEP \geq iB$$

Im weiteren Verlauf der Analyse soll nun der optimale hybride Vertrag für die beiden Rückzugspositionen bestimmt und analysiert werden. Begonnen wird dazu im nächsten Abschnitt mit der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages und daran schließt sich die Analyse für die Rückzugsposition einer Produktionseinstellung in Abschnitt 4.4.

4.3 Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages

4.3.1 Bestimmung des optimalen Vertrages

Im Optimierungsproblem des Prinzipals wird nun neben der Zielfunktion (vgl. (4.15), der Teilnahme- und der Anreizbedingung (vgl. (4.16) und (4.17)) noch die im vorherigen Abschnitt hergeleitete Glaubwürdigkeits-Bedingung für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages (vgl. (4.13)) berücksichtigt:

$$\max_{w,v_x,v_y,a} CEP = E(x) - E(s(x,y)) \tag{4.15}$$

$$u.d.N.\ CEA = E\big(s(x,y)\big) - C(a) - \frac{r}{2} var\big(s(x,y)\big) \geq CEA_0 \tag{4.16}$$

$$a \in \arg\max CEA = w + v_y \mu a + v_x d a - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2} v_y^2 \sigma^2 \tag{4.17}$$

$$CEP - CEP^0 \geq iB$$

Der Prinzipal maximiert seinen erwarteten Nettoüberschuss CEP als Differenz des erwarteten Ergebnisses x und der an den Agenten zu zahlenden, erwarteten Entlohnung aus dem hybriden Vertrag mit dem Vergütungsschema: $s(x,y) = w + v_y y + v_x x$. Die Partizipationsbedingung (4.16) stellt sicher, dass das Sicherheitsäquivalent des Agenten als Differenz aus der erwarteten Entlohnung $E\big(s(x,y)\big)$, den persönlichen Kosten aus dem Disnutzen $C(a)$ sowie der Risikoprämie $\frac{r}{2} var\big(s(x,y)\big)$ mindestens den Reservationslohn des Agenten abdeckt, da der Agent anderenfalls das Vertragsangebot des Prinzipals nicht annehmen würde. In (4.17) beachtet der Prinzipal das Kalkül des Agenten, der seinen Arbeitseinsatz so wählen wird, dass sein Erwartungsnutzen, ausgedrückt über sein Sicherheitsäquivalent: CEA, maximiert wird. Die Varianz der Entlohnung in (4.17) hängt hier nur von y und nicht von x ab, da die nichtverifizierbare Beurteilungsgröße x als sicher angenommen wurde. Bei der Lösung des Optimierungsproblems wird zuerst die GW-Bedingung außer Acht gelassen, da anfangs angenommen werden soll, dass der Agent auf die Einhaltung der impliziten Vereinbarung durch den Prinzipal vertraut. Insofern wird wieder im ersten Schritt der aus Sicht des Agenten optimale Arbeitseinsatz abhängig von dem angebotenen Entlohnungsvertrag bestimmt. Aus (4.17) ergibt sich die Bedingung 1. Ordnung hinsichtlich a mit: $\frac{\partial CEP}{\partial a} = v_y \mu + v_x d - ca = 0$, woraus der optimale Arbeitseinsatz in Abhängigkeit von v_x und v_y bestimmt werden kann:

$$a = \frac{v_y \mu + v_x d}{c} \tag{4.18}$$

Im nächsten Schritt wird die bindende Teilnahmebedingung (vgl. (4.16)) in (4.15) substituiert und nun der Gesamtüberschuss der Agency-Beziehung maximiert:

$$\max_{v_x,v_y} CEP = E(x) - C(a) - \frac{r}{2}var(s) - CEA_0 = da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 \tag{4.19}$$
$u.d.N.$ (4.18)

Nach Substitution von (4.18) in (4.19) erhält man das folgende unbeschränkte Optimierungsproblem:

$$\max_{v_x,v_y} CEP = d\frac{(v_y\mu + v_x d)}{c} - \frac{c}{2}\frac{(v_y\mu + v_x d)^2}{c^2} - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 \tag{4.20}$$

Die partielle Ableitung von (4.20) nach v_x wird null gesetzt: $\frac{\partial CEP}{\partial v_x} = \frac{d^2}{c} - \frac{(v_y\mu d + v_x d^2)}{c} = 0$ und daraus ergibt sich die Beteiligungsrate v_x in Abhängigkeit von v_y wie folgt:

$$v_x(v_y) = 1 - \frac{v_y\mu}{d} \tag{4.21}$$

Ebenso wird die partielle Ableitung von (4.20) nach v_y null gesetzt:
$\frac{\partial CEP}{\partial v_y} = \frac{(d\mu)}{c} - \frac{(v_y(\mu)^2 + \mu v_x d)}{c} - r v_y\sigma^2 = 0$, so dass man diese nach v_y lösen kann:

$$v_y(v_x) = \frac{(1 - v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2} = (1 - v_x)v_y^0 \tag{4.22}$$

Die Beteiligungsrate v_y am verifizierbaren Maß entspricht der mit dem Term: (1-v_x) multiplizierten Beteiligungsrate des rein expliziten Vertrages $v_y^0 = \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$ (vgl. (4.8)). Da die Lösungen für v_x und v_y von der jeweils anderen Rate abhängen, muss nun noch v_y gem. (4.22) in v_x (vgl. (4.21)) substituiert werden:

$$\begin{aligned} v_x &= 1 - \frac{\mu}{d}\frac{(1 - v_x)d\mu}{(\mu^2 + cr\sigma^2)} \\ \leftrightarrow v_x &= 1 - \frac{\mu^2}{(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x\mu^2}{(\mu^2 + cr\sigma^2)} \\ \leftrightarrow v_x\left(1 - \frac{\mu^2}{(\mu^2 + cr\sigma^2)}\right) &= 1 - \frac{\mu^2}{(\mu^2 + cr\sigma^2)} \end{aligned} \tag{4.23}$$

$$\rightarrow v_x = 1$$

Für den Fall, dass der Agent auf die Vertragseinhaltung des Prinzipals vertraut, würde der optimale Vertrag eine alleinige Beteiligung an der Zielgröße x des Prinzipals mit $v_x = 1$ sowie $v_y = 0$ (vgl. (4.22)) vorsehen, wodurch die First-best-Lösung mit: $a = \frac{d}{c} = a^{FB}$ (vgl. (4.18) und (2.45)) sowie: $CEP^{FB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0$ erreicht werden würde. Dieses Resultat ist nicht überraschend, da x als perfekt präzise angenommen wurde und eine 100%ige Beteiligung an x (abzüglich der fixen Komponente w) deshalb sowohl eine Fixentlohnung und eine damit verbundene optimale Risikoteilung als auch eine optimale Anreizsetzung ermöglicht. Hierbei wurde nun aber noch nicht berücksichtigt, dass sich beide Akteure annahmegemäß opportunistisch verhalten und ihren jeweiligen Erwartungsnutzen maximieren (vgl. Abschnitt 2.2.1). Deshalb muss im nächsten Schritt noch die in (4.13) angegebene GW-Bedingung beachtet werden, die sicherstellt, dass die implizite Bonusvereinbarung selbstdurchsetzend ist. Insofern gilt es u. a. zu ermitteln, für welchen Bereich der in (4.23) ermittelte rein implizite Vertrag (der gar nicht auf das verifizierbare Signal y konditioniert) überhaupt Gültigkeit besitzt.

In die Glaubwürdigkeits-Bedingung: $CEP - CEP^0 \geq iB$ (vgl. (4.13)) werden dazu die Ausdrücke: $CEP = da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0$ (gem. (4.19)), $CEP^0 = \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0$ (gem.(4.10)) sowie der Bonus: $B = v_x da$ eingesetzt. Nach diesen Substitutionen ergibt sich die **Glaubwürdigkeits-Bedingung** mit:

$$da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 - \left(\frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0\right) \geq iv_x da \tag{4.24}$$

Abhängig von der Erfüllung dieser Nebenbedingung ergeben sich **verschiedene, mögliche Lösungsbereiche** für den optimalen Anreizvertrag:

(1) Wenn die GW-Bedingung in (4.24) als Ungleichung erfüllt ist, dann ist die Realisierung des soeben beschriebenen rein impliziten Vertrages mit $v_x = 1$ und $v_y = 0$, der die First-best-Lösung induziert, möglich.

(2) Wenn die GW-Bedingung in (4.24) als Gleichung erfüllt ist und sich aus dieser bindenden Nebenbedingung eine Beteiligungsrate: $0 < v_x < 1$ ermitteln lässt, ist der Gleichgewichtsvertrag ein hybrider Vertrag.

(3) Falls sich aus der bindenden GW-Bedingung in (4.24) nur eine Lösung von $v_x \leq 0$ ergibt, ist das Zustandekommen eines hybriden Vertrages nicht möglich.

Zur Ermittlung der Lösung für v_x müssen noch der Arbeitseinsatz a (vgl. (4.18)) sowie der Prämiensatz v_y (vgl. (4.22)) in die GW-Bedingung in (4.24) substituiert werden. Die Formel für den Arbeitseinsatz a ergibt sich nach Einsetzen von v_y in (4.18) wie folgt:

$$a = \frac{(1 - v_x) d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c} \tag{4.25}$$

Der Arbeitseinsatz in (4.25) und die Formel für v_y in (4.22) werden dann in die GW-Bedingung in (4.24) eingesetzt und führen zu einem recht komplexen Term (siehe Anhang), der sich durch Umformungen mit der Mathematiksoftware Maple 17 zu folgender Ungleichung vereinfachen lässt:

$$-\frac{1}{2}\frac{r v_x \sigma^2 (v_x - 2) c d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} \geq \frac{i v_x d^2 (\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} \tag{4.26}$$

Aus dieser Ungleichung in (4.26) kann nun die optimale Beteiligungsrate v_x^{**} wie oben beschrieben ermittelt werden (Herleitung siehe Anhang):

$$v_x^{**} = \begin{cases} 1 & \text{für} \quad i < \dfrac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} \\[2ex] \dfrac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i + 1)} & \text{für} \quad \dfrac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} \leq i < \dfrac{cr\sigma^2}{\mu^2} \\[2ex] 0 & \text{für} \quad i \geq \dfrac{cr\sigma^2}{\mu^2} \end{cases} \tag{4.27}$$

Ähnlich wie in den vorhergehenden Analysen zu langfristigen Anreizverträgen bei einem risikoneutralen Agenten (vgl. Abschnitt 3.2) zeigt sich auch in (4.27), dass der Diskontierungssatz des Prinzipals maßgebenden Einfluss auf den optimalen Anreizvertrag hat. Wenn der Zinssatz eine bestimmte Schwelle unterschreitet, so dass $i < \frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)}$ ist ein impliziter Vertrag mit der höchstmöglichen Beteiligungsrate an der nichtverifizierbaren, risikolosen Zielgröße x des Prinzipals von $v_x = 1$ möglich, der zur First-best-Lösung führt und auf den Einbezug des risikobehafteten Maßes y vollständig verzichtet (vgl. (4.22)). Überschreitet der Zinssatz dagegen einen bestimmten Grenzwert, so dass $i \geq \frac{cr\sigma^2}{\mu^2}$ kommt gar keine implizite Vereinbarung zustande, so dass hier den Akteuren nur die Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bleibt. Dementsprechend stimmt die Beteiligungsgrate $v_y = (1 - v_x) v_y^0$ gem. (4.22) bei $v_x = 0$ mit der Beteiligungsrate des rein expliziten Vertrages überein: $v_y(0) = v_y^0$.

Im dem Bereich zwischen diesen beiden Grenzwerten für i ist v_x so weit wie möglich an die First-best-Lösung von $v_x = 1$ angenähert ($0 < v_x < 1$), so dass die GW-Bedingung gerade mit Gleichheit erfüllt ist. In diesem Fall ist dann auch $v_y > 0$ (siehe (4.22)), so dass sich die Entlohnung des Agenten aus einem impliziten und einem expliziten Vertragsteil zusammengesetzt und nur in diesem mittleren Lösungsbereich somit von einem hybriden Vertrag gesprochen werden soll. Aus (4.27) ist außerdem erkennbar, dass neben i noch eine Reihe anderer Parameter Einfluss auf die optimale Beteiligungsrate und die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages besitzen. Eine ausführliche Auswertung dazu folgt dann im kommenden Abschnitt 4.3.2. Der Vollständigkeit halber soll noch der optimale Arbeitseinsatz des hybriden Vertrages angegeben werden. Dieser ermittelt sich durch Substitution von $v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$ (siehe (4.27)) in die Formel für den Arbeitseinsatz in (4.25) und lässt sich zu folgendem Ausdruck umformen (siehe Ausführungen im Anhang):

$$a = \frac{d(2cr\sigma^2 + \mu^2)}{c(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)} \tag{4.28}$$

Für die Bestimmung des sich aus dem hybriden Vertrag ergebenden erwarteten Gleichgewichtsüberschusses CEP des Prinzipals können die optimalen Beteiligungsraten v_x^{**} und v_y gem. (4.27)) und (4.22) sowie der gleichgewichtige Arbeitseinsatz (siehe (4.28)) in die in (4.19) angegebene Funktion eingesetzt werden. Der sich daraus ergebende komplexe Term wurde wieder mit Maple 17 ermittelt (vgl. Anhang) und lautet folgendermaßen:

$$CEP = -\frac{1}{2}\frac{(-8c^2ir^2\sigma^4 + 4\mu^2ci^2r\sigma^2 - 8\mu^2cir\sigma^2 + 4\mu^4i^2 - \mu^2cr\sigma^2)d^2}{r\sigma^2(cr\sigma^2 + \mu^2)(2i+1)^2c^2} - CEA_0 \tag{4.29}$$

Abschließend werden noch die wichtigsten Ergebnisse der bisherigen Untersuchung im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 4.1 *Wenn ein rein expliziter Vertrag effektiv ist, d. h.* $\boldsymbol{CEP^0} > 0$, *und im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung die Rückzugsposition des Prinzipals darstellt, dann ist die optimale Beteiligungsrate* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *des impliziten Vertrages gegeben durch (4.27), mithin:*

$$v_x^{**} = \begin{cases} 1 & f\ddot{u}r \quad i < \dfrac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} \\ \dfrac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)} & f\ddot{u}r \quad \dfrac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} \le i < \dfrac{cr\sigma^2}{\mu^2} \\ 0 & f\ddot{u}r \quad i \ge \dfrac{cr\sigma^2}{\mu^2} \end{cases}$$

und die optimale Beteiligungsrate $\boldsymbol{v_y}$ *des expliziten Vertrages ist gegeben durch* (4.22)*, somit:*

$$v_y(v_x) = \frac{(1 - v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2} = (1 - v_x)v_y^0$$

4.3.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages

Bei der Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Realisierbarkeit des in Abschnitt 4.3.1 ermittelten, hybriden Vertrages werden zuerst die **Grenzbereiche von** $\boldsymbol{v_x^{**}}$ (siehe Satz 4.1) genauer betrachtet. Ein **hybrider Vertrag** kommt zustande, sofern: $i < \frac{cr\sigma^2}{\mu^2}$ (vgl. Satz 4.1), andernfalls ist nur ein rein expliziter Vertrag möglich. Durch einen Anstieg des Risikoaversionskoeffizienten r, der Varianz σ^2 und der marginalen Veränderung der Grenzkosten c aus dem Disnutzen steigt der Grenzwert für i, so dass die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessert wird. Ein Anstieg der Sensitivität μ des verifizierbaren Maßes y verschlechtert dagegen die Realisierbarkeit. Ein **rein impliziter First-best-Vertrag** nur auf Basis von x ist gem. Satz 4.1 realisierbar, sofern:

$$i < \frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Für die komparativ-statische Analyse zur Bestimmung des Verhaltens dieses Grenzwertes hinsichtlich der Parameter c, r und σ^2 wird definiert, dass: $cr\sigma^2 \equiv k$. Es zeigt sich, dass die partielle Ableitung von $\frac{k}{2(\mu^2+k)}$ nach k positiv ist:

$$\frac{\partial(.)}{\partial k} = \frac{\mu^2}{2(\mu^2 + k)} > 0 \tag{4.30}$$

Der Grenzwert für i steigt demzufolge mit c, r und σ^2, so dass mit steigender Risikoaversion r des Agenten, steigender Varianz des Signals y sowie steigendem c die Implementierbarkeit der First-best-Lösung verbessert wird, da dann höhere Diskontierungssätze möglich sind. Ein

Anstieg der Sensitivität μ reduziert dagegen den Grenzwert und verschlechtert somit die Realisierbarkeit des rein impliziten Vertrages.

Die Lösungsbereiche für v_x^{**} in Satz 4.1 könnten natürlich alternativ statt für i auch in Abhängigkeit der anderen Parameter: c, r und σ^2 sowie μ angegeben werden, so dass auch für diese Variablen die jeweiligen Grenzwerte berechnet werden könnten. Nach dem Stand der bisherigen Analyse wurde deutlich, dass bei Übertreffen bestimmter (oberer) Schwellenwerte für c, r und σ^2 ein rein impliziter First-best-Vertrag möglich ist. Sofern c, r und σ^2 geringer als diese (jeweiligen) Schwellenwerte sind, ist nur ein hybrider Vertrag möglich und bei Unterschreiten bestimmter (unterer) Grenzwerte bleibt nur noch ein rein expliziter Vertrag. Umgekehrt verhält es sich mit dem Diskontierungszinssatz i und der Sensitivität μ des verifizierbaren Maßes. Sofern sie bestimmte (untere) Schwellenwerte unterschreiten ist die First-best-Lösung möglich. Bei Überschreiten der Grenzwerte ist ein hybrider Vertrag realisierbar und bei Übertreffen bestimmter (oberer) Grenzwerte bleibt nur der Abschluss eines rein expliziten Vertrages.

Neben dem Einfluss der Parameter auf die Grenzbereiche soll auch ermittelt werden, wie sie die optimalen Beteiligungsraten v_x^{**} und v_y^{**} des hybriden Vertrages beeinflussen. Bevor allerdings die Ergebnisse der komparativen Statik vorgestellt werden, wird zunächst einmal eine **allgemeine Betrachtung der möglichen Einflussfaktoren** und ihrer Wirkrichtung erfolgen, um die anschließende Interpretation der Resultate zu vereinfachen. Wie bereits in Abschnitt 4.3.1 erläutert, ergibt sich die Lösung von v_x für den mittleren Lösungsbereich aus der bindenden GW-Bedingung, wobei v_x so weit wie möglich an die First-best-Beteiligungsrate von $v_x = 1$ angenähert wird. Somit ist eine genauere Betrachtung der GW-Bedingung ein lohnenswerter Ausgangspunkt der weiteren Untersuchung. Für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages hat die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung gem. (4.13) die folgende Form (vgl. Abschnitt 4.2):

$$CEP - CEP^0 \geq iB \qquad \leftrightarrow \qquad \frac{CEP}{i} - \frac{CEP^0}{i} \geq B$$

Sofern diese Bedingung erfüllt ist, ist gewährleistet, dass die Einhaltung der impliziten Bonusvereinbarung für den Prinzipal vorteilhaft ist. Dazu darf der Barwert der erwarteten Nettoüberschüsse des hybriden Vertrages pro Periode CEP abzgl. des Barwertes der erwarteten Überschüsse aus dem rein formalen Vertrag CEP^0 nicht kleiner sein als der in der aktuellen

Periode an den Agenten zu zahlende (implizit vereinbarte) Bonus: $B = v_x\, x$. Ansonsten wäre das Einbehalten des Bonus lukrativer für den Prinzipal, der dann nach einem Vertragsbruch immerhin noch die Kooperation auf Basis des rein expliziten Vertrages mit einem erwarteten Überschuss von CEP^0 pro Periode fortsetzen könnte. Aus der **GW-Bedingung** ist erkennbar, dass diese **umso leichter eingehalten** werden kann**, je höher $\boldsymbol{CEP}$, je geringer $\boldsymbol{CEP^0}$ und je geringer $\boldsymbol{i}$ und $\boldsymbol{B}$**. CEP kennzeichnet den erwarteten Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals auf Basis des hybriden Vertrages. Ein Anstieg von CEP verbessert die Glaubwürdigkeit und eine Reduzierung verschlechtert sie. Mit einem Anstieg von CEP müsste v_x somit steigen und mit einer Verringerung sinken, doch bei dieser Einschätzung ist nicht berücksichtigt, dass v_x selbst in CEP enthalten ist. CEP^0 ist der erwartete Überschuss des rein formalen Vertrages und bildet die Rückzugsposition des Prinzipals nach einem Bruch des impliziten Vertrages. Aus der GW-Bedingung erkennt man, dass eine Erhöhung von CEP^0 die Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages verschlechtert, da sich dadurch die Rückzugsposition verbessert. Demzufolge sollte v_x mit dem Anstieg von CEP^0 sinken und mit einer Verringerung von CEP^0 steigen. Bei einem Anstieg des Diskontierungszinssatzes i zinst der Prinzipal den erwarteten relativen Vorteil aus der Kooperation auf Basis des hybriden Vertrages stärker ab, so dass sich die Differenz der Barwerte $\frac{CEP-CEP^0}{i}$ und damit die Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages verringert. Mit einer Erhöhung von i sollte v_x sinken und mit einer Reduzierung steigen. Eventuelle Vorteile aus einem Bruch der impliziten Vereinbarung, d. h. einer Verweigerung der versprochenen Bonuszahlung: B, sind umso größer, je höher die implizit vereinbarte Zahlung B ist. Somit führt eine Verringerung der vereinbarten Bonuszahlung zu einer Verbesserung der Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages und v_x sollte mit Absinken von B steigen. Dabei ist aber auch wieder zu beachten, dass v_x selbst Bestandteil des Bonus: $B = v_x\, x$ ist. Für die Beurteilung möglicher **Einflussfaktoren auf die optimale Beteiligungsrate $\boldsymbol{v_y}$** soll die Formel in (4.22) eingehender betrachtet werden:

$$v_y(v_x) = \frac{(1 - v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2} = (1 - v_x)v_y^0$$

Man sieht in (4.22) gut den funktionalen Zusammenhang zwischen $v_y(v_x)$ und der Beteiligungsrate v_y^0 des rein formalen Vertrages sowie der Beteiligungsrate v_x des impliziten Vertrages. Sofern $v_x = 0$, entspricht $v_y(v_x)$ der Beteiligungsrate v_y^0 (Grenzfall: rein expliziter Vertrag). Mit einem Anstieg von v_x wird aufgrund des Terms $(1 - v_x)$ das Gewicht von v_y^0 immer weiter reduziert bis es schließlich bei der maximal möglichen Beteiligungsrate von

$v_x = 1$ den Wert Null erreicht (Grenzfall: rein impliziter Vertrag). Die Rate v_x übt somit eine Art Substitutionseffekt auf $v_y(v_x)$ aus. Mit einem Anstieg (Absenken) von v_x verringert (erhöht) sich v_y bei konstant gehaltenem v_y^0.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung erfolgt nun eine genauere Analyse der Beteiligungsrate v_x^{**} des optimalen hybriden Gleichgewichtsvertrages (vgl. Satz 4.1, mittlerer Lösungsbereich), mithin:

$$v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$$

Die **Ergebnisse der komparativen Statik von v_x^{**}** hinsichtlich der Parameter: i, CEA_0, r, σ^2, c sowie μ sind nachfolgend angegeben:

(4.31)

$\frac{\partial v_x}{\partial i} = \frac{-2(2cr\sigma^2 + \mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)^2} < 0$	$\frac{\partial v_x}{\partial CEA_0} = 0$
$\frac{\partial v_x}{\partial r} = \frac{2i\mu^2}{cr^2\sigma^2(2i+1)} > 0$	$\frac{\partial v_x}{\partial \sigma^2} = \frac{2i\mu^2}{cr\sigma^4(2i+1)} > 0$
$\frac{\partial v_x}{\partial \mu} = \frac{-4i\mu}{cr\sigma^2(2i+1)} < 0$	$\frac{\partial v_x}{\partial c} = \frac{2i\mu^2}{c^2r\sigma^2(2i+1)} > 0$

Die Intuition für die in (4.31) angegebenen Resultate soll im Folgenden kurz dargestellt werden. Die Beteiligungsrate v_x sinkt, wie erwartet, mit einem Anstieg des **Diskontierungssatzes: i**, da sich dadurch die Differenz der Barwerte $\frac{CEP-CEP^0}{i}$ und somit die Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages vermindert. Eine Veränderung des **Reserverationslohns CEA_0** beeinflusst v_x nicht, denn der Reservationslohn des Agenten muss sowohl im hybriden als auch im rein formalen Vertrag ausgeglichen werden. Ein Anstieg von CEA_0 reduziert CEP (vgl.(4.19)) und CEP^0 (vgl.(4.10)) somit gleichermaßen, so dass sich die beiden entgegengesetzten Effekte, d. h. die durch eine Verringerung von CEP bewirkte Reduzierung der Glaubwürdigkeit und die mit einer Verminderung von CEP^0 verbundene Erhöhung der Glaubwürdigkeit, gegenseitig aufheben. Die Beteiligungsrate am nichtverifizierbaren Performancemaß v_x steigt mit einer Erhöhung der **Risikoaversion und** der **Varianz** von y, denn beides verschlechtert die Rückzugsposition des Prinzipals durch eine Verringerung von CEP^0 (vgl.(4.10)), so dass die Glaubwürdigkeit steigt und v_x erhöht werden kann. Ein Anstieg der **Sensitivität μ** des verifizierbaren Maßes führt dagegen zu einer Verringerung von v_x, denn mit steigendem μ verbessert sich die Rückzugsposition des Prinzipals durch die damit verbundene effektivere Anreizsetzung innerhalb des rein expliziten Vertrages. Eine Erhöhung der **marginalen Veränderung der Grenzkosten c** führt wie bei r und σ^2 ebenfalls zu einem Anstieg von v_x, wobei dies aber nicht allgemein mit einer Verringerung des erwarteten Gleichgewichtsüberschusses des rein expliziten Vertrages CEP^0 erklärt werden kann. Denn der aus dem Arbeitseinsatz resultierende Disnutzen wird auch im hybriden Vertrag berücksichtigt. Man könnte hier vermuten, dass ein Anstieg von c sich stärker auf den rein expliziten Vertrag als auf den hybriden Vertrag auswirkt und diesen stärker reduziert. Für einen rein impliziten Vertrag als Grenzfall des hybriden Vertrages trifft das allerdings z. B. nicht zu, denn die Agency-Kosten (vgl. (4.11)) sinken hier mit einem Anstieg von c. Demzufolge verringert sich die relative Vorteilhaftigkeit des First-best-Vertrages gegenüber dem rein formalen Vertrag mit einer Erhöhung von c. Insgesamt ist der Einfluss von c auf die optimalen Vertragsparameter nur sehr schwer zu interpretieren, so dass c im weiteren Verlauf der Arbeit nicht mehr gesondert untersucht wird.

Für die **komparative Statik für v_y** im mittleren Lösungsbereich, d. h. für $\frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2+cr\sigma^2)} \leq i < \frac{cr\sigma^2}{\mu^2}$ wird $v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2-i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$ in $v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2} = (1-v_x)v_y^0$ (vgl. Satz 4.1) substituiert und daraus ergibt sich die optimale Beteiligungsrate v_y^{**} des hybriden Vertrages wie folgt (vgl. Herleitung im Anhang):

$$v_y^{**} = \frac{2d\mu\left(cr\sigma^2\left(i-\frac{1}{2}\right)+i\mu^2\right)}{cr\sigma^2(2i+1)(\mu^2+cr\sigma^2)} \tag{4.32}$$

Die komparative Statik von v_y (gem. (4.32)) nach i ergibt:

$$\frac{\partial v_y}{\partial i} = \frac{2d\mu(2cr\sigma^2+\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)^2(\mu^2+cr\sigma^2)} > 0 \tag{4.33}$$

Das Ergebnis der komparative Statik von v_y (gem. (4.32)) nach r lautet:

$$\frac{\partial v_y}{\partial r} = \frac{-2d\mu\left(c^2r^2\sigma^4\left(i-\frac{1}{2}\right)+2cir\sigma^2\mu^2+i\mu^4\right)}{cr^2\sigma^2(2i+1)(\mu^2+cr\sigma^2)^2} \tag{4.34}$$

Hieraus ist nicht sofort offensichtlich, ob die Ableitung positiv oder negativ ist. Sie wäre negativ, wenn der mit (-2) multiplizierte Term im Zähler von (4.34) positiv wäre, mithin:

$$\frac{\partial v_y}{\partial r} < 0\, falls \quad \frac{1}{2} \leq i \quad oder\ \frac{(cr\sigma^2)^2}{2(cr\sigma^2 + \mu^2)^2} < i \tag{4.35}$$

Der Term im Zähler ist positiv, wenn der Diskontierungszinssatz i nicht kleiner als 0,5 (gilt aber nicht allgemein) oder der Zinssatz größer als der in (4.35) angegebene Schwellenwert für i ist. Beim Vergleich des Ausdrucks in (4.35) mit dem unteren Grenzwert des mittleren Lösungsbereichs in Satz 4.1 wird deutlich, dass diese Bedingung im untersuchten Lösungsbereich immer erfüllt ist, so dass die Ableitung in (4.34) tatsächlich negativ ist.[213] Die komparative Statik von v_y (gem. (4.32)) nach σ^2 führt zu:

$$\frac{\partial v_y}{\partial \sigma^2} = \frac{-2d\mu\left(c^2r^2\sigma^4\left(i - \frac{1}{2}\right) + 2cir\sigma^2\mu^2 + i\mu^4\right)}{cr\sigma^4(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)^2} \tag{4.36}$$

Auch hier ist nicht sofort klar, dass die Ableitung in (4.36) negativ ist. Doch der Zähler ist nahezu identisch zu dem in (4.34), so dass auch hier die in (4.35) angegebene Bedingung für i gilt, die im mittleren Lösungsbereich erfüllt ist (siehe Fußnote 213). Für den Grenzbeitrag μ des Performancemaßes y ergibt die komparativ-statische Analyse von v_y (gem. (4.32)) folgendes Ergebnis:

$$\frac{\partial v_y}{\partial \mu} = \frac{2d\left(c^2r^2\sigma^4\left(i - \frac{1}{2}\right) + 2cr\sigma^2\mu^2(i + \frac{1}{4}) + i\mu^4\right)}{cr\sigma^2(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)^2} \tag{4.37}$$

Die Ableitung in (4.37) ist positiv, sofern der Zähler im relevanten Lösungsbereich positiv ist. Dies ist der Fall, wenn die nachfolgend aufgeführte Bedingung für i erfüllt ist:

$$\frac{\partial v_y}{\partial \mu} > 0\, falls\ \frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} < i \tag{4.38}$$

Diese Restriktion für i wird im untersuchten Lösungsbereich immer eingehalten, da der Grenzwert genau dem Schwellenwert für den mittleren Lösungsbereich entspricht (vgl. Satz

[213] Der Term in (4.35) entspricht ungefähr dem Quadrat des Grenzwertes in Satz 4.1. Dieser Grenzwert ist kleiner als eins. Das Quadrat einer Zahl im Bereich [0,1] ist immer kleiner als die Zahl. Wenn i im mittleren Lösungsbereich liegt, muss demzufolge auch die Bedingung in (4.35) erfüllt sein.

4.1). Eine zusammenfassende Übersicht aller bisherigen Ergebnisse der komparativen Statik für die Beteiligungsrate v_y am verifizierbaren Maß y findet sich in (4.39):

(4.39)

$\frac{\partial v_y}{\partial i} > 0$	$\frac{\partial v_y}{\partial CEA_0} = 0$
$\frac{\partial v_y}{\partial r} < 0$	$\frac{\partial v_y}{\partial \sigma^2} < 0$
$\frac{\partial v_y}{\partial \mu} > 0$	

Im Folgenden sollen die Resultate in (4.39) kurz ausgewertet werden. Mit einer Erhöhung des **Diskontierungsfaktors $\boldsymbol{i}$** steigt die Beteiligung am verifizierbaren Maß, denn durch den Anstieg von i verschlechtert sich die Glaubwürdigkeit des impliziten Vertrages. Dadurch verringert sich v_x und dies führt zu einer Erhöhung von v_y aufgrund des zuvor erläuterten Substitutionseffekts durch (1-v_x) (vgl. (4.22)). Da der **Reservationslohn** keinen Einfluss auf v_x ausübt, ändert sich auch v_y nicht in Abhängigkeit von: CEA_0. Mit einer Erhöhung des **Risikoaversionskoeffizienten $\boldsymbol{r}$ und der Varianz $\boldsymbol{\sigma^2}$** sinkt die Beteiligungsrate v_y und zeigt damit ein entgegengesetztes Verhalten zu v_x. Einerseits verringert sich v_y wegen des Substitutionseffektes (aufgrund des Terms (1-v_x)), weil v_x steigt. Denn mit steigendem r und σ^2 reduziert sich CEP^0 und verschlechtert die Rückzugsposition des Prinzipals, wodurch sich die Glaubwürdigkeit der relationalen Vereinbarung und damit auch v_x erhöht. Andererseits sinkt v_y außerdem, weil sich mit dem Anstieg von Risikoaversion und Varianz auch v_y^0 (vgl.(4.8)), die Beteiligungsrate des rein formalen Vertrages, verringert. Die Erhöhung von v_y mit steigendem **Grenzbeitrag $\boldsymbol{\mu}$** resultiert ebenfalls aus dem Einfluss von v_y^0 und v_x. Erstens bewirkt der steigende Grenzbeitrag μ einen Anstieg von v_y^0 (vgl.(4.8)), der Beteiligungsrate des rein expliziten Vertrages, da dann über μ eine bessere Anreizsetzung möglich wird. Zweitens kommt über die Reduzierung von v_x wieder der Substitutionseffekt mit (1-v_x) zum Tragen. Da v_x aufgrund der verbesserten Rückzugsposition und daraus resultierenden verringerten Glaubwürdigkeit reduziert werden muss, erhöht sich v_y entsprechend. Die Ergebnisse der komparativen Statik für die beiden Beteiligungsraten v_x und v_y des hybriden Vertrages werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst:

Satz 4.2 *Der optimale hybride Vertrag für* $\boldsymbol{CEP^0} > 0$ *und* $\mathbf{0} < \boldsymbol{v_x^{**}} < 1$ *besitzt die folgenden Eigenschaften bezüglich seiner Realisierbarkeit sowie des Verhaltens der optimalen Beteiligungsraten,* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und* $\boldsymbol{v_y^{**}}$*:*

(1) Mit steigendem Diskontierungszinssatz i des Prinzipals verringert sich v_x^{**} *und erhöht sich* v_y^{**}*. Ein hinreichend hoher Zinssatz beschränkt die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages.*

(2) Eine Änderung des Reservationslohns CEA_0 *des Agenten hat keinen Einfluss auf* v_x^{**} *und* v_y^{**}*.*

(3) Mit einer Erhöhung des Risikoaversionskoeffizienten r des Agenten und mit steigender Varianz σ^2 *des verifizierbaren Maßes y steigt* v_x^{**} *und fällt* v_y^{**}*. Hinreichend geringe Werte für r und* σ^2 *verhindern den hybriden Vertrag.*

(4) Mit einer Zunahme der Sensitivität μ *des verifizierbaren Maßes sinkt* v_x^{**} *und steigt* v_y^{**} *und ein zu hohes* μ *verhindert das Zustandekommen des hybriden Vertrages.*

Die Analyse der Grenzen der für den optimalen Gleichgewichtsvertrag geltenden Lösungsbereiche sowie die komparative Statik für die optimalen Prämiensätze des hybriden Vertrages v_x und v_y haben zu interessanten Einsichten geführt. Es hat sich gezeigt, dass die Realisierbarkeit des rein impliziten bzw. des hybriden Vertrages durch einen Anstieg der Risikoaversion r und der Varianz σ^2 verbessert und umgekehrt mit einer Verringerung dieser Parameterwerte verschlechtert wird. Bei einer höheren Risikoaversion des Agenten verbessert sich die Realisierbarkeit des impliziten Vertrages, wohingegen bei einem weniger risikoscheuen Agenten das Zustandekommen des hybriden Vertrages schwerer möglich wird. Das gleiche kontraintuitive Verhalten zeigt sich bei der Varianz des verifizierbaren Performancemaßes y. Je höher die Varianz, d. h. je stärker risikobehaftet und damit weniger präzise y ist, desto eher ist ein hybrider Vertrag möglich. Dagegen führt eine höhere Präzision des Signals y zu einer Verminderung der Beteiligungsrate v_x an der nichtverifizierbaren Größe x. Die Ursache für dieses Verhalten liegt in dem Einfluss von r und σ^2 auf den rein expliziten Vertrag. Denn mit einer geringeren Risikoaversion des Agenten und höheren Präzision von y verbessert sich die Effektivität des rein expliziten Vertrages, so dass CEP^0 steigt. Da ein rein expliziter Vertrag aber die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs darstellt, kann der hybride Vertrag nicht von der Effektivitätssteigerung des expliziten Vertrages profitieren, sondern wird davon sogar beeinträchtigt. Denn durch die Verbesserung der Rückzugsposition erhöhen sich die Anreize des Prinzipals zum Bruch der impliziten Vereinbarung, so dass die implizite Bonuszahlung über eine Verringerung von v_x reduziert werden muss. Mit dem Einfluss auf die Rückzugsposition des Prinzipals erklärt sich auch das Verhalten der Sensitivität µ. Ein Anstieg von µ erhöht den erwarteten Nettoüberschuss CEP^0 des rein formalen Vertrages und verbessert damit die Rückzugsposition. Umgekehrt verschlechtert sich diese mit der Verringerung von µ, so dass die Glaubwürdigkeit und Realisierbarkeit der impliziten Vereinbarung verbessert werden. Insgesamt führt wie bei BGM (1994) auch bei dem hier vorliegenden Risiko-Anreiz-Problem eine Erhöhung der Effektivität des rein expliziten Vertrages als Rückzugsposition des Prinzipals zu einer Beeinträchtigung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Auch hier verhindert ein zu hoher Diskontierungsfaktor i des Prinzipals das Zustandekommen des hybriden Vertrages. Zudem hat der Reservationslohn keinen Einfluss auf v_x, sofern ein rein expliziter Vertrag die Rückzugsposition des Prinzipals bildet. Der implizite und der explizite Vertrag verhalten sich größtenteils substitutiv. Ein Anstieg von v_x ist meist mit einer Absenkung von v_y verbunden und umgekehrt führt ein Absenken von v_x zu einer Erhöhung von v_y (vgl. komparative Statik in (4.31) und (4.39)). Inwieweit diese Ergebnisse auch für die Rückzugsposition einer Produktionseinstellung gelten, soll im nachfolgenden Abschnitt untersucht werden.

4.4 Rückzugsposition Produktionseinstellung

4.4.1 Bestimmung des optimalen Vertrages

Wenn ein rein expliziter Vertrag für sich allein nicht effektiv ist, so dass $CEP^0 < 0$ ist nach einem Vertragsbruch durch den Prinzipal keine weitere Zusammenarbeit zwischen den Akteuren mehr möglich, so dass die Produktion[214] eingestellt werden muss. Das Optimierungsproblem des Prinzipals entspricht dem in (4.15)-(4.17) bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages, doch als Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung muss nun (4.14) beachtet werden:

$$\max_{w,v_x,v_y,a} CEP = E(x) - E(s(x,y))$$

$$u.d.N.\ CEA = E\big(s(x,y)\big) - C(a) - \frac{r}{2}var\big(s(x,y)\big) \geq CEA_0$$

$$a \in \arg\max CEA = w + v_y\mu a + v_x da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2$$

$$CEP \geq iB$$

[214] Der Begriff „Produktion“ wird hier verallgemeinernd für jegliche Arten der Leistungserstellung verwendet.

Wie in Abschnitt 4.3.1 erfolgt auch hier die Lösung des Optimierungsprogramms zuerst einmal unter Vernachlässigung der GW-Bedingung unter der Annahme, dass der Agent auf die Erfüllung der impliziten Bonusvereinbarung durch den Prinzipal vertraut. Somit ergibt sich gem. der Herleitung in Abschnitt 4.3.1 für den optimalen Prämiensatz an y die in (4.22) angegebene Funktion:

$$v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2} = (1-v_x)v_y^0$$

Außerdem erhält man für die Beteiligungsrate an der nichtverifizierbaren Größe x die First-best-Lösung von $v_x = 1$ (vgl. (4.23)). Um zu ermitteln, für welchen Bereich ein solcher rein impliziter First-best-Vertrag Gültigkeit besitzt, muss nun die GW-Bedingung in (4.14) beachtet werden. Analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 4.3.1 werden die Terme $CEP = da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0$ (gem. (4.19)) und $B = v_x da$ in die Ungleichung in (4.14) substituiert. Die so umgeformte GW-Bedingung gestaltet sich dann wie folgt:

$$da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 \geq i v_x da \tag{4.40}$$

Die sich aus dieser Restriktion ergebenden **möglichen Lösungsbereiche** ähneln denen für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages:

(1) Wenn die GW-Bedingung in (4.40) als Ungleichung erfüllt ist, kann der rein implizite First-best-Vertrag mit $v_x = 1$ und $v_y = 0$ realisiert werden.

(2) Wenn die GW-Bedingung in (4.40) als Gleichung erfüllt ist und sich aus dieser bindenden Nebenbedingung eine Beteiligungsrate: $0 < v_x < 1$ ermitteln lässt, ist der Gleichgewichtsvertrag ein hybrider Vertrag.

(3) Falls die bindende GW-Bedingung in (4.40) gar nicht lösbar ist, kommt weder ein hybrider noch ein rein expliziter Vertrag zustande.

Im nächsten Schritt werden dann der optimale Arbeitseinsatz a gem. (4.25) und die Beteiligungsrate v_y (siehe (4.22)) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (4.40) substituiert. Nach verschiedenen Umformungen kann die Ungleichung folgendermaßen vereinfacht werden (siehe Anhang):

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 v_x^2 + 2cr\sigma^2 v_x + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 \geq \frac{i v_x d^2(\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} \tag{4.41}$$

Sofern die umgestellte GW-Bedingung in (4.41) als Ungleichung erfüllt ist, ergibt sich wieder die First-best-Lösung $v_x^{**} = 1$. Wenn (4.41) bindet, ist die optimale Beteiligungsrate v_x^{**} der höchste Wert, der eine Lösung für diese quadratische Gleichung darstellt und im Intervall von null bis eins liegt (Herleitung siehe Anhang):

$$v_x^{**} = \frac{dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k(2i+1)d} \qquad (4.42)$$

Zur Verkürzung des langen Lösungsterms wurden in (4.42) die Variablen $m \equiv CEA_0\left(i + \frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2$ und $k \equiv cr\sigma^2$ verwendet. Die First-best-Lösung $v_x^{**} = 1$ ist möglich, sofern der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den Schwellenwert von: $i = \frac{1}{2} - \frac{c}{d^2}CEA_0$ nicht übersteigt (siehe Herleitung zu (4.42) im Anhang). Dieser Vertrag ist wieder eine rein implizite Vereinbarung ohne Berücksichtigung des verifizierbaren Performancemaßes y. Anders als bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages (vgl. Satz 4.1) ist der Grenzwert für i aber nicht abhängig von dem Risikovaversionskoeffizienten des Agenten, der Varianz von y oder der Sensitivität μ, stattdessen aber vom Reservationslohn CEA_0. Wenn der Diskontierungsfaktor i den Schwellenwert übersteigt, d. h. der Prinzipal nicht hinreichend geduldig ist, kann möglicherweise immerhin noch ein hybrider Vertrag mit einer Beteiligungsrate: $0 < v_x < 1$ abgeschlossen werden. Dies ist allerdings nur möglich, wenn der Wurzelausdruck im Zähler in (4.42) nicht negativ ausfällt, da sich sonst keine Lösung für v_x berechnen lässt und in diesem Fall keine Kooperationsmöglichkeit besteht. Daneben kann es auch noch passieren, dass der Zähler trotz eines positiven Wertes unter der Wurzel insgesamt negativ wird, so dass: $v_x < 0$. Dies führt dann ebenfalls zu keiner Lösung, da: $v_x < 0$ in einem negativen CEP resultieren würde[215], so dass sich hier ebenfalls kein hybrider Vertrag ergäbe. Aus der Formel in (4.42) ist zudem erkennbar, dass sich die in der Variable k zusammengefassten Parameter r und σ^2 immer gleich verhalten. Dagegen trifft dies nicht für den auch in k enthaltenen Parameter c zu. Denn dieser kommt nicht nur in k sondern zudem in der Variable m vor.

---

[215] Über den rein formalen Vertrag wird mit der Beteiligungsrate v_y^0 ein erwarteter Nettoüberschuss von $CEP^0 < 0$ (Rückzugsposition Produktionseinstellung) erzielt. Mit einer negativen Beteiligungsrate an x kann in einem hybriden Vertrag keine Verbesserung gegenüber CEP^0 erreicht werden, da x und y in dem hier analysierten Modell nicht korreliert sind.

Inwieweit die einzelnen Parameter die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages beeinflussen, wird dann im nächsten Abschnitt genauer untersucht. Die Lösungen für den optimalen Arbeitseinsatz a und den Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals CEP bestehen aus sehr langen, wenig aussagekräftige Termen, so dass deshalb anders als in Abschnitt 4.3.1 auf deren Angabe verzichtet wird. Die wichtigsten Ergebnisse dieses Abschnitts werden aber wieder nachfolgend zusammengefasst:

Satz 4.3 *Wenn ein rein expliziter Vertrag nicht effektiv ist, d. h.* $CEP^0 < 0$*, und deshalb im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung die Rückzugsposition des Prinzipals nur eine Produktionseinstellung darstellt, dann ist die optimale Beteiligungsrate* v_x^{**} *des impliziten Vertrages, sofern die First-best-Lösung von* v_x^{**}*=1 (bei* $i < \frac{1}{2} - \frac{c}{d^2} CEA_0$*) nicht möglich ist, der größte Wert, der (4.41) erfüllt. Wenn (4.41) bindet, existiert eine gültige Lösung, sofern* $-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2 > 0$ *mit* $m \equiv CEA_0 \left(i + \frac{1}{2}\right) c - \frac{1}{4} d^2$ *und* $k \equiv cr\sigma^2$ *und diese Lösung ist der größte Wert im Intervall [0,1] von Formel (4.42). Die optimale Beteiligungsrate* v_y *des expliziten Vertrages ist in diesem Fall gegeben durch (4.22).*

4.4.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages

Die Untersuchung des hybriden Vertrages beginnt wie in Abschnitt 4.3.2 mit einer Betrachtung der möglichen Grenzbereiche des optimalen Vertrages gem. Satz 4.3. Wenn der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den Schwellenwert von $i = \frac{1}{2} - \frac{c}{d^2} CEA_0$ überschreitet, ist ein rein relationaler First-best-Vertrag nur auf Basis von x nicht mehr glaubwürdig. Anders als bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages gibt es hier eine eindeutig definierte größtmögliche Schwelle von 0,5 für i, die für einen Reservationslohn von null gelten würde und ansonsten noch niedriger ausfiele. Im Unterschied zu Satz 4.1 ist der Grenzwert für i unabhängig von r und σ^2, dafür sinkt er aber mit steigendem CEA_0, so dass die Implementierbarkeit der First-best-Lösung davon verschlechtert wird. Dieses Verhalten erklärt sich mit einem Blick auf die GW-Bedingung (vgl. (4.14)):

$$CEP \geq iB$$

Im optimalen Vertrag, der zu einem erwarteten, einperiodigen Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals von CEP führt, ist der Ausgleich des Reservationslohns (formal über die bindende Teilnahmebedingung) berücksichtigt: $CEP = E(x) - C(a) - \frac{r}{2} var(s) - CEA_0$ (siehe (4.19)). Eine Erhöhung von CEA_0 wirkt sich nun direkt vermindernd auf CEP und damit auf den Barwert der künftigen erwarteten Überschüsse aus. Dadurch wird die Einhaltung des impliziten Vertrages weniger vorteilhaft für den Prinzipal und das (implizite) Bonusversprechen weniger glaubhaft. Aus der Restriktion für die Rückzugsposition rein expliziter Vertrag: $CEP - CEP^0 \geq iB$ ist ersichtlich, dass es hier auf die relative Vorteilhaftigkeit des hybriden im Vergleich zum rein formalen Vertrag ankommt, so dass eine Veränderung von CEA_0 (das in beiden Verträgen ausgeglichen werden muss) sich nicht auf die Realisierbarkeit des First-best-Vertrages oder des hybriden Vertrages auswirkt (vgl. Abschnitt 4.3.2). Wenn der Zinssatz i nun den in Satz 4.3 aufgeführten Schwellenwert überschreitet, kann ggf. ein hybrider Vertrag zustande kommen, sofern sich aus der bindenden GW-Bedingung (vgl. (4.41)) für v_x eine gültige Lösung ermitteln lässt (vgl. Satz 4.3). Die Existenz einer Lösung für v_x setzt voraus, dass der Term unter der Wurzel in Satz 4.3 nicht negativ ist, somit:

$$W \equiv -4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2 > 0 \tag{4.43}$$

Bei der Untersuchung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages in Abhängigkeit der in v_x enthaltenen Parameter wird der Ausdruck in (4.43) – nachfolgend vereinfachend mit „Wurzelterm W“ bezeichnet – deshalb für die einzelnen Variablen gesondert betrachtet. Aus einem Vergleich von W mit den in Satz 4.3 definierten Verkürzungsvariablen k und m wird ersichtlich, dass sich hier eine gemeinsame Analyse des Einflusses von r und σ^2 über die Variable $k \equiv cr\sigma^2$ anbietet, wohingegen das aber nicht für den Parameter c gilt, da dieser neben k noch in m enthalten ist.[216] Außerdem kann über eine partielle Ableitung von W nach m die komparative Statik für CEA_0 durchgeführt werden. Des Weiteren könnte W bezüglich des Grenzbeitrages μ analysiert werden. Allerdings ergab die entsprechende Untersuchung aufgrund verschiedener, sich gegenseitig überlagernder Effekte keine verwertbaren Resultate, so dass darauf im Rahmen der Arbeit nicht weiter eingegangen werden soll. Die nachfolgende, differenzierte Untersuchung beginnt mit der Analyse des Reservationslohns CEA_0, anschließend folgt eine Prüfung des Einflusses des Risikoaversionskoeffizienten r und der Varianz σ^2 auf den optimalen Vertrag und zum Schluss wird der Einfluss des Diskontierungsfaktors i des Prinzipals untersucht.

[216] Wie bereits in Abschnitt 4.3.2 erwähnt, wird der Einfluss von c aufgrund seiner Komplexität nicht weiter gesondert analysiert.

Einfluss des Reservationslohns

Aus der Definition für die Verkürzungsvariable: $m \equiv CEA_0 \left(i+\frac{1}{2}\right)c-\frac{1}{4}d^2$ (vgl. Satz 4.3) ist ersichtlich, dass sich mit steigendem Reservationslohn CEA_0 die Variable m gleichfalls erhöht. Die komparative Statik des Wurzelterms (siehe (4.43)) bezüglich CEA_0 ergibt sich aus der partiellen Ableitung von W nach m somit wie folgt:

$$\frac{\partial W}{\partial m}=-4k^2-4\mu^2 k<0 \quad \rightarrow \quad \frac{\partial W}{\partial CEA_0}<0$$

Unabhängig vom Vorzeichen von m fällt W mit steigendem CEA_0 und führt auch bei einem (ursprünglich) negativen m irgendwann zu einem positiven Wert von m. Eine weitere Erhöhung senkt schließlich den Wurzelterm soweit, dass W kleiner null wird (vgl. (4.43)). Ein zu hoher Reservationslohn CEA_0 resultiert in einem negativen Term unter der Wurzel und verhindert das Zustandekommen eines hybriden Vertrages. Hier gilt wie für die First-best-Lösung (siehe oben) gleichermaßen die Intuition, dass sich aus einer Erhöhung von CEA_0 der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals CEP und damit sein Nutzen aus einer fortgeführten Kooperation vermindern, so dass seine Anreize zum Bruch der impliziten Vereinbarung verstärkt werden. Zur Einhaltung der GW-Bedingung muss deshalb im optimalen hybriden Vertrag die implizite Bonuszahlung $B=v_x x$ entsprechend nach unten angepasst werden (vgl. (4.14)). Damit erklärt sich auch das Ergebnis der komparativen Statik der optimalen Beteiligungsrate v_x des impliziten Vertrages nach CEA_0:

$$\frac{\partial v_x}{\partial m}=\frac{1}{2}\frac{(-4\mu^2 k-4k^2)\mu}{\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2 k+d^2\mu^4 i^2}\; k(2i+1)(\mu^2+k)}<0 \;\rightarrow\; \frac{\partial v_x}{\partial CEA_0}<0$$

Die Ableitung von v_x nach m und somit auch nach CEA_0 ist negativ, so dass sich die optimale Beteiligungsrate am nichtverifizierbaren Maß x mit zunehmendem CEA_0verringert. Mit der Reduzierung von v_x wird die Bonuszahlung zudem noch indirekt über eine Verminderung des Arbeitseinsatzes gesenkt, denn für den Bonus gilt: $B=v_x x=v_x da$ und die Gleichung für den optimalen Arbeitseinsatz lautet: $a=\frac{v_y\mu+v_x d}{c}$ (vgl. (4.18)).

Zur Durchführung der komparativ-statischen Analyse für die optimale Rate v_y am verifizierbaren Maß muss v_x gem. Satz 4.3. in die Funktion: $v_y(v_x)=\frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}$ (vgl. (4.22)) eingesetzt werden. Daraus ergibt sich:

$$v_y = \left(1 - \frac{dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k(2i+1)d}\right)\frac{d\mu}{\mu^2 + k} \tag{4.44}$$
$$k \equiv cr\sigma^2, \qquad m \equiv CEA_0\left(i + \frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2$$

Die komparative Statik für v_y (gem. (4.44)) hinsichtlich CEA_0 führt daraufhin zu folgendem Ergebnis:

$$\frac{\partial v_y}{\partial m} = -\frac{1}{2}\frac{(-4\mu^2 k - 4k^2)\mu}{\sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}\; k(2i+1)(\mu^2 + k)} > 0 \rightarrow \frac{\partial v_y}{\partial CEA_0} > 0$$

Mit einer Zunahme von CEA_0 steigt die Beteiligungsrate am verifizierbaren Maß. Dieses Verhalten erklärt sich mit einem Blick auf die Bestimmungsgleichung für v_y (vgl. (4.22)): $v_y(v_x) = (1 - v_x)v_y^0$. Der Anstieg des Reservationslohns reduziert v_x, so dass sich über $(1 - v_x)$ dann das Gewicht von v_y^0 erhöht und v_y steigt. Im Unterschied zur Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages, wo CEA_0 keinen Einfluss auf v_x und v_y ausübte, verhalten sich hier die beiden Prämiensätze substitutiv.

Einfluss der Risikoaversion und der Varianz

Für die gemeinsame Analyse des Einflusses des Risikoaversionskoeffizienten r des Agenten und der Varianz σ^2 des verifizierbaren Maßes y wird die komparative Statik des Wurzelterms W (vgl. (4.43)) nach der Variable $k \equiv cr\sigma^2$ durchgeführt, die durch einen Anstieg von r oder σ^2 ebenfalls erhöht wird.

$$\frac{\partial W}{\partial k} = -8mk - 4m\mu^2 < 0, \;\; falls \;\; m > 0$$

Mit steigendem r oder σ^2 fällt der Wurzelterm, sofern die Variable m größer als null ist. Aus der Formel: $W = -4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2$ (vgl. (4.43)) ist erkennbar, dass W mit einer Zunahme von k insgesamt negativ werden kann, so dass kein hybrider Vertrag mehr möglich ist. Der Gültigkeitsbereich für dieses Resultat der komparativen Statik berechnet sich unter Verwendung der Definition $m \equiv CEA_0\left(i + \frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2$ (vgl. Satz 4.3) durch Umstellung der Ungleichung: $m > 0$ nach dem Zinssatz i:

$$i > \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} \tag{4.45}$$

Sofern der Zinssatz i den angegebenen Schwellenwert übersteigt, **kann eine Zunahme von k die Implementierung des hybriden Vertrages verhindern**. Falls der Diskontierungsfaktor geringer als der angegebene Schwellenwert in (4.45) sein sollte, ist $m < 0$ und die komparative Statik ergibt:

$$\frac{\partial W}{\partial k} = -8mk \quad - 4m\mu^2 > 0\,, \;\; falls\, m < 0 \;\; bzw. \;\; i < \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$$

Hier steigt nun W mit einem Anstieg von k, so dass die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages durch eine Zunahme von r oder σ^2 verbessert und umgekehrt durch zu geringe Werte für r oder σ^2 verhindert werden könnte. Letzteres wäre das gleiche kontraintuitive Verhalten wie bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages (vgl. Abschnitt 4.3.2). Aus der Betrachtung des Wurzelterms in (4.43) wird aber klar, dass der Term mit einem Absinken von k nie negativ werden kann (bei: $m < 0$), da für $k = 0$ gilt: $W = d^2\mu^4 i^2 > 0$. Allerdings ist k auch noch außerhalb der Wurzel im Zähler Z von v_x (vgl. Satz 4.3) enthalten:

$$Z \equiv dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2} \qquad (4.46)$$

Deshalb müsste noch geprüft werden, ob die Verringerung von k möglicherweise trotz $W > 0$ zu einem negativen Zähler führen würde, wodurch dann ebenfalls keine gültige Lösung zustande käme. Die Ableitung von Z (vgl. (4.46) nach k ist positiv:

$$\frac{\partial Z}{\partial k} = d + \frac{-4mk - 2m\mu^2}{\sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}} > 0 \quad falls \quad m < 0$$

Mit steigendem r oder σ^2 erhöht sich der Zähler und verringert sich umgekehrt mit abnehmendem k. Dabei ist zu prüfen, ob sich der Zähler mit einem Absenken von k soweit verringern kann, dass er negativ wird, so dass eine zu geringe Risikoaversion oder eine zu hohe Präzision von y den hybriden Vertrag beschränken würden. Dazu wird der Wert des Zählers in (4.46) für den Grenzfall von $k = 0$ berechnet: $Z(k = 0) = -d\mu^2 i + d\mu^2 i = 0$. Es zeigt sich hier, dass ein Zustandekommen des hybriden Vertrages nicht durch ein zu geringes r oder eine zu geringer Varianz beschränkt wird, denn mit einer Verminderung von k kann der Zähler nur bis auf einen geringsten möglichen Wert von 0 gesenkt werden. In diesem Grenzfall wäre zwar kein hybrider Vertrag möglich, aber dann würde allein über den expliziten Vertrag (auf Basis eines perfekt präzisen y oder wegen eines risikoneutralen Agenten) die First-best-Lösung erreicht werden.[217]

Die Analyse des Wurzelterms bzgl. k lässt vermuten, dass sich äquivalent zu W auch die optimale Beteiligungsrate v_x bei einem Anstieg von r und σ^2 uneinheitlich verhält, also mit steigendem r oder σ^2 bei $m > 0$ mit W sinkt und bei $m < 0$ genauso wie W steigt. Aus der komparativen Statik von v_x nach k ist das aber nicht eindeutig ersichtlich:

$$\frac{\partial v_x}{\partial k} = \frac{\mu^2(-d^2\mu^2 i^2 + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}di + 2km)}{\sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}k^2(2i+1)d} \tag{4.47}$$

Dies liegt vermutlich daran, dass sich hier mehrere, gegensätzliche Effekte überlagern, da die Variable k (vgl. Satz 4.3) nicht nur im Term unter der Wurzel, sondern z. B. auch im Nenner vorkommt. Auch aus der komparativen Statik für v_y nach k (siehe Anhang) lässt sich das Vorzeichen nicht eindeutig ermitteln. Mit Hilfe von Zahlenbeispielen kann aber gezeigt werden, dass v_x und v_y mit einem Anstieg von r oder σ^2 wirklich sowohl steigen als auch fallen können und sich hier v_x analog zum Term W verhält. Bei der Auswertung von Berechnungen mit MS Excel 2007 wurden die beiden folgenden Fälle ermittelt:

$$(1)\quad \frac{\partial v_x}{\partial k} < 0, \frac{\partial v_y}{\partial k} <> 0 \quad \left(\frac{\partial W}{\partial k} < 0\right) \; bei \;\; i > \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} \; bzw. \; m > 0 \tag{4.48}$$

$$(2)\quad \frac{\partial v_x}{\partial k} > 0, \frac{\partial v_y}{\partial k} < 0 \quad \left(\frac{\partial W}{\partial k} > 0\right) \; bei \;\; i < \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} \; bzw. \; m < 0 \tag{4.49}$$

In **Fall (1)** sinkt die Rate v_x mit einer Erhöhung der Variable k, also mit zunehmendem r oder σ^2. Dies ist der Fall, wenn i den Schwellenwert von $i = \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$ übersteigt und somit der Term unter der Wurzel mit zunehmendem k verringert wird. In diesem Fall kann eine zu hohe Varianz oder Risikoaversion den hybriden Vertrag verhindern und umgekehrt profitiert der hybride Vertrag von einem geringeren r und σ^2. Effektivitätssteigerungen des expliziten Vertrages führen in Fall (1) zur Verbesserung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Der optimale Prämiensatz v_y kann hier mit einer Erhöhung von k fallen oder steigen, insofern werden hier noch zusätzlich die **Fälle (1.1) und (1.2)** unterschieden (siehe Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2). In **Fall (2)** steigt die Beteiligungsrate v_x dagegen mit einem Anstieg der Varianz

[217] Zudem wäre bei k→0 die Effizienz des rein expliziten Vertrages so weit gestiegen, dass $CEP^0 > 0$ und dann der rein explizite Vertrag die Rückzugsposition darstellen würde.

oder Risikoaversion und die Rate v_y sinkt. Effektivitätssteigerungen des expliziten Vertrages über ein geringeres r oder ein präziseres, verifizierbares Maß senken hier wie bei der Rückzugsposition rein expliziter Vertrag den optimalen Prämiensatz, beschränken allerdings nicht den hybriden Vertrag (siehe oben). In den Beispielen in den nachfolgenden Tabellen (vgl. Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2) wird der Einfluss der Varianz der verifizierbaren Größe y auf den optimalen Vertrag dargestellt. Ähnliche Ergebnisse ergeben sich auch bei der Variation des Risikoaversionskoeffizienten r, so dass dafür kein separates Beispiel angegeben wird. In **Tabelle 4.1** werden Fall 1.1 sowie Fall 2 (gem. (4.48) und (4.49)) dargestellt und gezeigt, wie sich eine Erhöhung der Varianz auf die Parameter des optimalen Anreizvertrages auswirkt.

Eingangswerte: Grenzproduktivitäten	**Fall 1.1** (1)	(2)	(3)	**Fall 2** (4)	(5)	(6)
d	5	5	5	5	5	5
µ	1	1	1	1	1	1
var(y)	**3**	**4**	**5**	**3,5**	**5**	**10**
Risikoaversionsparameter						
r	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
persönliche Grenzkosten						
c	1	1	1	1	1	1
Reservationslohn						
CEA0	5	5	5	5	5	5
Diskontierungssatz						
i	**0,8**	**0,8**	**0,8**	**0,4**	**0,4**	**0,4**
	i > 0,75	so dass m>0		i<0,75	so dass m<0	
Lösung hybrider Vertrag:						
CEP0	0,000	-0,833	-1,429	-0,455	-1,429	-2,917
Rückzugsposition	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp
Beteiligungsraten						
vy	1,2821	1,0793	0,9366	0,3303	0,2490	0,1365
vx	**0,3590**	**0,3524**	**0,3444**	**0,8184**	**0,8257**	**0,8362**
Arbeitseinsatz						
a	3,077	2,841	2,659	4,422	4,377	4,317
Erwartungsnutzen Prinzipal						
CEP	4,418	4,005	3,662	7,238	7,229	7,220
Wurzelterm	12,250	10,000	7,250	37,688	65,250	214,000

Tabelle 4.1: Darstellung der Fälle 1.1 (gem. (4.48)) und 2 (gem. (4.49)) zum Verhalten des optimalen hybriden Vertrages in Abhängigkeit der Varianz des verifizierbaren Maßes y bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung

Für die verwendeten Eingangsparameter ergibt sich der Schwellenwert für den Zinssatz i gem. Formel (4.45) mit: $i = \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} = \frac{5^2}{4*5} - \frac{1}{2} = 0{,}75$. Demzufolge wurde für Fall 1 ein höherer Wert, nämlich: 0,8 und für Fall 2 ein niedrigerer Wert für i von 0,4 gewählt. In Fall 1 wird die Varianz von 3 auf 5 erhöht und dadurch fällt die optimale Beteiligungsrate v_x von

0,359 auf 0,3444 und v_y fällt von 1,28 auf 0,9366. Da v_y mit σ^2 fällt, handelt es sich hierbei um ein Beispiel für Fall 1.1. In Spalte (3) ist der Wurzelterm bereits auf 7,25 gesunken (siehe letzte Zeile in Tabelle 4.1) und bei einer weiteren Varianz-Erhöhung würde er dann einen negativen Wert annehmen, so dass kein hybrider Vertrag mehr zustande käme. In Fall 2 kann bei dem niedrigeren Zinssatz von 0,4 die Varianz von 3,5 auf 10 angehoben werden, ohne dass der Wurzelterm negativ wird, stattdessen steigt er sogar. Hier steigt v_x mit der Erhöhung der Varianz von 0,8184 auf 0,8362 und v_y sinkt von 0,33 auf 0,1365 (vgl. Spalten (4)-(6)).

In **Tabelle 4.2** ist ein Beispiel für Fall 1.2 (gem. (4.48)) angegeben, denn dort steigt die optimale Rate v_y mit steigender Varianz und sinkender Rate v_x von 0,3884 bis 0,4088. Auch hier unterscheiden sich die beiden Fälle durch die Wahl des Diskontierungssatzes. In Fall 1.2 überschreitet er die Grenze von $i = \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} = \frac{5^2}{4*0{,}5*20} - \frac{1}{2} = 0{,}125$ und beträgt 0,15 und in Fall 2 liegt er darunter, nämlich bei: 0,12. Wie in Tabelle 4.1 sinkt die optimale Rate v_x in Fall 1 mit σ^2 und in Fall 2 steigt sie. Mit Hilfe der Beispiele in Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 wurde bestätigt, dass sich der optimale Prämiensatz v_x mit zunehmende Varianz σ^2 sowohl verringern als auch erhöhen kann. Die Gründe dafür wurden bisher im Hinblick auf die Funktionsgleichung für v_x in Satz 4.3 aus mathematischer Sicht analysiert. Im Folgenden soll die **Intuition für die Ergebnisse** bezogen auf die Modellannahmen näher untersucht werden. Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung ist, wenn der rein relationale First-best-Vertrag nicht realisiert werden kann, die Beteiligung am risikolosen Maß x so hoch wie möglich festgelegt, so dass die GW-Restriktion: $CEP \geq iB$ (vgl. (4.14)) gerade mit Gleichheit erfüllt ist. Es gilt: $v_x < 1$ und die Beteiligungsrate v_y am verifizierbaren, risikobehafteten Maß y ist gem. Gl. (4.22): $v_y(v_x) = (1 - v_x)v_y^0$ an dieses größtmögliche v_x entsprechend angepasst. Durch eine Erhöhung der Varianz oder Risikoaversion werden verschiedene, sich gegenseitig überlagernde Wirkungen hervorgerufen, die im Folgenden isoliert betrachtet werden sollen. Ein Anstieg von r oder σ^2 wirkt sich einerseits direkt reduzierend auf die Beteiligungsrate des rein expliziten Vertrages $v_y^0 = \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$ (siehe (4.8)) aus und kann eine Absenkung von $v_y(v_x)$ hervorrufen (vgl. (4.22)). Daneben verringert eine Erhöhung von r und σ^2 andererseits auch den Gleichgewichts-Überschuss pro Periode CEP des Prinzipals durch den Anstieg der zu zahlenden Risikoprämie: $\frac{r}{2} v_y^2 \sigma^2$ (vgl. (4.19)), so dass sich die Glaubwürdigkeit der implizit versprochenen Bonuszahlung verschlechtert.

Eingangswerte:	Fall 1.2				Fall 2		
Grenzproduktivitäten	(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)
d	5	5	5		5	5	5
µ	4	4	4		4	4	4
var(y)	10	11	12		10	11	12
Risikoaversionsparameter							
r	1	1	1		1	1	1
persönliche Grenzkosten							
c	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
Reservationslohn							
CEA0	20	20	20		20	20	20
Diskontierungssatz							
i	0,15	0,15	0,15		0,12	0,12	0,12
	i > 0,125	so dass m>0			i<0,125	so dass m<0	
Lösung hybrider Vertrag:							
CEP0	-0,952	-1,395	-1,818		-0,952	-1,395	-1,818
Rückzugsposition	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp		Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp
Beteiligungsraten							
vy	0,3884	0,3949	0,4088		0,1525	0,1484	0,1445
vx	**0,5922**	**0,5755**	**0,5504**		**0,8399**	**0,8405**	**0,8411**
Arbeitseinsatz							
a	9,029	8,914	8,774		9,619	9,592	9,567
Erwartungsnutzen Prinzipal							
CEP	4,01	3,85	3,62		4,847	4,837	4,828
Wurzelterm	39,00	25,75	12,00		113,16	115,81	118,56

Tabelle 4.2: Darstellung der Fälle 1.2 (gem. (4.48)) und 2 (gem. (4.49)) zum Verhalten des optimalen hybriden Vertrages in Abhängigkeit der Varianz des verifizierbaren Maßes y bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung

Insofern müsste der Bonus zur Einhaltung der GW-Restriktion über eine Absenkung von v_x entsprechend reduziert werden. Außerdem wird über eine Variation von v_x und v_y noch der optimale Arbeitseinsatz $a = \frac{v_y\mu+v_x d}{c}$ beeinflusst, der seinerseits in den Bonus: $B = v_x da$ eingeht.

Entsprechend den in den Beispielen dargestellten **Fällen 1.1 und 1.2** sinkt die optimale Beteiligungsrate v_x mit einem Anstieg der Risikoaversion oder Varianz (siehe (4.48)). Dies erklärt sich mit der durch die Verschlechterung des expliziten Vertrages hervorgerufenen Verringerung des erwarteten Überschusses CEP. Diese beeinträchtigt die Glaubwürdigkeit der impliziten Vereinbarung und erfordert eine Verringerung der Bonushöhe über eine Verminderung von v_x. Dies ist hier der maßgebliche Effekt. In Fall 1.1 wird die Reduzierung von v_x begleitet von einer Verminderung von v_y. Auf die Beteiligungsrate v_y wirken dabei zwei gegensätzliche Effekte. Einerseits wird v_y durch die Verringerung von v_y^0 reduziert, aber andererseits wird die anteilsmäßige Berücksichtigung von v_y^0 über $(1-v_x)$ erhöht, da v_x sinkt. Dadurch kann v_y auch mit der Verminderung von v_x steigen. In Fall 1.1 überwiegt der Reduzierungseffekt über v_y^0 und in Fall 1.2, in dem v_y mit einer Zunahme von r und σ^2 anders als v_x ansteigt, übertrifft der Substitutionseffekt über $(1-v_x)$ den Einfluss von v_y^0.

In **Fall 2** tritt der überraschende Effekt auf, dass die optimale Rate v_x trotz steigender Risikoaversion und Varianz steigt. Der Einfluss auf den erwarteten Überschuss CEP pro Periode (bzw. den Barwert der zukünftigen, erwarteten Überschüsse) und damit auf die Glaubwürdigkeit der impliziten Vereinbarung wird hier von anderen, entgegengerichteten Einflüssen überlagert. Durch abnehmendes v_y^0 sinkt v_y und darüber wird der optimale Arbeitseinsatz $a=\frac{v_y\mu+v_xd}{c}$ beeinflusst. Durch die Senkung von v_y verringern sich a und damit die Bonushöhe: $B=v_xda$, wodurch die Glaubwürdigkeit verbessert werden würde. Aufgrund dessen kann die Reduzierung von B durch v_y durch eine entsprechende, gleichzeitig stattfindende Erhöhung von v_x teilweise ausgeglichen werden. Eine höhere Gewichtung des perfekt präzisen Signals x verbessert die Glaubwürdigkeit zusätzlich und die Erhöhung von v_x bewirkt über $(1-v_x)$ eine weitere Reduzierung von v_y. Fall 2 tritt auf, wenn der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den in (4.45) ermittelten Schwellenwert unterschreitet, so dass die erwarteten Gleichgewichtsüberschüsse pro Periode aus der fortgeführten Kooperation nur moderat abgezinst werden. Der geringere Zinssatz bedingt somit eine bessere Glaubwürdigkeit und ist mit einer höheren Rate v_x als in Fall 1.1 und Fall 1.2 verbunden. (vgl. Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2). Insofern hat der explizite Vertrag innerhalb des hybriden Vertrages ein vergleichsweise geringeres Gewicht, so dass Effektivitätsverschlechterungen des expliziten Vertrages (über den Anstieg von r oder σ^2) hier anders als in Fall 1 nicht den hybriden Vertrag verhindern können. Aus der Intuition wird klar, dass sich die Beteiligungsrate v_y mit steigendem $k=cr\sigma^2$ in Fall 2 (vgl. (4.49)) irgendwann dem Wert Null nähern wird und die Rate v_x sich dann gleichfalls einem bestimmten Grenzwert nähert. Diese Vermutung lässt sich anhand der entsprechenden Grenzwertberechnungen für v_y und v_x bestätigen. Der Grenzwert für v_y (vgl. (4.44)) für ein gegen unendlich strebendes k lautet:

$$\lim_{k\to\infty}\left(1-\frac{dk-d\mu^2i+\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}}{k(2i+1)d}\right)\frac{d\mu}{\mu^2+k}=0 \tag{4.50}$$

Aus (4.50) ist gut ersichtlich, dass der Term außerhalb der Klammer: $\frac{d\mu}{\mu^2+k}$ gegen 0 strebt, wenn $k \to \infty$ und sich somit auch v_y insgesamt null nähert. Die Grenze für v_x (siehe Satz 4.3) ergibt sich wie folgt (Herleitung siehe Anhang):

$$\lim_{k\to\infty} \frac{dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k(2i+1)d} = \left(d + \sqrt{-4m}\right)\frac{1}{(2i+1)d} \tag{4.51}$$

Sofern $m < 0$ bzw. $i < \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$ ist die in (4.51) angegebene Grenze für v_x ein positiver Wert. Daneben ist aus den Beispielen in Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 aber auch erkennbar, dass trotz des Anstiegs der Beteiligungsrate v_x in Fall 2 eine Verschlechterung des expliziten Vertrages über r und σ^2 auch mit einer Verringerung des erwarteten, einperiodigen Gleichgewichtsüberschusses CEP einhergeht.

Einfluss des Diskontierungsfaktors des Prinzipals

Der Einfluss des Diskontierungszinssatzes des Prinzipals auf den hybriden Vertrag ist aus der Glaubwürdigkeits-Bedingung: $CEP \geq iB$ klar ersichtlich. Ein Anstieg von i erschwert die Einhaltung der Restriktion, da der Prinzipal die zukünftigen, erwarteten Gleichgewichtsüberschüsse pro Periode stärker diskontiert. Dadurch vermindert sich die Vorteilhaftigkeit des hybriden Vertrages im Vergleich zu einer Produktionseinstellung und die Beteiligungsrate v_x muss entsprechend reduziert werden. Ein zu hohes i verhindert bei Überschreiten der Schwelle von $i = \frac{1}{2} - \frac{c}{d^2}CEA_0$ die Realisierung der First-best-Lösung und mit einem weiteren Anstieg auch das Zustandekommen eines hybriden Vertrages. Der Zinssatz übt hier den gleichen Effekt aus wie bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages. Aus rein mathematischer Sicht lässt sich dies allerdings nur sehr schwer zeigen. Die partielle Ableitung von v_x hinsichtlich i müsste eigentlich ein negatives Vorzeichen aufweisen, da v_x mit einem Anstieg von i gesenkt werden muss. Aus dem komplexen Term, der sich aus der Ableitung ergibt, und der in der Arbeit aufgrund seines Umfangs nicht angegeben werden soll, lässt sich dies aber nicht feststellen. Stattdessen kann die Ableitung sowohl positiv als auch negativ sein. Die Ursache für dieses Verhalten soll wieder anhand einer Untersuchung des Wurzelterms (vgl. (4.43)) in v_x analysiert werden. Zur Ermittlung einer Lösung für den hybriden Vertrag ist es notwendig, dass der Term unter der Wurzel in Satz 4.3 nicht negativ ist. Insofern gilt es zu zeigen, dass ein Anstieg von i den Wurzelterm soweit reduziert, dass er kleiner als null wird, so dass ein zu hoher Diskontierungszinssatz einen hybriden Vertrag verhindert.

In der verkürzten Schreibweise hat W in der Formel für v_x die folgende Form: $W = -4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2$ (vgl. (4.43)). Dies lässt sich umstellen zu:

$$\leftrightarrow W = -4mk(k+\mu^2) + d^2\mu^4 i^2 \tag{4.52}$$

Da i auch noch in der Variable $m \equiv CEA_0\left(i+\frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2$ (siehe Satz 4.3) enthalten ist, muss diese in W (vgl. (4.52)) eingesetzt werden und daraus ergibt sich dann:

$$W = -4(CEA_0\left(i+\frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2)k(k+\mu^2) + d^2\mu^4 i^2 \tag{4.53}$$

Aus den Gleichungen in (4.52) und (4.53) erkennt man, dass mit einem Anstieg von i zwei gegensätzliche Effekte verbunden sind. Einerseits reduziert eine Erhöhung von i über den linken Term: $-4mk(k+\mu^2)$ (vgl. (4.52)), der stärker negativ wird, den Wurzelterm W. Gleichzeitig erhöht i aber andererseits W über $d^2\mu^4 i^2$. Wenn der erste Effekt überwiegt, kann der hybride Vertrag durch eine Zunahme von i verhindert werden. Denn auch falls m anfangs negativ ist, nimmt die Variable mit einem Anstieg von i im weiteren Verlauf einen positiven Wert an und kann über: $-4mk(k+\mu^2)$ den Term W soweit absenken, dass er null erreicht und dann negativ wird, so dass keine Lösung für v_x berechnet werden kann. Um zu ermitteln, für welchen Diskontierungssatz i der Wurzelterm W den Wert Null erreicht, wird der Ausdruck in (4.53) null gesetzt und diese quadratische Gleichung nach i gelöst, wodurch sich die beiden folgenden Lösungen ergeben:

$$i_1 = \frac{2CEA_0ck(k+\mu^2) - \sqrt{4}\sqrt{(k+\mu^2)(\left(CEA_0c - \frac{1}{2}d^2\right)\mu^2 + CEA_0ck)(\frac{1}{2}d^2\mu^2 + CEA_0ck)k}}{d^2\mu^4} \tag{4.54}$$

$$i_2 = \frac{2CEA_0ck(k+\mu^2) + \sqrt{4}\sqrt{(k+\mu^2)(\left(CEA_0c - \frac{1}{2}d^2\right)\mu^2 + CEA_0ck)(\frac{1}{2}d^2\mu^2 + CEA_0ck)k}}{d^2\mu^4} \tag{4.55}$$

Aus der Analyse von Zahlenbeispielen (vgl. Tabelle 4.3) erkennt man, dass der kleinere Zinssatz i_1 gem. (4.54) die Grenze darstellt, bis zu der ein hybrider Vertrag realisierbar ist. Übersteigt i den Grenzwert i_1, wird die Wurzel negativ, so dass keine Lösung ermittelt werden kann. Entsprechend den in Tabelle 4.3 festgelegten Parameterwerten ergibt sich der Grenzwert i_1 wie folgt:

$$i_1 = \frac{24}{5} - \frac{6}{5}\sqrt{11} = 0{,}82$$

Für geringere Diskontierungssätze (vgl. Spalte (1) und (2) in Tabelle 4.3) sinken v_x und auch W mit einem höheren Zinssatz i. Bei Überschreiten des Schwellenwertes von 0,82 (vgl. Spalte (3)) ist der Wurzelterm W (siehe letzte Zeile) negativ und v_x nicht lösbar. Allerdings steigt der Wurzelterm später mit einem weiteren Anstieg von i (vgl. Spalte (4) –(6) in Tabelle 4.3), so dass er bei Übertreffen des zweiten Grenzwertes: $i_2 = \frac{24}{5} + \frac{6}{5}\sqrt{11} = 8{,}77$ (gem. (4.55)) wieder positive Werte annimmt. In diesem Fall ergeben sich aber für v_x und CEP negative Werte (vgl. Spalte (6)), so dass hier auch niemals ein hybrider Vertrag zustande käme. In Tabelle 4.3 sieht man, dass mit einer Zunahme von i und dem dadurch bedingten Absenken von v_x sich die Beteiligungsrate v_y erhöht, da hier wieder der Substitutionseffekt über $(1 - v_x)$ zum Tragen kommt.

Eingangswerte: Grenzproduktivitäten	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
d	5	5	5	5	5	5
µ	1	1	1	1	1	1
var(y)	6	6	6	6	6	6
Risikoaversionsparameter						
r	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
persönliche Grenzkosten						
c	1	1	1	1	1	1
Reservationslohn						
CEA0	5	5	5	5	5	5
Diskontierungssatz						
i	**0,4**	**0,8**	**0,85**	**4**	**8,5**	**9**
		i<0,82	i>0,82			i>8,77
Lösung hybrider Vertrag:						
CEP0	-1,875	-1,875	-1,875	-1,875	-1,875	-1,875
Rückzugsposition	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp	Prod.stopp
Beteiligungsraten						
vy	0,214	0,833	0,000	0,000	0,000	1,352
vx	**0,829**	**0,333**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**-0,082**
Arbeitseinsatz			**n.l.**	**n.l.**	**n.l.**	**ungültig**
a	4,358	2,500	0,000	0,000	0,000	0,944
Erwartungsnutzen Prinzipal						
CEP	7,226	3,333	0	0	0	-3,470
Wurzelterm	**88,00**	**4,00**	**-5,94**	**-380,00**	**-53,75**	**45,00**

Tabelle 4.3: Auswirkungen des Diskontierungsfaktors $\boldsymbol{i}$ auf den optimalen hybriden Vertrag bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung

Insgesamt bestätigen die numerische Analyse und die Untersuchung des Wurzelterms die eingangs geäußerte Intuition, dass ein zu hoher Diskontierungszinssatz des Prinzipals den hybriden Vertrag auf Basis von x und y beschränken kann. Die Essenz der in diesem Abschnitt ermittelten Untersuchungsergebnisse wird im nachfolgenden Satz angegeben.

Satz 4.4 *Der optimale hybride Vertrag für* $\boldsymbol{CEP^0} < 0$ *und* $\boldsymbol{0} < \boldsymbol{v_x^{**}} < 1$ *besitzt die folgenden Eigenschaften bezüglich seiner Realisierbarkeit sowie des Verhaltens der optimalen Beteiligungsraten* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und* $\boldsymbol{v_y^{**}}$*:*

1) *Ein hinreichend hoher Diskontierungszinssatz i des Prinzipals beschränkt die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages.*
2) *Mit steigendem Reservationslohn* $\boldsymbol{CEA_0}$ *verringert sich* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und erhöht sich* $\boldsymbol{v_y^{**}}$*. Ein zu hoher Reservationslohn verhindert die Implementierung des hybriden Vertrages.*
3) *Mit einer Erhöhung des Risikoaversionskoeffizienten r des Agenten und mit steigender Varianz des verifizierbaren Maßes y verhalten sich* $\boldsymbol{v_x^{**}}$ *und* $\boldsymbol{v_y^{**}}$ *uneinheitlich: sie können sowohl steigen als auch fallen.*
4) *Ein zu hoher Risikoaversionskoeffizient r und eine zu hohe Varianz beschränken die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, falls der Diskontierungszinssatz i den Grenzwert von:* $\boldsymbol{i} = \frac{\boldsymbol{d^2}}{\boldsymbol{4cCEA_0}} - \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}$ *übersteigt.*

Die Analyse des optimalen hybriden Vertrages bei der Rückzugsposition einer Produktionseinstellung gestaltete sich insgesamt schwieriger als die des optimalen Anreizvertrages bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages. Der Grund dafür ist die komplexere Struktur der Lösung für v_x mit einem Wurzelausdruck im Zähler (vgl. Satz 4.3). Nichtsdestotrotz konnten die in Satz 4.4 zusammengefassten Ergebnisse ermittelt werden. Ein Vergleich mit den Resultaten für die Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages (siehe Satz 4.2) zeigt, dass der **Einfluss des Diskontierungszinssatzes** des Prinzipals bei beiden Rückzugspositionen der gleiche ist. Ein zu hoher Zinssatz verhindert in beiden Fällen das Zustandekommen des hybriden Vertrages. Denn eine Erhöhung des Zinssatzes reduziert den höchstmöglichen Bonus, der innerhalb der impliziten Vereinbarung glaubhaft versprochen werden kann, so dass unter Umständen nur ein rein expliziter Vertrag (bei $CEP^0 > 0$) oder keine weitere Kooperation (bei $CEP^0 < 0$) möglich sind. Eine **Variation des Reservationslohns** $\boldsymbol{CEA_0}$ hat nun anders als bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages Einfluss auf den hybriden Vertrag. Ein Anstieg von CEA_0 reduziert den Gleichgewichtsüberschuss pro Periode und damit auch den Barwert der erwarteten Überschüsse aus der fortgeführten Kooperation, so dass die Bonusrate v_x gesenkt werden muss. Zum Ausgleich wird die Beteiligungsrate des verifizierbaren Maßes entsprechend erhöht. Dagegen war bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages die relative Vorteilhaftigkeit des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrag maßgebend. Dieser wurde durch den Anstieg von CEA_0 nicht beeinträchtigt, da sich eine Variation von CEA_0 auf beide Vertragstypen gleichermaßen auswirkt. Bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages hatte sich mit dem **Anstieg der Varianz und Risikoaversion** die Beteiligungsrate des impliziten Vertrages erhöht und umgekehrt mit höherer Präzision und geringerer Risikoaversion verringert, wobei zu geringe Werte für r oder σ^2 auch den hybriden Vertrag verhindern konnten. Ein Beispiel dafür ist in Tabelle 4.4 (vgl. Spalte (1) –(3)) dargestellt.

Eingangswerte:				**Fall 1.2**				
Grenzproduktivitäten	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
d	5	5	5	5	5	5	5	5
µ	4	4	4	4	4	4	4	4
var(y)	**4**	**5**	**7**	**8**	**10**	**11**	**12**	**13**
Risikoaversionsparameter								
r	1	1	1	1	1	1	1	1
persönliche Grenzkosten								
c	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Reservationslohn								
CEA0	20	20	20	20	20	20	20	20
Diskontierungssatz								
i	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
					i>0,125			
Lösung für hybriden Vertrag:								
CEP0	2,222	1,622	0,513	0,000	-0,952	-1,395	-1,818	-2,222
Rückzugsposition	expl.V.	expl.V.	expl.V.	P.stopp	P.stopp	P.stopp	P.stopp	P.stopp
Beteiligungsraten								
vy	1,1111	1,0146	0,5297	0,3846	0,3884	0,3949	0,4088	0,0000
vx	**0,0000**	**0,0615**	**0,4835**	**0,6154**	**0,5922**	**0,5755**	**0,5504**	**0,0000**
Arbeitseinsatz								
a	8,889	8,732	9,073	9,231	9,029	8,914	8,774	0,000
Erwartungsnutzen Prinzipal								
CEP	2,22	2,02	3,80	4,26	4,01	3,85	3,62	0
Wurzelterm				64,00	39,00	25,75	12,00	-2,25

Tabelle 4.4: Einfluss der Varianz auf die Rückzugsposition des Prinzipals und den optimalen hybriden Anreizvertrag

Bei einer Varianz von 4 (siehe Spalte (1)) ist das verifizierbare Maß y zu präzise, so dass nur ein rein expliziter Vertrag zustande kommt ($v_x = 0$). Mit einem Anstieg der Varianz auf 5 (s. Spalte (2)) und dann auf 7 (vgl. Spalte (3)) erhöht sich v_x und v_y sinkt entsprechend. Eine Verschlechterung des expliziten Vertrages verbessert demzufolge die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da sich dadurch die Rückzugsposition des Prinzipals bei einem Vertragsbruch verschlechtert. Bei einer Varianz von 8 (s. Spalte 4) ist ein rein expliziter Vertrag nicht mehr effektiv (da $CEP^0 = 0$), so dass die Rückzugsposition nun nur noch eine Produktionseinstellung ist. Die optimale Beteiligungsrate für v_x bestimmt sich dann gem. der Formel in Satz 4.3. In diesem Fall springt der optimale Wert für v_x gleich von 0,4835 (s. Spalte 3 in Tabelle 4.4) auf 0,6154 (Spalte 4) und der Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals CEP erhöht sich entsprechend von 3,8 auf 4,26. Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung sinkt nun der Prämiensatz v_x des impliziten Vertrages mit einer weiteren Erhöhung der Varianz oder der Risikoaversion, sofern der Zinssatz den Schwellenwert von $i = \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2} =$ 0,125 übersteigt. Dieser Fall ist in Tabelle 4.4 dargestellt. Hier wird das Beispiel aus Tabelle 4.2 noch einmal für den Vergleich mit der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages aufgegriffen. Der gewählte Diskontierungszinssatz von i =15% liegt über dem für das Beispiel geltenden Grenzwert von 12,5 % und v_x sinkt mit einer Erhöhung der Varianz von 8 auf 12 von 0,6154 auf 0,5504 (s. Spalten (4)-(7)). Eine zu hohe Varianz von 13 (vgl. Spalte (8)) führt dazu, dass kein hybrider Vertrag mehr abgeschlossen werden kann und somit keine Kooperation zustande kommt. Umgekehrt verbessert hier eine geringere Varianz die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Dieses Resultat ähnelt dem von BGM (1994), denn eine Verbesserung der Effektivität des expliziten Vertrages führte in ihrem Modell bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung auch zu einer Erhöhung des impliziten Bonus v_x (vgl. Abschnitt 3.2.1). In dem hier vorgestellten Modell gibt es allerdings daneben auch noch den Fall, dass eine Verringerung der Varianz oder der Risikoaversion zu einer Reduzierung des Prämiensatzes v_x führen kann, wenn $i < \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$ (siehe Fall 2 in (4.49)). Dieser Fall tritt bei BGM (1994) nicht auf und erklärt sich dadurch, dass der Bonus im hier betrachteten Modell eine stetige Variable ist, die über x auch noch von der Höhe des optimalen Arbeitseinsatzes abhängt, wohingegen BGM (1994) angenommen haben, dass der Bonus binär sei: entweder 1 oder 0 (vgl. Abschnitt 3.2.1). Sofern der Diskontierungsfaktor unterhalb der Schwelle $i = \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$ liegt, beschränken eine Zunahme von r oder σ^2 nicht die Realisierbarkeit des hybriden Vertrags. Die durch die Verringerung von CEP eingebüßte Glaubwürdigkeit fällt hier nämlich weniger stark ins Gewicht als der über den gleichgewichtigen Arbeitseinsatz ausgeübte Einfluss auf die Bonushöhe. Mit der Erhöhung von r und σ^2 verringert sich die optimale Beteiligungsrate v_y des expliziten Vertrages und reduziert über $a = \frac{v_y\mu + v_x d}{c}$ die Bonushöhe. Die so erzielte Verbesserung der Glaubwürdigkeit wird über einen Anstieg von

v_x kompensiert. Wenn die Variable $k = cr\sigma^2$ im Extremfall gegen unendlich strebt, nähert sich v_y dem Wert Null (vgl. (4.50)) und v_x strebt gegen die in (4.51) angegebenen Grenze, so dass es sich hier um den Spezialfall eines rein impliziten Vertrages handelt.

4.5 Diskussion der Ergebnisse

In dem hier untersuchten mehrperiodigen LEN-Modell hat sich gezeigt, dass ein hybrider Vertrag unter Einbezug einer nichtverifizierbaren, perfekt präzisen Größe nicht möglich ist, wenn das verifizierbare Maß y zu wenig risikobehaftet oder der Agent zu wenig risikoscheu ist. Dieses Resultat ergibt sich, wenn ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis von y die Rückzugsposition des Prinzipals nach einem Bruch des hybriden Vertrages darstellt (vgl. Satz 4.2, Nr. (3)). Falls die Rückzugsposition des Prinzipals bei Nichteinhaltung des hybriden Vertrages nur eine Produktionseinstellung ist, tritt dieses kontraintuitive Ergebnis nicht auf. Hier können dagegen ein hinreichend hohes Risiko des verifizierbaren Maßes und eine zu hohe Risikoaversion des Agenten den hybriden Vertrag verhindern (vgl. Satz 4.4, Nr. (4)). Der Diskontierungszinssatz i des Prinzipals sowie der Reservationslohn CEA_0 des Agenten haben den gleichen Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages wie in den Modellen in Abschnitt 3.2 für einen risikoneutralen Agenten (vgl. Tabelle 3.2). Ein zu hoher Diskontierungsfaktor verhindert unabhängig von der Rückzugsposition des Prinzipals das Zustandekommen des hybriden Vertrages. Für den Reservationslohn CEA_0 gilt ebenfalls wie für den Reservationsnutzen U^R in den Analysen in Abschnitt 3.2, dass ein Anstieg von CEA_0 keinen Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages hat, solange noch gilt, dass $CEP^0 > 0$. Erst bei $CEP^0 < 0$ kann ein zu hohes CEA_0 den hybriden Vertrag verhindern.

Die Untersuchung von BGM (1994) ergab, dass das Zustandekommen eines hybriden Vertrages bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages unmöglich ist, wenn der unsichere Grenzbeitrag der verzerrten, aber verifizierbaren Beurteilungsgröße y, den der risikoneutrale Agent vor der Wahl seines Arbeitseinsatzes privat beobachtet, eine zu geringe Varianz aufweist (vgl. Tabelle 3.2). Ein zu wenig verzerrtes, verifizierbares Performancemaß verhindert somit den hybriden Vertrag, wohingegen bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung eine höhere Kongruenz der verifizierbaren Größe y den hybriden Vertrag verbessert. Der Einfluss der Varianz des unsicheren Grenzbeitrages im Modell von BGM (1994) ist vergleichbar mit dem Einfluss von r und $var(y)$ des in diesem Kapitel untersuchten LEN-Modells, da diese Parameter die Effektivität des rein expliziten Vertrages im jeweiligen Modell maßgeblich bestimmen. Insofern ergeben sich hier ähnliche Ergebnisse, denn Effektivitätsverbesserungen des rein expliziten Vertrages verschlechtern in beiden Analysen die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages sofern der rein explizite Vertrag die Rückzugsposition darstellt. Falls nur eine Produktionseinstellung die Rückzugsposition bildet, können dagegen in beiden Modellen Effektivitätserhöhungen des formalen Vertrages den hybriden Vertrag verbessern. Im LEN-Modell trat die Besonderheit auf, dass die Beteiligungsrate am nichtverifizierbaren Maß v_x bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung mit einem höheren Wert für r und σ^2 auch steigen kann. Es sinkt zwar der erwartete Gleichgewichtsüberschuss CEP des Prinzipals, aber die Realisierbarkeit wird durch ein zu hohes r oder σ^2 in diesem Fall nicht beschränkt.

Weitere Unterschiede ergeben sich bei den aus den Modellanalysen abzuleitenden Praxisimplikationen. Bei BGM (1994) kann die Tatsache, dass der Agent nach Vertragsschluss genauere Informationen bezüglich der Grenzproduktivität seines Arbeitseinsatzes auf das verifizierbare Maß erfährt, so interpretiert werden, dass es sich bei dem verifizierbaren Maß um eine von dem Manager manipulierbare Größe handelt. Nach dieser Interpretation könnte der Einbezug der nichtverifizierbaren Größe hier vorteilhaft sein, um die Verzerrungen der manipulierbaren Größe zu relativieren (vgl. Abschnitt 3.4). In dem vorgestellten LEN-Modell steht dagegen die Risiko-Anreiz-Problematik im Vordergrund. Potentielle Vorteile aus der Berücksichtigung einer zusätzlichen Beurteilungsgröße resultieren hier aus dem „**Informativeness“-Prinzip**. Dieses besagt, dass jedes zusätzliche Signal im optimalen Anreizvertrag Berücksichtigung finden sollte, sofern es in Gegenwart der anderen Beurteilungsgrößen informativ bzgl. des Arbeitseinsatzes a des Agenten ist (vgl. Abschnitt 2.2.4), da darüber dann die Anreizsetzung oder Risikoteilung oder auch beides verbessert wird. Hier wurde der Spezialfall betrachtet, dass das nichtverifizierbare Maß x perfekt präzise beobachtet werden kann und somit perfekt informativ über den Arbeitseinsatz ist, so dass der optimale Anreizvertrag allein auf x konditionieren könnte, sofern das Maß verifizierbar wäre. Die Analyse zeigte aber, dass ein rein impliziter First-best-Vertrag auf Basis des nichtverifizierbaren Maßes x nur unter bestimmten Restriktionen implementierbar ist (vgl. Satz 4.1 und Satz 4.3), d. h. nur sofern die implizit versprochene Bonuszahlung glaubwürdig ist. Andernfalls ist der Abschluss eines hybriden Vertrages möglich, in dem neben x auch das risikobehaftete Maß y Verwendung findet. [218] Insofern kann die Nichtverifizierbarkeit von x hier im übertragenen Sinne als eine

[218] Abweichend von der optimalen Beteiligungsrate für verifizierbare Maße im LEN-Modell (vgl. (2.40)) ist hier der optimale Prämiensatz der sicheren Größe x geringer als eins (siehe (4.27)).

Art Einschränkung des „Informativeness"-Prinzips interpretiert werden, auch wenn sich das Prinzip an sich nur auf stochastische Größen bezieht (vgl. Abschnitt 2.2.4). Anders als bei Rajan/Reichelstein (2009) wird bei Zustandekommen des hybriden Vertrages ein (in Gegenwart der perfekt präzisen, subjektiven Größe) nichtinformatives Signal (nämlich y) im optimalen Anreizvertrag berücksichtigt. Wenn dagegen nur ein rein expliziter Vertrag realisierbar ist, wird auf das perfekt informative Signal x verzichtet. Die Kosten aus der Nichtverifizierbarkeit von x äußern sich hier in dem geringeren erwarteten Gleichgewichtsüberschuss pro Periode, den der Prinzipal bei Abschluss eines hybriden oder eines rein expliziten Vertrages im Vergleich zum First-best-Vertrag mit $v_x = 1$ erzielt.

Bei der **Auswertung der Modellergebnisse** muss beachtet werden, dass die Resultate möglicherweise von der Annahme getrieben werden, dass das nichtverifizierbare Maß perfekt präzise ist und bei Verifizierbarkeit immer zur First-best-Lösung führen würde. Die betrachtete Modellsituation wäre dann möglicherweise nur für solche nichtverifizierbaren Maße repräsentativ, die keine Korrelation zu verifizierbaren Kennzahlen aufweisen und insgesamt weniger risikobehaftet sind als diese. Wenn man von dieser Einschränkung erst einmal absieht, beschreibt die untersuchte Modellsituation bspw. die Anreizsetzung für Geschäftsführer von nichtbörsennotierten Tochterunternehmen in einem Konzern, die auf Basis des (intern ermittelbaren aber nichtverifizierbaren) Unternehmenswertes und einer Gewinngröße aus dem Jahresabschluss der jeweiligen Gesellschaft entlohnt werden. Das **erste Hauptergebnis** der Analyse bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages (vgl. Satz 4.2, Nr. (3)) legt den Schluss nahe, dass der **optimale hybride Anreizvertrag eher für stärker risikoscheue Manager und bei risikobehafteteren Rechungswesen-Größen realisierbar** erscheint. Für die Rückzugsposition Produktionseinstellung gab es in Abhängigkeit vom Zinssatz zwei Resultate bezogen auf die Varianz und die Risikoaversion (vgl. Satz 4.4, Nr. (3) und (4)). Zum einen sind hybride Anreizverträge nicht mehr möglich, wenn die Risikoaversion oder die Varianz zu hoch sind (bei $i > \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$). Zum anderen kann aber bei $i < \frac{d^2}{4cCEA_0} - \frac{1}{2}$ unabhängig von der Höhe der Varianz und Risikoaversion immer ein hybrider Vertrag möglich sein. Hier stellt sich die Frage, ob die teilweise entgegengesetzten Resultate überhaupt empirisch überprüfbar sind. Dabei ist zu beachten, dass mit zunehmender Risikoaversion bzw. größerer Varianz bei anfänglichem Bestehen der Option auf einen rein formalen Anreizvertrag, d. h. $CEP^0 > 0$, diese irgendwann verschwindet. Denn $CEP^0 = \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0$ (vgl. (4.10)) verringert sich mit steigendem r und σ^2 und kann schließlich auch negativ werden, sofern $CEA_0 > 0$. Da die Situation, in der der rein explizite Vertrag zwar für sich allein nicht effektiv ist, so dass: $CEP^0 < 0$, aber in Kombination mit dem impliziten Vertrag zu einem positiven einperiodigen erwarteten Gleichgewichtsüberschuss führen würde: $CEP > 0$ bedeutungsmäßig geringer erscheint als die mit der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages, d. h. wenn $CEP^0 > 0$, sollte sich die empirische Überprüfung nur auf das erste Hauptergebnis (vgl. Satz 4.2, Nr. (3)) beziehen. Hierfür erscheint die nachfolgende These geeignet:

Je risikobehafteter die verifizierbaren Performancemaße und je größer die Risikoaversion der Manager, desto eher erfolgt der Rückgriff auf nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen.

Falls die Modellergebnisse im Wesentlichen von der Annahme einer perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße abhängen, sollte die Hypothese eingeschränkt werden auf nichtverifizierbare Maße, die weniger risikobehaftet als die objektiven Größen und mit diesen unkorreliert sind. Insofern gilt es zu **prüfen**, inwieweit die **Annahme der perfekten Präzision der nichtverifizierbaren Zielgröße** x hier die **Ergebnisse treibt**. Diese Prüfung kann allerdings nur eine grobe Abschätzung sein, da sich der Fall im verwendeten LEN-Modell nicht darstellen lässt (vgl. Abschnitt 4.2, S. 159). Wenn die Zielgröße x als stochastisch angenommen werden würde, z. B.: $x = da + \varepsilon_x$ mit: $\varepsilon_x \sim N(0, \sigma_x^2)$, wäre die Größe x, bei $d > 0$, in der Regel in Gegenwart von y informativ über den Arbeitseinsatz[219] und sollte bei Verifizierbarkeit gem. dem „Informativeness"-Prinzip (vgl. Satz 2.7) im Entlohnungsvertrag verwendet werden. Der Informationsgehalt von x wäre nun allerdings geringer als im betrachteten Modell, so dass bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages die relative Vorteilhaftigkeit des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrages nun geringer ausfallen würde. Die linke Seite der Glaubwürdigkeits-Bedingung: $CEP - CEP^0 \geq iB$ (vgl. (4.13)) wäre nun kleiner. Obwohl die optimale Beteiligungsrate v_x und die Höhe der impliziten Bonuszahlung ggf. auch geringer sein könnten, wird ein solcher hybrider Vertrag insgesamt sicherlich schwerer zu implementieren sein als wenn das Maß x nicht stochastisch wäre, da der erstgenannte Effekt sicherlich der maßgebende ist. Eine **höhere Varianz von y** verschlechtert nun CEP^0 in größerem Umfang als CEP, so dass die Glaubwürdigkeit des hybriden Vertrages vermutlich verbessert werden würde und umgekehrt, eine höhere Präzision von y wie in dem analysierten LEN-Modell die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechtert. Insofern

[219] Sofern beide Größen stochastisch unabhängig wären, wäre x wegen d>0 immer informativ in Gegenwart von von y. Bei korrelierten Größen ist x nur dann nicht informativ, wenn der Spezialfall vorliegt, dass y eine suffiziente Statistik für (x,y) bezüglich a ist (vgl. Fußnote 127).

müsste das erste Hauptergebnis (vgl. Satz 4.2, Nr. (3)) bezogen auf die Varianz von y auch für stochastische, nichtverifizierbare Maße Gültigkeit besitzen. Somit wird für die empirische Prüfung der Vermutung, dass bei risikoreicheren, verifizierbaren Performancemaßen häufiger nichtverifizierbarer Größen einbezogen werden,[220] keine Einschränkung nötig sein. Eine **Erhöhung der Risikoaversion** würde nun aber anders als im betrachteten Grenzfall beide Verträge in annähernd gleichem Umfang betreffen, so dass eine Reduzierung der Risikoaversion nun vermutlich nicht zwangsläufig die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechtern würde. Aufgrund dessen treibt die Annahme der perfekten Präzision von x vermutlich zwar nicht das Ergebnis bezogen auf die Varianz von y, aber wahrscheinlich das Resultat bzgl. der Risikoaversion des Agenten. Für die empirische Überprüfung wäre deshalb die Einschränkung auf unkorrelierte, wenig risikobehaftete Maße bei der Untersuchung des Einflusses der Risikoaversion angebracht.

Zusammenfassend wird konstatiert, dass in der hier untersuchten Modellsituation ähnliche Ergebnisse wie bei BGM (1994) erzielt wurden. Zudem konnten neue Einsichten zur Verwendung nichtverifizierbarer Performancemaße bei risikoscheuen Agenten gewonnen werden. Hierbei wurden auch erste Anregungen für die empirische Überprüfung der Modellergebnisse und für die Hypothesenbildung diskutiert. Bei der weiteren formal-analytische Untersuchung sollte nun geprüft werden, ob sich die gewonnenen Resultate auch in einem alternativen Modellrahmen verifizieren lassen. Dabei sollte nach Möglichkeit ein Modell gewählt werden, das auch die Berücksichtigung eines stochastischen, nichtverifizierbaren Maßes erlaubt. Im nächsten Kapitel wird deshalb die Analyse von BGM (1994) auf ein diskretes Moral-Hazard-Modell übertragen, um auch hierfür die Realisierbarkeit eines hybriden Anreizvertrages auf Basis eines verifizierbaren und eines nichtverifizierbaren Performancemaßes zu untersuchen.

[220] Ähnliche Hypothesen wurden bereits aus den Modellergebnissen von Banker/Datar (1989) abgeleitet (vgl. Bushman /Indjejikian/Smith (1996) sowie Ittner/Larcker/Rajan (1997)), wobei sich die Analyse von Banker/Datar (1989) allerdings ausschließlich auf verifizierbare Beurteilungsgrößen bezieht. Banker/Datar (1989) untersuchen u. a. das Verhältnis der Gewichte zweier Signale in einem linearen Aggregat und kommen zu dem Schluss, dass bei unkorrelierten Kennzahlen die Gewichtung einer Beurteilungsgröße entsprechend ihrer „signal-to-noise"-Rate erfolgt. Diese besagt, dass die relative Gewichtung einer Beurteilungsgröße umso höher ist, je größer ihre Sensitivität bezüglich des Arbeitseinsatzes und je geringer ihre Varianz. Ausgehend von diesen Resultaten wird bspw. vermutet, dass das relative Gewicht nichtfinanzieller Performancemaße mit zunehmendem exogenen Risiko der finanziellen Maße ansteigt (vgl. Ittner/Larcker/Rajan (1997), S. 235).

5 Nichtverifizierbare Beurteilungsgrößen im diskreten Modell

5.1 Vorbemerkungen

Im vorangegangenen Kapitel wurde die Analyse von Baker/Gibbons/Murphy (1994) – nachfolgend wieder abgekürzt mit BGM (1994) (siehe Abschnitt 3.2.1) zur Kombination von nichtverifizierbaren und verifizierbaren Performancemaßen in impliziten und expliziten Verträgen auf ein LEN-Modell übertragen. So konnte untersucht werden, inwieweit die von BGM (1994) für einen risikoneutralen Agenten im Rahmen eines durch „hidden information" verursachten Kongruenzproblems (vgl. Abschnitt 3.2.1) hergeleiteten Ergebnisse sich von denen in einer durch ein Risiko-Anreiz-Problem gekennzeichneten Modellsituation unterscheiden. Dabei zeigten sich Parallelen zu den Hauptresultaten von BGM (1994) (vgl. Kap. 4). Im nächsten Schritt wird nun im Verlauf dieses Kapitels die Analyse von BGM (1994) auf ein diskretes Moral-Hazard-Modell übertragen (vgl. Abschnitte 2.2.2 sowie 2.2.4). Das **Ziel der Untersuchung** ist wie in Kapitel 4 die Bestimmung und Untersuchung des optimalen hybriden Anreizvertrages für einen risikoscheuen Agenten im Rahmen einer langfristigen Anreizbeziehung. Hierbei soll nun geprüft werden, ob ähnliche Ergebnisse wie bei BGM (1994) sowie im LEN-Modell auch in dem gewählten diskreten Modellrahmen auftreten. Im Unterschied zur LEN-Analyse in Kap. 4 wird hier eine Modellstruktur verwendet, die auch die Betrachtung eines stochastischen, nichtverifizierbaren Maßes erlaubt. Im LEN-Modell war die Annahme perfekter Präzision der nichtverifizierbaren Größe notwendig, so dass der als stetige Variable modellierte Bonus ex ante glaubwürdig versprochen werden konnte (vgl. Abschnitt 4.2, S. 159). Im nachfolgend betrachteten Modell werden der Arbeitseinsatz und die beiden Performancemaße als binäre Größen angenommen, so dass auch bei stochastisch abhängigen Beurteilungsgrößen nur insgesamt vier verschiedene Boni möglich sind, deren Glaubwürdigkeit über vier Restriktionen berücksichtigt werden kann (vgl. Abschnitt 5.2). Allerdings ist auch im hier untersuchten, diskreten Modell die Analyse für stochastische Maße mit Schwierigkeiten verbunden, so dass als Erstes der Grenzfall eines perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Maßes analysiert wird. Ein weiterer Unterschied zum LEN-Modell besteht beim hier untersuchten Modell mit einem hohen und einem niedrigen Arbeitseinsatz in der Möglichkeit, dass ein formaler Anreizvertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes zu einem höheren erwarteten Gleichgewichts-Überschuss des Prinzipals führen könnte als ein expliziter Vertrag zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes auf Basis des verifizierbaren Maßes. Aufgrund dessen wird dieser Fall der Vollständigkeit halber als weitere mögliche Rückzugsmöglichkeit des Prinzipals nach einem Bruch der impliziten Vereinbarung berücksichtigt. Anders als in der Untersuchung von BGM (1994) und im Rahmen des LEN-Modells in Kap. 4 wird hier analog zur Untersuchung von RR (2009) (vgl. Abschnitt 3.3) die verifizierbare bzw. objektive Größe als Zielgröße des Prinzipals festgelegt, so dass die nichtverifizierbare Größe nicht nur den Beitrag des Agenten zum Unternehmenswert sondern z. B. auch subjektive Beurteilungen durch den Vorgesetzten repräsentieren kann. Dagegen könnte die objektive Beurteilungsgröße wieder eine Größe aus dem Rechnungswesen verkörpern, die in diesem Fall die Zielgröße des Prinzipals ist. Als **Ergebnis der Modellanalyse** ergibt sich, dass bei Annahme eines perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Maßes eine hinreichend hohe Effektivität des rein expliziten Vertrages auf Basis der objektiven Größe (zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes) wie bei BGM (1994) und im LEN-Modell die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages beschränkt, sofern dieser Vertrag die Rückzugsposition des Prinzipals darstellt. Anders als bei BGM (1994) und im LEN-Modell äußert sich eine zu hohe Effektivität hier in einem zu hohen Informationsgehalt des verifizierbaren Signals bzgl. des Arbeitseinsatzes sowie in einer zu geringen Signifikanz[221] des Moral-Hazard-Problems ausgedrückt über die Differenz der Kosten aus dem Disnutzen bei hohem und niedrigem Arbeitseinsatz. Im Unterschied zu den Resultaten von BGM (1994) und des LEN-Modells beschränkt im diskreten Modell ein Anstieg des Reservationsnutzens auch bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages (zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes) die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Die numerische Analyse für eine risikobehaftete, subjektive Beurteilungsgröße ergab, dass die aufgeführten Ergebnisse bzgl. der Effektivität des rein expliziten Vertrages sowie des Reservationsnutzens voraussichtlich nicht nur bei Annahme eines perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Maßes, sondern auch für stochastische, nichtverifizierbare Größen Gültigkeit besitzen. Der **Gang der weiteren Untersuchung** ist so angelegt, dass im nächsten Abschnitt erst einmal die grundlegenden Modellannahmen dargestellt werden. Daran schließt sich in Punkt 5.3 die Analyse für den Grenzfall einer perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße. Es wird zuerst der optimale Anreizvertrag bestimmt und anschließend die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages für die drei möglichen Rückzugspositionen untersucht. In Abschnitt 5.4 erfolgt die numerische Analyse für eine stochastische, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße auf Basis verschiedener Beispielrechnungen. Den Abschluss von Kapitel 5 bildet eine Diskussion der Ergebnisse in Punkt 5.5.

[221] Vgl. Rajan/Reichelstein (2009), S. 216.

5.2 Grundlegende Modellannahmen

Analog zu dem in Abschnitt 2.2.2 vorgestellten diskreten Modell wird im Folgenden die Beziehung zwischen einem risikoneutralen Prinzipal und einem risikoscheuen Agenten untersucht, wobei der Arbeitseinsatz des Agenten und auch das (monetäre) Ergebnis der Vertragsbeziehung, das dem Prinzipal zusteht, binäre Variablen sind. Das Ergebnis als Zielgröße des Prinzipals repräsentiert anders als bei BGM (1994) und in der Analyse in Kap. 4 nun das verifizierbare Performancemaß, so dass es sich dabei z. B. um eine Größe aus dem Rechnungswesen handeln könnte. Der Arbeitseinsatz ist gleichbedeutend mit dem Anstrengungsniveau des Agenten, welches entweder hoch oder niedrig ausfallen kann: $a \epsilon \{a^h, a^l\}$. Ein höherer Arbeitseinsatz ist dabei mit einem größeren Disnutzen $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$ verbunden. Auch die Zielgröße des Prinzipals kann nur zwei Ausprägungen annehmen: $x \epsilon \{x^h, x^l\}$, wobei gilt: $x^h - x^l > 0$. Das Ergebnis x ist sowohl vom Arbeitseinsatz als auch von zufälligen Umwelteinflüssen abhängig. Es soll gelten, dass die Wahrscheinlichkeit für die Realisierung des hohen Ergebnisses x^h bei Wahl des hohen Arbeitseinsatzes größer ist als bei der Wahl des niedrigeren Anstrengungsniveaus: $f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$. Die additiv-separable Nutzenfunktion des risikoscheuen Agenten hat wie in Abschnitt 2.2.2 die Form: $U^A = u(s) - C(a)$ und die Umkehrfunktion von $u(s)$ wird mit $h(\cdot)$ bezeichnet und sei ansteigend und konvex ($h' > 0, h'' > 0$). Neben x steht noch ein weiteres Signal y als Performancemaß für die Anreizgestaltung zur Verfügung. Dieses zusätzliche Signal ist ebenfalls binär: $y \in (y^h, y^l)$ und wird anders als in Punkt 2.2.4 als nichtverifizierbar angenommen. Auch hier gilt, dass die Wahrscheinlichkeit für die Realisierung des hohen Wertes bei hohem Arbeitseinsatz des Agenten größer sein soll, als bei der Wahl des niedrigen Arbeitseinsatzes: $f(y^h|a^h) > f(y^h|a^l)$. Insofern stellt y genau wie x eine stochastische Größe dar, wobei aber in Abschnitt 5.3 erst einmal der Grenzfall eines perfekt präzisen Maßes mit $f(y^h|a^h) = 1$ sowie $f(y^h|a^l) = 0$ betrachtet wird. Der Entlohnungsvertrag $s(\cdot)$ des Agenten könnte allein auf dem verifizierbaren Maß x beruhen: $s(x)$ oder noch zusätzlich die nichtverifizierbare Größe y im Rahmen eines hybriden Vertrages einbeziehen: $s(x, y)$. Hier ist zu prüfen, inwieweit das für verifizierbare Maße geltende „Informativeness“-Prinzip (vgl. Satz 2.7) zur Anwendung kommt. Danach wäre das Signal y immer dann Bestandteil des optimalen Vertrages, wenn es in Gegenwart von x informativ über den Arbeitseinsatz ist (vgl. Definition 2.2). Für die folgende Analyse wird wieder auf die verkürzte Schreibweise mit den Indizes $p \epsilon \{l, h\}$ und $q \epsilon \{l, h\}$ (vgl. Abschnitt 2.2.4) zurückgegriffen, so dass: $x^p \epsilon \{x^h, x^l\}$ und: $y^q \epsilon \{y^h, y^l\}$. Es wird angenommen, dass ein auf x und y basierender Anreizvertrag s^{pq} sich aus einer Entlohnungskomponente s^p auf Grundlage des verifizierbaren Maßes x und einem implizit vereinbarten Bonus auf Basis beider Maße x und y, d. h.: b^{pq} zusammensetzt. Dementsprechend gestaltet sich das angenommene Entlohnungsschema wie folgt:

$$s(x,y) = \begin{cases} s^{hh} = s^h + b^{hh} & bei\ x^h, y^h \\ s^{hl} = s^h + b^{hl} & bei\ x^h, y^l \\ s^{lh} = s^l + b^{lh} & bei\ x^l, y^h \\ s^{ll} = s^l + b^{ll} & bei\ x^l, y^l \end{cases} \tag{5.1}$$

Der implizite Bonus b^{pq} wird für die realisierten Werte x^p und y^q vereinbart, so dass entsprechend den vier möglichen Kombinationen beider Performancemaße vier unterschiedlich hohe Boni festgelegt werden könnten. Es wird aufgrund der in der Praxis beobachteten Verträge sowie analog zur Untersuchung von BGM (1994) und des LEN-Modells (vgl. Punkte 3.2.1 und Kap. 4) angenommen, dass der Bonus nicht negativ werden darf: $b^{pq} \geq 0$. Anders als der Bonus variiert die Komponente s^p nur mit den beiden Wertausprägungen des objektiven Maßes: $x^p \epsilon \{x^h, x^l\}$. Die Entlohnungskomponente s^p kann aufgrund der Kontrahierbarkeit von x in einem expliziten bzw. formalen Vertrag festgelegt werden, welcher gerichtlich durchsetzbar ist. Dagegen kann der Bonus b^{pq}, der sich auch auf das nichtverifizierbare Maß y bezieht, nur Bestandteil einer impliziten Vereinbarung werden. Insofern ergibt sich hier wieder das Problem, dass der Prinzipal die Bonuszahlung unberechtigterweise im Nachhinein verweigern könnte, da der Agent sie nicht einzuklagen vermag. An dieser Stelle wird wie in Kapitel 4 der Modellierungsansatz von BGM (1994) verwendet. Es wird ein unendlich oft wiederholtes Spiel zwischen dem Prinzipal und dem Agenten betrachtet, in dem der implizite Vertrag durch das Streben des Prinzipals nach einer guten Reputation auf dem Arbeitsmarkt durchgesetzt werden kann. Annahmegemäß spielen beide Akteure Trigger-Strategien, d. h. sie kooperieren so lange, bis eine Seite den impliziten Vertrag bricht und sind in diesem Fall nie wieder zu einer Fortsetzung der Kooperation auf Basis des impliziten Vertrages bereit.[222] Das Zustandekommen eines Gleichgewichts setzt dabei voraus, dass der implizite Vertrag selbstdurchsetzend ist, d. h. sich die Vertragserfüllung von selbst aus dem rationalen Verhalten der Akteure ergibt (vgl. Abschnitt 3.2.1). Der zeitliche Ablauf der Ereignisse entspricht dem in Abbildung 3 (vgl. Punkt 4.2, S. 152) dargestellten sequentiellen Ereignisablauf je Periode. Zuerst bietet der Prinzipal dem Agenten den hybriden Anreizvertrag $s(x,y) = s^{pq} = s^p + b^{pq}$ an, den dieser im nächsten Schritt akzeptiert oder ausschlägt. Im ersten Fall wählt der Agent daraufhin seinen Arbeitseinsatz: $a \epsilon \{a^h, a^l\}$. Anschließend wer-

[222] Wie bei BGM (1994) und der Analyse in Kap. 4 werden hier optimale Bestrafungen und Nachverhandlungsmöglichkeiten nicht berücksichtigt.

den die beiden Beurteilungsgrößen x und y realisiert. Die im expliziten Vertrag vereinbarte Entlohnungszahlung s^p wird gemäß x^p geleistet und der Prinzipal kann den entsprechend den Realisierungen von x^p und y^q festgelegten Bonus b^{pq} entweder zahlen oder verweigern. Die Entscheidung hängt davon ab, ob sein erwarteter Nutzen aus einer Fortsetzung der Kooperation größer ist als bei einem Vertragsbruch, wenn der implizite Bonus einbehalten wird. Aus diesem Grund muss das Kalkül des Prinzipals zur Sicherstellung eines selbstdurchsetzenden, impliziten Vertrages über eine entsprechende Restriktion bei der Bestimmung des optimalen hybriden Gleichgewichtsvertrages beachtet werden (siehe Ausführungen weiter unten).

Notation im Überblick

Arbeitseinsatz: $a \in \{a^h, a^l\} \quad a^h > a^l$
Ergebnis/ Zielgröße des Prinzipals (verifizierbar): $x^p \in \{x^h, x^l\} \quad (x^h > x^l)$
zusätzliche Beurteilungsgröße (nichtverifizierbar): $y^q \in \{y^h, y^l\} \quad (y^h > y^l)$
Entlohnung: $s(x,y) = s^{pq} = s^p + b^{pq}\ bei\ x = x^p\ und\ y = y^q, \quad b^{pq} \geq 0$
Indizes: $p \in \{h,l\}, \quad q \in \{h,l\}$
Disnutzen: $C(a^h) = c_h > C(a^l) = c_l$
Nutzenfunktion des Agenten: $U^A = u(s) - C(a) \quad u' > 0, u'' < 0$
Umkehrfunktion: $u^{-1}(\cdot) \equiv h(\cdot) \quad h' > 0, h'' > 0$
Reservationsnutzen des Agenten: U^R
Einzelwahrscheinlichkeiten:
$f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$
$f(y^h|a^h) > f(y^h|a^l)$
gemeinsame Wahrscheinlichkeiten: $f(x^p, y^p|a)$
EU^P - Erwartungsnutzen des Prinzipals
EU^A - Erwartungsnutzen des Agenten

Wenn der Arbeitseinsatz beobachtbar und verifizierbar wäre, bestände Informationssymmetrie zwischen Prinzipal und Agent, so dass kein Anreizproblem mehr vorläge. In diesem Fall könnte der Arbeitseinsatz vertraglich vorgegeben werden, so dass der optimale Vertrag dann zur **First-best-Lösung** führt. Gemäß Satz 2.2 beinhaltet der optimale Vertrag bei beobachtbarem Arbeitseinsatz die fixe Vergütung: $s^{FB} = u^{-1}(C(a) + U^R) = h(C(a) + U^R)$, die sich entsprechend dem geforderten Arbeitseinsatz folgendermaßen differenziert:

$bei\ a^h$: $\quad s^* = h(c_h + U^R) = s^{FB}(a^h)$

$bei\ a^l$: $\quad s^* = h(c_l + U^R) = s^{FB}(a^l)$

Der Prinzipal wird den Arbeitseinsatz vorgeben, der seinen erwarteten Nutzen: $EU^P(a)$ maximiert (vgl. Satz 2.2), d. h. dass der hohe Arbeitseinsatz a^h nur verlangt wird, falls: $EU^P(a^h) > EU^P(a^l)$. Als weiteres Benchmark wird die Anreizgestaltung im Rahmen des **rein expliziten Vertrages** nur auf Basis der verifizierbaren Größe x betrachtet. Falls das hohe

Anstrengungsniveau a^h motiviert werden soll, ist der optimale Gleichgewichtsvertrag nur auf Basis von x gekennzeichnet durch die in Satz 2.4 angegebenen Entlohnungszahlungen s^H und s:^{L}

$$s^H = h\left(\frac{\left(1 - f(x^h|a^l)\right)c_h + (f(x^h|a^h) - 1)c_l}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)$$

$$s^L = h\left(\frac{(f(x^h|a^h)c_l - f(x^h|a^l)c_h)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)$$

Der erwartete Nutzen für den Prinzipal bestimmt sich dann wie folgt (vgl. (2.16)):

$$EU^P(a)_x = f(x^h|a)(x^h - s^H) + \left(1 - f(x^h|a)\right)(x^l - s^L) = (E(x) - E(s)_x)$$

Für das Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatz a^l ist dieselbe Fixzahlung wie im First-best-Fall ausreichend: $s^{FB}(a^l) = h(c_l + U^R)$ (siehe Satz 2.5 i. V. m. Satz 2.2). Falls a^h im First-best-Fall optimal war, kommt es durch die Informationsasymmetrie immer zu Wohlfahrtseinbußen, die entweder aus den höheren erwarteten Entlohnungskosten oder der Tatsache resultieren, dass nur noch der niedrigere Arbeitseinsatz optimal ist (vgl. Satz 2.5).

Nachfolgend soll geprüft werden, ob und inwiefern der soeben betrachtete rein explizite Vertrag nur auf Basis der objektiven Größe x durch die Verwendung des nichtverifizierbaren Maßes y verbessert werden kann. Dabei wird von dem oben vorgestellten Entlohnungschema $s(x, y) = s^{pq} = s^p + b^{pq}\ bei\ x = x^p\ und\ y = y^q$ bestehend aus dem expliziten Vertragsteil s^p und den in einer impliziten Vereinbarung festgelegten Bonuszahlungen b^{pq} ausgegangen. Wie bereits erwähnt, wird hier analog zu BGM (1994) eine unendlich oft wiederholte Beziehung betrachtet, wenn beide Akteure Trigger-Strategien spielen. Dabei handelt es sich quasi um eine einperiodige Vertragsbeziehung, die unendlich oft wiederholt wird.[223] Da der implizite Vertrag selbstdurchsetzend sein muss, hängt die **Glaubwürdigkeit der versprochenen Bonuszahlung** von einem Vergleich der erwarteten Überschüsse des Prinzipals bei der Vertragseinhaltung und bei einem Bruch der impliziten Vereinbarung ab. Nur wenn die Vertragseinhaltung für den Prinzipal vorteilhafter ist als ein Vertragsbruch, wird er den impliziten Bonus vereinbarungsgemäß zahlen. Der erwartete Nettoüberschuss des Prinzipals aus dem hyb-

[223] Man könnte auch annehmen, dass es sich stattdessen um eine Folge von Spielen mit unendlich vielen Agenten handelt, die alle nur eine Periode leben und jeder Agent vor Periodenbeginn Kenntnis über die Historie des Spiels erlangt (vgl. BGM (1994), S. 1130).

riden Vertrag bei Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes: $EU^{P}{}_{xy}$ wird dabei zuerst unter der Annahme ermittelt, dass der Agent auf die Einhaltung der impliziten Vereinbarung durch den Prinzipal vertraut (siehe Ausführungen weiter unten). Der erwartete zukünftige Periodenüberschuss des Prinzipals bei einer Verweigerung der Bonuszahlung hängt wesentlich von seiner Rückzugsposition im Falle eines Vertragsbruchs ab. Hier wird wie bei BGM (1994) und der Analyse in Kapitel 4 angenommen, dass der Agent zwar keinen impliziten Vertrag mehr akzeptieren würde, aber nichtsdestotrotz zur weiteren Zusammenarbeit mit dem Prinzipal, dann allerdings nur auf Grundlage eines rein expliziten Vertrages allein auf Basis der objektiven Größe x, bereit wäre. Aufgrund des angenommenen binären Arbeitseinsatzes ist nun anders als bei BGM (1994) noch eine weitere Rückzugsposition des Prinzipals zu beachten. Neben der Möglichkeit zum Abschluss eines effektiven rein expliziten Vertrages, der den hohen Arbeitseinsatz induziert, kann es hier auch möglich sein, dass der Vertrag für den niedrigen Arbeitseinsatz zu einem höheren Erwartungsnutzen des Prinzipals führt und dann die Rückzugsposition darstellt. Aufgrund dessen ergeben sich nun für den Prinzipal die folgenden **drei möglichen Rückzugspositionen** nach einem Bruch der impliziten Vereinbarung:

(1) falls $EU^P(a^h)_x > EU^P(a^l)$ und $EU^P(a^h)_x > 0$ ist die Rückzugsposition ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis des verifizierbaren Performancemaßes x und der Prinzipal induziert a^h und erreicht in allen kommenden Perioden noch $EU^P(a^h)_x$.

(2) falls $EU^P(a^l) > EU^P(a^h)_x$ und $EU^P(a^l) > 0$ ist die Rückzugsposition ein rein expliziter Vertrag für den niedrigen Arbeitseinsatz a^l und der Prinzipal erreicht in den zukünftigen Perioden noch $EU^P(a^l)$.

(3) falls $EU^P(a^h)_x < 0$ und $EU^P(a^l) < 0$ ist die Rückzugsposition nur eine Produktionseinstellung[224], da die Kooperation beendet wird und der Prinzipal wegen seines angekratzten Rufes auch keinen anderen Agenten zum Abschluss eines hybriden Vertrages bewegen könnte. Der Überschuss der kommenden Perioden beträgt dann null.

Bei der zweiten Rückzugsmöglichkeit werden nur solche Konstellationen betrachtet, in denen der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des hybriden Vertrages pro Periode: $EU^{P}{}_{xy}$ den erwarteten Überschuss bei niedrigem Arbeitseinsatz: $EU^P(a^l)$ übertrifft, d. h. $EU^{P}{}_{xy} > EU^P(a^l)$. Die vorgestellten Rückzugspositionen sind nicht erst im Falle eines tatsächlichen Vertragsbruchs relevant, sondern beeinflussen die Glaubwürdigkeit der implizit versprochenen Bonuszahlung schon vorab, da sowohl der Agent als auch der Prinzipal diese Rückzugs-

[224] Der Begriff „Produktionseinstellung“ ist hierbei wie in Kap. 4 wieder nur beispielhaft gewählt und soll sich gleichermaßen auch auf Kooperationen zur Dienstleistungserstellung beziehen. Die Rückzugsposition „Produktionseinstellung“ entspricht der Rückzugsposition „Unternehmensstilllegung“ in Abschnitt 3.2.1 im Modell von BGM (1994)).

möglichkeiten in ihrem Kalkül berücksichtigen. Wenn die Einhaltung der impliziten Vereinbarung unter Beachtung der Rückzugspositionen nicht glaubwürdig erscheint, kommt entweder nur ein rein expliziter Vertrag, der a^h oder a^l induziert, oder keine Kooperation zustande. Bei den dargestellten drei Rückzugspositionen wird die erste am ehesten relevant sein, aber die anderen beiden Möglichkeiten werden der Vollständigkeit halber und für die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen von BGM (1994) und des LEN-Modells ebenfalls betrachtet. Im Folgenden sollen nun nacheinander die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingungen für die drei Rückzugspositionen analog zur Vorgehensweise in Kap. 4 erläutert werden. Begonnen wird mit der **Glaubwürdigkeits-Bedingung** für **die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes**. Die Herleitung erfolgt analog zu der im Modell von BGM (1994) (vgl. (3.19)) und dem LEN-Modell (vgl. (4.12)). Damit die (langfristige) Kooperation auf Basis des impliziten Vertrages für den Prinzipal vorteilhaft und der Vertrag somit selbstdurchsetzend ist, muss der Gesamt-Überschuss des Prinzipals bei Vertragseinhaltung mindestens so hoch sein, wie sein Gesamt-Überschuss bei einem Vertragsbruch. Diese Bedingung muss für jeden einzelnen der möglichen Boni erfüllt sein, so dass sich daraus die folgenden Ungleichungen ergeben:

$$U^P{}_{xy} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P{}_{xy}}{(1+i)^t} \geq U^P{}_{xy} + b^{pq} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P(a^h)_x}{(1+i)^t} \; für \; alle \; p,q \tag{5.2}$$

Der erwartete Nettoüberschuss des Prinzipals pro Periode aus dem hybriden Vertrag wird mit $EU^P{}_{xy}$ bezeichnet: $EU^P{}_{xy} \equiv E(x|a^h) - E(s)_{xy}$. Diesen erhält der Prinzipal bei Vertragseinhaltung in allen zukünftigen Perioden (von $t = 1$ bis unendlich). Hier wird vorausgesetzt, dass dieser Vertrag den hohen Arbeitseinsatz induziert, da die Untersuchung andernfalls trivial wäre. Für den Diskontierungssatz des Prinzipals wird wie zuvor die Variable i verwendet und damit der Barwert der zukünftigen (jeweils identischen) Überschüsse $EU^P{}_{xy}$ des Prinzipals aus dem hybriden Vertrag berechnet. Die Variable $U^P{}_{xy}$ bezeichnet den Überschuss bzw. Nutzen der aktuellen Periode, der vom erwarteten Gleichgewichtsüberschuss der zukünftigen Perioden abweichen kann, da x stochastisch ist. Bei einem Vertragsbruch (siehe rechte Seite der Ungleichung in (5.2)) erhält der Prinzipal in der aktuellen Periode $U^P{}_{xy}$ und zusätzlich noch den entsprechenden impliziten Bonus b^{pq} des Agenten, den er unrechtmäßig einbehält. In den folgenden Perioden erzielt der Prinzipal dann allerdings nur noch den erwarteten Überschuss auf Basis des rein expliziten Vertrages: $EU^P(a^h)_x \equiv E(x|a^h) - E(s)_x$, da der Agent keine impliziten Verträge mehr abschließen wird. Diese erwarteten Überschüsse werden ebenfalls in Höhe ihres Barwertes berücksichtigt. Entsprechend den vier möglichen

Kombinationen von x^p und y^q (vgl. (5.1)) umfasst die Formel (5.2) insgesamt vier Ungleichungen. Bei der Vereinfachung von (5.2) wird wieder die Formel für den Barwert einer unendlichen Rente angewendet: $\sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P{}_{xy}}{(1+i)^t} = \frac{EU^P{}_{xy}}{i}$, so dass sich (5.2) nun folgendermaßen umstellen lässt:

$$\begin{aligned} & EU^P{}_{xy} - EU^P(a^h)_x \geq ib^{pq} \\ \leftrightarrow \;& E(x|a^h) - E(s)_{xy} - (E(x|a^h) - E(s)_x) \geq ib^{pq} \\ \leftrightarrow \;& E(s)_x - E(s)_{xy} \geq ib^{pq} \;\; f\ddot{u}r\ alle\ p, q \end{aligned} \tag{5.3}$$

Die unterste Formel für die Ungleichungen in (5.3) enthält auf der linken Seite die Differenz der erwarteten Entlohnungszahlungen beider Verträge: $E(s)_x - E(s)_{xy}$ und stellt die Kosteneinsparung des hybriden Vertrages im Vergleich zum rein expliziten Vertrag in Form von eingesparter erwarteter Entlohnung des Prinzipals dar.[225] Diese Kosteneinsparung muss größer sein als der jeweilige Bonus multipliziert mit dem Diskontierungssatz i, damit der hybride Vertrag glaubwürdig und somit realisierbar ist. Der Erwartungswert des Ergebnisses x spielt hier für die Realisierbarkeit der impliziten Vereinbarung keine Rolle. Von den vier Bedingungen in (5.3) wird nur die GW-Bedingung für den höchsten der vier Boni binden, wohingegen die anderen Restriktionen dann als Ungleichung erfüllt sind. Man erkennt aus der GW-Bedingung in (5.3), dass die Realisierbarkeit neben einem hinreichend großen Bonus auch von einem zu hohen Diskontierungssatz und einer zu geringen Kosteneinsparung beschränkt wird.

Wenn die **Rückzugsposition des Prinzipals ein rein expliziter Vertrag für den niedrigen Arbeitseinsatz** ist, enthält die GW-Restriktion anstelle von $EU^P(a^h)_x$ in (5.2) den erwarteten Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals bei dem niedrigen Arbeitseinsatz: $EU^P(a^l) = E(x|a^l) - s^{FB}(a^l)$. Somit ergeben sich die folgenden GW-Bedingungen:

$$U^P{}_{xy} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P{}_{xy}}{(1+i)^t} \geq U^P{}_{xy} + b^{pq} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P(a^l)}{(1+i)^t} \; f\ddot{u}r\ alle\ p, q \tag{5.4}$$

Die Formel in (5.4) lässt sich daraufhin wie folgt vereinfachen:

$$EU^P{}_{xy} - EU^P(a^l) \geq ib^{pq} \tag{5.5}$$

[225] Falls das Maß y in Gegenwart von x nicht informativ wäre, würde die Entlohnung nicht in y variieren, so dass der hybride Vertrag dann dem rein expliziten Vertrag bei a^h entsprechen würde. Die Kosteneinsparung betrüge dann null.

$$\leftrightarrow \left(E(x|a^l) - E(s)_{xy}\right) - \left(E(x|a^l) - s^{FB}(a^l)\right) \geq ib^{pq}$$

$$\leftrightarrow (E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (E(s)_{xy} - s^{FB}(a^l)) \geq ib^{pq}\ f\text{ü}r\ alle\ p,q$$

In der Formel (5.5) wird in der letzten Umformungsvariante die linke Seite als Unterschiedsbetrag zweier Differenzen dargestellt, nämlich der Differenz der erwarteten Ergebnisse bei a^h und a^l sowie der Differenz der erwarteten Entlohnungszahlungen des hybriden Vertrages und des expliziten Vertrages für den niedrigen Arbeitseinsatz: $E(s)_{xy} - s^{FB}(a^l)$. Die letztgenannte Differenz stellt eine Art Zusatzkosten des hybriden Vertrages im Vergleich zum expliziten Vertrag bei a^l auf Grundlage der First-best-Entlohnungskosten dar. Hierbei wird vorausgesetzt, dass die höhere erwartete Entlohnung des hybriden Vertrages durch ein entsprechend höheres erwartetes Ergebnis kompensiert wird, so dass die Differenz der Nutzenerwartungswerte positiv ist: $EU^P{}_{xy} - EU^P(a^l) > 0$. Anders als in (5.3) ist $E(x)$ in den GW-Bedingungen in (5.5) enthalten, so dass das verifizierbare Maß x hier noch zusätzlich über $E(x)$ Einfluss auf die Realisierbarkeit ausübt.[226]

Falls ein rein expliziter Vertrag nicht mit einem positiven Erwartungsnutzen für den Prinzipal verbunden wäre, bleibt im Falle eines Vertragsbruchs nur die **Rückzugsposition Produktionseinstellung**, so dass die Kooperation zwischen Prinzipal und Agent beendet wird und der Prinzipal aufgrund seines Reputationsverlustes auch mit keinem anderen Agenten eine neue Vertragsbeziehung eingehen kann. Im Vergleich zu (5.2) und (5.4) beträgt der zukünftige erwartete Überschuss in diesem Fall null.

$$U^P{}_{xy} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{EU^P{}_{xy}}{(1+i)^t} \geq U^P{}_{xy} + b^{pq} + 0\ f\ddot{u}r\ alle\ p,q \tag{5.6}$$

Die Umstellung von (5.6) führt dann zu den folgenden Ungleichungen:

$$EU^P{}_{xy} \geq ib^{pq} \tag{5.7}$$
$$\leftrightarrow E(x|a^h) - E(s)_{xy} \geq ib^{pq}\ \ f\ddot{u}r\ alle\ p,q$$

Da ein rein formaler Vertrag hier keine Rückzugsposition für den Prinzipal darstellt, hängt die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages neben dem Diskontierungszinssatz und der Bonushöhe nur noch von dessen Effektivität, d. h. der Höhe von: $EU^P{}_{xy}$, ab.

[226] Wenn die Zielgröße des Prinzipals nicht das verifizierbare sondern so wie bei BGM (1994) und im LEN-Modell das nichtverifizierbare Maß wäre, hätte die objektive Beurteilungsgröße anders als hier nur über $E(s)_{xy}$ Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages.

Die in (5.3), (5.5) und (5.7) formulierten Glaubwürdigkeits-Bedingungen für die drei verschiedenen Rückzugspositionen müssen im **Optimierungsproblem des Prinzipals** bei der Bestimmung des optimalen hybriden Gleichgewichtsvertrages auf Basis des verifizierbaren Maßes x und der nichtverifizierbaren Größe y zum Induzieren von a^h als Nebenbedingungen berücksichtigt werden. Abgesehen von diesen zusätzlichen Restriktionen gestaltet sich das Optimierungsproblem ähnlich wie in (2.54)-(2.56), (vgl. Abschnitt 2.2.4), nur dass sich die Entlohnung s^{pq} nun aus den Vergütungsbestandteilen: $s^p + b^{pq}$ zusammensetzt:

$$\max_{s^p,b^{pq}} \quad EU^P{}_{xy} = \sum_{pq} (x^p - (s^p + b^{pq})) f(x^p, y^q | a^h) \quad \textit{für alle } p,q \in \{h,l\} \tag{5.8}$$

$$u.d.N. \; EU^A(a^h) = \sum_{pq} u(s^p + b^{pq}) f(x^p, y^q | a^h) - c_h \geq U^R \tag{5.9}$$

$$\sum_{pq} u(s^p + b^{pq}) f(x^p, y^q | a^h) - c_h \geq \sum_{pq} u(s^p + b^{pq}) f(x^p, y^q | a^l) - c_l \tag{5.10}$$

(5.3), (5.5) oder (5.7)

Entsprechend den drei verschiedenen Rückzugspositionen betrachtet man hier also drei Optimierungsprobleme, die sich nur durch die GW-Bedingungen unterscheiden. Da bei Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes das erwartete Ergebnis nicht Gegenstand des Optimierungsproblems ist, da es bereits bekannt ist, ist die Maximierung des erwarteten Nettoüberschusses äquivalent zur Minimierung der erwarteten Entlohnung, so dass die Zielfunktion in (5.8) folgendermaßen angegeben werden kann:

$$min_{s^p,b^{pq}} \; E(s)_{xy} = \textstyle\sum_{pq} (s^p + b^{pq}) f(x^p, y^q | a^h) \quad \textit{für alle } p,q \in \{h,l\} \tag{5.11}$$

Die ausführliche Darstellung für den Erwartungswert der Kompensationszahlungen (vgl. (5.11)) lautet dabei wie folgt:

$$\begin{aligned} E(s)_{xy} &= \sum_{pq} (s^p + b^{pq}) f(x^p, y^q | a^h) \\ &= f(x^h, y^h | a^h)(s^h + b^{hh}) + f(x^h, y^l | a^h)(s^h + b^{hl}) \\ &\quad + f(x^l, y^h | a^h)(s^l + b^{lh}) + f(x^l, y^l | a^h)(s^l + b^{ll}) \end{aligned} \tag{5.12}$$

Wenn das Optimierungsproblem in (5.8)-(5.10) u. d. N. (5.3), (5.5) oder (5.7) unter der Annahme gelöst wird, dass der Agent auf die implizite Zahlung des Prinzipals vertraut, würde man die jeweiligen GW-Bedingungen erst einmal außer Acht lassen. Zur Lösung von (5.8)-(5.10) könnte man das Optimierungsproblem in ein konkaves Programm transformieren, in dem die Funktion $u(s^p + b^{pq})$ durch die ex post erreichten Nutzenniveaus des Agenten u^{pq}

ersetzt wird (vgl. (2.25), S. 34), so dass es somit dem Programm entspricht, wenn beide Maße x und y kontrahierbar wären. Entsprechend den vier möglichen Kombinationen von x und y können im optimalen Vertrag basierend auf x und y die folgenden vier verschiedenen Gesamtvergütungen: $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ bzw. die daraus abgeleiteten Nutzenwerte: $u^{pq} = u(s^{pq}) = \{u(s^{hh}), u(s^{hl}), u(s^{lh}), u(s^{ll})\}$ vorkommen, sofern das Signal y in Gegenwart von x informativ ist (vgl. Pkt. 2.2.4).[227] Zur Bestimmung der optimalen Vergütungskomponenten aus dem expliziten und impliziten Vertragsteil müssen die Variablen $u(s^{pq}) = u(s^p + b^{pq})$ für alle $p, q \in \{h, l\}$ nach s^p und b^{pq} gelöst werden:

$$u(s^{pq}) = u(s^p + b^{pq}) \; für \; alle \; p, q \in \{h, l\} \qquad (5.13)$$
$$\leftrightarrow h\big(u(s^{pq})\big) = s^p + b^{pq} \; für \; alle \; p, q \in \{h, l\}$$

Falls y nicht in Gegenwart von x informativ über den Arbeitseinsatz ist, würde gelten: $h\Big(u(s^{ph})\Big) = h\Big(u(s^{pl})\Big)$, so dass die Gesamtentlohnung nicht in y variiert, sondern nur auf x konditioniert ist und: $E(s)_{xy} = E(s)_x$. Andernfalls würde mindestens für ein $p \in \{h, l\}$ gelten, dass: $h\Big(u(s^{ph})\Big) \neq h\Big(u(s^{pl})\Big)$. Bei der Bestimmung von s^p und b^{pq} müssen die Glaubwürdigkeitsbedingungen (vgl. (5.3), (5.5) bzw. (5.7)) beachtet werden. Von den jeweils vier GW-Bedingungen wird immer nur die für den höchsten Bonus mit Gleichheit erfüllt sein, so dass dieser Bonus minimiert werden muss, um den hybriden Anreizvertrag mit der höchsten Realisierbarkeit bzw. dem größten Gültigkeitsbereich zu bestimmen. Dieser Grundsatz gilt unabhängig von der Rückzugsposition, so dass die **Herleitung des optimalen Bonus** nicht auf die jeweilige Rückzugsposition konditioniert ist. Den Ausgangspunkt der Betrachtung bilden die zwei möglichen Boni je Realisierung des objektiven Maßes x^p. Der hybride Vertrag ist eher realisierbar, je geringer der implizite Bonus angesetzt wird, so dass für jede Realisierung des verifizierbaren Maßes der höhere der beiden Boni: b^{ph}, b^{pl} minimiert wird:

$$\min_{b^{ph}, b^{pl}} (\,max(b^{ph}, b^{pl})) \qquad (5.14)$$
$$u.d.N. \text{ (5.13) } \; sowie \; b^{pq} \geq 0$$

Aus der Umstellung der beiden Gleichungen für $h(u(s^{ph}))$ und $h(u(s^{pl}))$ jeweils nach s^p (vgl. (5.13)) und durch das Gleichsetzen der beiden Ausdrücke ergibt sich:

$$h\Big(u(s^{pl})\Big) - b^{pl} = \; h(u(s^{ph})) - b^{ph}$$

[227] Auf die Angabe der Lösungen für $u(s^{hh}), u(s^{hl}), u(s^{lh}), u(s^{ll})$wird hier verzichtet, da diese selbst unter der Annahme stochastisch unabhängiger Signale x und y aus sehr großen Termen bestehen, die sich für die weitere Analyse als zu komplex erwiesen haben.

Diese Gleichung kann nach den beiden Boni b^{ph} und b^{pl} umgestellt und in (5.14) substituiert werden, so dass sich (5.14) nun folgendermaßen darstellt:

$$\min_{b^{ph},b^{pl}}(max(h\left(u\left(s^{ph}\right)\right)-\ h(u(s^{pl}))+b^{pl},\qquad h\left(u\left(s^{pl}\right)\right)-\ h(u(s^{ph}))+b^{ph}) \qquad (5.15)$$

Die Differenz der beiden Umkehrfunktionswerte $\Delta h(u)$ hat für beide Boni b^{ph} und b^{pl} zwar den gleichen Betrag, aber das umgekehrte Vorzeichen. Der Bonus mit der positiven Differenz als der größere der beiden wird im Folgenden weiterhin mit b^{pq} bezeichnet und der andere zur Unterscheidung mit $b^{p,-q}$. Die Funktion in (5.15) kann dann folgendermaßen umformuliert werden:

$$min\ \ b^{pq}=h\big(u(s^{pq})\big)-\ h(u(s^{p,-q}))+b^{p,-q} \qquad (5.16)$$

$$f\ddot{u}r\ \ (h\big(u(s^{pq})\big)-\ h(u(s^{p,-q}))>0)$$

Zur Minimierung von b^{pq} in (5.16) wird für $b^{p,-q}$ der kleinstmögliche Wert gewählt:

$$b^{p,-q}\ =0 \qquad (5.17)$$

Aus der Substitution von (5.17) in (5.16) folgt dann:

$$b^{pq}=h\big(u(s^{pq})\big)-\ h(u(s^{p,-q})) \qquad (5.18)$$

Nach Einsetzen von (5.18) sowie (5.17) in (5.13) ergibt sich die Vergütungskomponente des expliziten Vertragsteils auf Basis des verifizierbaren Maßes x mit:

$$s^{p}=h\big(u(s^{p,-q})\big)\ \ f\ddot{u}r\ \ h\big(u(s^{pq})\big)-\ h(u(s^{p,-q}))>0) \qquad (5.19)$$

Die Lösung des Optimierungsproblems ist so gestaltet, dass für die geringere der beiden Gesamtentlohnungen s^{ph} und s^{pl} der Bonus auf null gesetzt wird: $b^{p,-q}\ =0$ (vgl. (5.17)) und der Grundbetrag s^{p} in Höhe der geringeren Entlohnung festgelegt wird: $s^{p}=h\big(u(s^{p,-q})\big)$. Für die höhere der beiden Gesamtentlohnungen deckt der Bonus die Differenz zwischen der Gesamtentlohnung und dem Grundbetrag s^{p} ab: $b^{pq}=h\big(u(s^{pq})\big)-\ h(u(s^{p,-q}))$ (vgl. (5.18)). Nur die GW-Bedingung für den größeren der beiden Boni $b^{hq},b^{lq}>0$ wird binden:

$$max(b^{hq},b^{lq})\equiv b^{max} \qquad (5.20)$$

Die anderen Restriktionen sind dann als Ungleichungen erfüllt. Allerdings kann der größere Bonus b^{max} nicht ohne weitere, einschränkende Annahmen in allgemeiner Form bestimmt werden. Darum wird im nachfolgenden Abschnitt erst einmal analog zu Kapitel 4 der Grenzfall eines perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Maßes betrachtet. Anschließend wird diese Annahme allerdings aufgehoben und mittels einer numerischen Analyse auf Grundlage verschiedener Beispielrechnungen gem. den Formeln in (5.17)-(5.19) mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel 2007 und unter Verwendung des Excel-Solvers geprüft, inwieweit die in Abschnitt 5.3 ermittelten Resultate auch für den Fall gelten, dass das nichtverifizierbare Maß y risikobehaftet und stochastisch abhängig von x ist.

5.3 Perfekt präzise, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße

5.3.1 Bestimmung des optimalen Vertrages

Es wird nun davon ausgegangen, dass das nichtverifizierbare Maß y vollständig präzise sei, so dass es sich dabei um eine sichere Größe handelt, die genauen Aufschluss darüber gibt, welchen Arbeitseinsatz der Agent geleistet hat. Aus der Wahl des hohen Arbeitseinsatzes resultiert immer der hohe Wert: $f(y^h|a^h) = 1$ (mit der Gegenwahrscheinlichkeit: $f(y^l|a^h) = 0$) und bei Leistung des niedrigen Anstrengungsniveaus wird in jedem Fall nur der niedrige Wert für y realisiert: $f(y^l|a^l) = 1$. Hier gilt wie bei dem in Kap. 4 betrachteten LEN-Modell, dass das nichtverifizierbare Maß y perfekte Information über den geleisteten Arbeitseinsatz des Agenten liefert. Wenn y eine verifizierbare und kontrahierbare Größe wäre, könnte also, wie bei beobachtbarem Arbeitseinsatz, die First-best-Lösung mit: $s^{FB} = h(C(a) + U^R)$ erreicht werden (vgl. Satz 2.2). In diesem Fall erhielte der Agent eine fixe Vergütung zum Ausgleich seines Reservationsnutzens sowie des aus dem Arbeitseinsatz resultierenden Disnutzens. Da das perfekt präzise Maß y allerdings nicht verifizierbar ist, kann es hier nur im Rahmen eines impliziten Vertrages einbezogen werden. Wie bereits in Abschnitt 5.2 erläutert, muss dieser Vertrag selbstdurchsetzend (engl.: self-enforcing) sein, so dass die entsprechenden GW-Bedingungen (vgl. (5.3), (5.5) bzw. (5.7)) hierbei zu berücksichtigen sind. Die im Optimierungsproblem in (5.8)-(5.10) angegebenen gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten $f(x^p, y^q|a)$ vereinfachen sich bei Annahme eines perfekt präzisen, subjektiven Maßes ($f(y^h|a^h) = 1$ sowie $f(y^h|a^l) = 0$) folgendermaßen:

$$\begin{aligned}
&f(x^h, y^l|a^h) + f(x^l, y^l|a^h) = f(y^l|a^h) = 0 \\
&\qquad \rightarrow f(x^h, y^l|a^h) = f(x^l, y^l|a^h) = 0 \\
&f(x^h, y^l|a^h) + f(x^h, y^h|a^h) = f(x^h|a^h) \quad \rightarrow f(x^h, y^h|a^h) = f(x^h|a^h) \\
&\qquad \rightarrow f(x^l, y^h|a^h) = (1 - f(x^h|a^h)) \\
&f(x^h, y^h|a^l) + f(x^l, y^h|a^l) = f(y^h|a^l) = 0 \\
&\qquad \rightarrow f(x^h, y^h|a^l) = f(x^l, y^h|a^l) = 0 \\
&f(x^h, y^h|a^l) + f(x^h, y^l|a^l) = f(x^h|a^l) \rightarrow f(x^h, y^l|a^l) = f(x^h|a^l)
\end{aligned} \tag{5.21}$$

Das **Optimierungsproblem des Prinzipals** zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes (vgl. (5.8)-(5.10)) vereinfacht sich unter Verwendung der in (5.21) berechneten Wahrscheinlichkeiten sowie in der äquivalenten Formulierung als Minimierungsproblem wie folgt:

$$\min_{s^p, b^{pq}} \; E(s)_{xy} = f(x^h|a^h)(s^h + b^{hh}) + (1 - f(x^h|a^h))(s^l + b^{lh}) \tag{5.22}$$

$$u.d.N. \; EU^A(a^h) \tag{5.23}$$
$$= f(x^h|a^h)u(s^h + b^{hh}) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^l + b^{lh}) - c_h$$
$$\geq U^R$$

$$f(x^h|a^h)u(s^h + b^{hh}) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^l + b^{lh}) - c_h \tag{5.24}$$
$$\geq f(x^h|a^l)u(s^h + b^{hl}) + \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u(s^l + b^{ll}) - c_l$$

(5.3), (5.5) oder (5.7)

Die Lösung des Optimierungsproblems erfolgt erst einmal ohne Berücksichtigung der GW-Bedingungen (siehe (5.3), (5.5) bzw. (5.7)), da davon ausgegangen wird, dass der Agent darauf vertraut, dass der Prinzipal sich an die implizite Vereinbarung hält. Die aus der Lagrangefunktion abgeleiteten Bedingungen erster Ordnung sind nachfolgend angegeben (vgl. Herleitung im Anhang), wobei als Lagrange-Multiplikator für die Teilnahmebedingung in (5.23): λ_1 und für die Anreizbedingung in (5.24): λ_2 gewählt wurde. Außerdem wurde zur Vereinfachung der Notation für die jeweilige Gesamtentlohnung bestehend aus der Vergütung des expliziten Vertrages s^p und dem impliziten Bonus b^{pq} die Variable s^{pq} statt der Summe $s^p + b^{pq}$ verwendet.

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{hh})} = -f(x^h|a^h)\frac{1}{u'(s^{hh})} + \lambda_1 f(x^h|a^h) + \lambda_2 f(x^h|a^h) = 0 \tag{5.25}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{lh})} = -\left(1 - f(x^h|a^h)\right)\frac{1}{u'(s^{lh})} + \lambda_1\left(1 - f(x^h|a^h)\right) \tag{5.26}$$
$$+ \lambda_2\left(1 - f(x^h|a^h)\right) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{hl})} = -\lambda_2 f(x^h|a^l) = 0 \;\rightarrow \lambda_2 = 0 \tag{5.27}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{ll})} = -\lambda_2\left(1 - f(x^h|a^l)\right) = 0 \;\rightarrow \lambda_2 = 0 \tag{5.28}$$

Wenn man $\lambda_2 = 0$ (gem. (5.27) und (5.28)) anschließend in (5.25) und (5.26) einsetzt, erhält man:

$$\frac{1}{u'(s^{hh})} = \lambda_1 \tag{5.29}$$

$$\frac{1}{u'(s^{lh})} = \lambda_1 \quad \rightarrow u'(s^{lh}) = u'(s^{hh}) \rightarrow s^{lh} = s^{hh} \equiv s^{*h}$$

Wie erwartet, ist die optimale Entlohnung gem. (5.29) bei der Motivation des hohen Arbeitseinsatzes, der immer die Realisation von y^h zur Folge hat, unabhängig vom risikobehafteten, verifizierbaren Maß x. Es wird jeweils der gleiche Betrag s^{*h} gezahlt. Der Lagrange-Multiplikator λ_1 ist größer als null, so dass die Teilnahmebedingung (vgl. (5.23)) bindet und sich daraus der optimale Nutzenwert $u(s^{*h})$ bestimmen lässt:

$$u(s^{*h}) = u(s^{ph}) = c_h + U^R \qquad für\ p\ \in\ \{h, l\} \tag{5.30}$$

Dagegen hat der Lagrange-Multiplikator λ_2 den Wert Null (vgl. (5.27) und (5.28)), so dass die Anreizbedingung (vgl. (5.24)) entweder als Ungleichung erfüllt sein wird oder auch binden könnte. Falls die Größe y verifizierbar wäre, hätte man einen großen Freiheitsgrad bei der Festlegung der Kompensation für y^l bzw. a^l und könnte beliebig zwischen einer Entlohnung von null als harter Strafe und dem First-best-Entlohnungsniveau bei a^l wählen, da man in diesem Fall nicht die Glaubwürdigkeit einer implizit vereinbarten Entlohnungszahlung zu beachten hätte. Bevor nun die optimalen Entlohnungskomponenten: $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ unter Berücksichtigung der Glaubwürdigkeit der Boni b^{pq} bestimmt werden sollen, wird im nächsten Schritt erst einmal die Anreizbedingung (vgl. (5.24)) vereinfacht. Aus dem Programm in (5.22)-(5.24) leitet sich die Bedingung erster Ordnung für den Lagrange-Multiplikator λ_2 nach Einsetzen von $u(s^{hh}) = u(s^{lh}) = u(s^{*h})$ folgendermaßen ab:

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = f(x^h|a^h)u(s^{*h}) + \Big(1 - f(x^h|a^h)\Big)u(s^{*h}) - f(x^h|a^l)u(s^{hl}) \\ - \Big(1 - f(x^h|a^l)\Big)u(s^{ll}) - c_h + c_l \geq 0 \end{aligned} \tag{5.31}$$

$$\leftrightarrow u(s^{*h}) - f(x^h|a^l)u(s^{hl}) - \Big(1 - f(x^h|a^l)\Big)u(s^{ll}) - c_h + c_l \geq 0$$

Nach Substitution von $u(s^{*h}) = c_h + U^R$ (vgl. (5.30)) erhält man die folgende vereinfachte Anreizbedingung:

$$c_h + U^R - f(x^h|a^l)u(s^{hl}) - \Big(1 - f(x^h|a^l)\Big)u(s^{ll}) - c_h + c_l \geq 0 \tag{5.32}$$

$$\leftrightarrow U^R + c_l \geq f(x^h|a^l)u(s^{hl}) + \Big(1 - f(x^h|a^l)\Big)u(s^{ll})$$

Die **Herleitung der optimalen Bonushöhe** kann unabhängig von den konkreten GW-Bedingungen in (5.3), (5.5) und (5.7) erfolgen, da für alle Rückzugspositionen gleichermaßen gilt, dass die GW-Bedingungen eher erfüllt sein werden, je kleiner die Boni sind und für den größten Bonus wird die GW-Bedingung binden. Im nachfolgenden Optimierungsproblem wird deshalb in der Zielfunktion (vgl. (5.33)) der höchste der vier möglichen Boni minimiert. Als Restriktionen werden die bindende Teilnahmebedingung (siehe (5.34)) sowie die Anreizbedingung (vgl. (5.35)) unter Berücksichtigung des angenommenen Entlohnungsschemas: $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ beachtet.

$$min(\,max(b^{pq} = s^{pq} - s^p))\; für\; alle\; p, q \tag{5.33}$$

$$u.d.N. \quad u(s^h + b^{hh}) = u(s^l + b^{lh}) = c_h + U^R \tag{5.34}$$

$$U^R + c_l \geq f(y^h|a^l)u(s^h + b^{hl}) + \left(1 - f(y^h|a^l)\right)u(s^l + b^{ll}) \tag{5.35}$$

Ein Vergleich der Partizipationsbedingung in (5.34) sowie der Anreizbedingung in (5.35) führt zu folgender Relation:

$$\begin{aligned} u(s^h + b^{hh}) = u(s^l + b^{lh}) = c_h + U^R > U^R + c_l \\ \geq f(y^h|a^l)u(s^h + b^{hl}) + \left(1 - f(y^h|a^l)\right)u(s^l + b^{ll}) \end{aligned} \tag{5.36}$$

Die strikte Ungleichung in (5.36) ist erfüllt, da angenommen wurde, dass $c_h > c_l$. Aus der Beachtung der Anreizbedingung in der 2. Zeile in (5.36) und der Minimierung der Bonushöhe gem. (5.33) folgt:

$$b^{hl} = b^{ll} = 0 \tag{5.37}$$

Nach Einsetzen von (5.37) vereinfacht sich (5.36) zu:

$$\begin{aligned} u(s^h + b^{hh}) = u(s^l + b^{lh}) = c_h + U^R > U^R + c_l \\ \geq f(y^h|a^l)u(s^h) + \left(1 - f(y^h|a^l)\right)u(s^l) \end{aligned} \tag{5.38}$$

Die Minimierung des größten Bonus $b^{pq}\; für\; alle\; p, q$ gem. (5.33)-(5.35) führt daraufhin zu folgendem Ergebnis:

$$b^{hh} = b^{lh} \equiv b \quad und \quad s^h = s^l \equiv s \tag{5.39}$$

Der Bonus und auch der Grundbetrag variieren somit nicht in x. Der im Rahmen des impliziten Vertrages vereinbarte Bonus b wird bei der Realisierung von y^h gezahlt, wohingegen für y^l keine Bonuszahlung vereinbart wird. Der Grundbetrag s ist ein von x unabhängiger Fixbetrag, der deshalb im weiteren Verlauf als Grundgehalt bezeichnet werden kann. Im nächsten

Schritt sollen nun die expliziten Lösungen für b und s bestimmt werden. Unter Verwendung der Ergebnisse in (5.39) vereinfacht sich das Optimierungsproblem in (5.33)-(5.35) zu:

$$\min_{s,b} b \tag{5.40}$$

$$u.d.N. \quad u(s+b) = c_h + U^R \tag{5.41}$$

$$U^R + c_l \geq u(s) \tag{5.42}$$

Die bindende Teilnahmebedingung in (5.41) wird nach s gelöst:

$$s + b = h(c_h + U^R) \tag{5.43}$$

$$\leftrightarrow s = h(c_h + U^R) - b$$

Die in (5.42) angegebene Anreizbedingung wird folgendermaßen umgestellt:

$$h(U^R + c_l) \geq s \tag{5.44}$$

Das Einsetzen von s gem. (5.43) in (5.44) führt zu:

$$b \geq h(c_h + U^R) - h(U^R + c_l) \tag{5.45}$$

Da der Bonus b minimiert werden muss, wird die Ungleichung in (5.45) binden, so dass das Optimierungsproblem in (5.33)-(5.35) die folgende Lösung besitzt:

$b^* = b^{hh} = b^{lh} = h(c_h + U^R) - h(U^R + c_l)$ $b^{hl} = b^{ll} = 0$ $s^* = h(U^R + c_l)$	(5.46)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die optimale Entlohnung bei einer perfekt präzisen, subjektiven Größe y sich komplett unabhängig vom objektiven Maß x gestaltet und nur auf y konditioniert. Die im expliziten Vertragsteil festgelegte Zahlung s^* (vgl. (5.46)) ist hier eine fixe Komponente, die den Reservationsnutzen und den Disnutzen des niedrigen Arbeitseinsatzes abdeckt. Die nachfolgend angegebene erwartete Entlohnung des optimalen hybriden Vertrages gem. (5.22) entspricht der Kompensation bei beobachtbarem Arbeitseinsatz (vgl. Satz 2.2 sowie Punkt 5.2), so dass man hier trotz der Nichtkontrahierbarkeit von y mittels eines hybriden Vertrages die First-best-Lösung erreicht:

$$E(s)_{xy} = f(x^h|a^h)(s^* + b^*) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)(s^* + b^*) = h(c_h + U^R) \tag{5.47}$$
$$= s^{FB}(a^h)$$

Die Bezeichnung „hybrider Vertrag“ soll sich in diesem Abschnitt auf die Kombination aus einer in einem expliziten Vertrag geregelten fixen Entlohnung und den in einer impliziten Vereinbarung festgelegten Bonuszahlungen auf Basis des nichtverifizierbaren Signals beziehen. Hier wird der Begriff „hybrider Vertrag“ dann etwas anders gebraucht als in Punkt 4.3.2, in dem ein ähnlicher Vertrag bestehend aus einem Festgehalt w und einem impliziten Bonus v_x als „rein impliziter First-best-Vertrag“ tituliert wurde (vgl. Abschnitt 4.3.2). Im Modell von BGM (1994) sowie im LEN-Modell in Kap. 4 beinhaltete der Gültigkeitsbereich des optimalen Gleichgewichtsvertrages auch einen Bereich, in dem zwar nicht die First-best-Lösung, aber dennoch eine effektivere Lösung als die des rein expliziten Vertrages erreicht wurde (vgl. (3.25) und (4.27)). Der implizite Bonus war dort geringer als im First-best-Fall, so dass er auch bei einem höheren Diskontierungszinssatz des Prinzipals noch glaubwürdig war. Im hier betrachteten Modell ist ein Absenken des Bonus bei gleichzeitiger Erhöhung des Fixgehaltes allerdings nicht möglich, da dann die bindende Anreizbedingung verletzt wäre. Dies soll im Folgenden kurz verdeutlicht werden. Aus der in (5.31) angegebenen Ungleichung resultiert nach Einsetzen von: $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ sowie der Lösung in (5.39) die folgende Form der Anreizbedingung (AB): $u(s^p + b^{ph}) - c_h \geq u(s^p + b^{pl}) - c_l$. Hier werden nun die in (5.46) ermittelten optimalen Werte eingesetzt und berücksichtigt, dass die Bonushöhe gem. (5.45) so festgelegt wurde, dass die Anreizbedingung bindet:

$$AB:\ u\left(\underbrace{(h(c_l + U^R))}_{s^p} + \underbrace{h(c_h + U^R) - h(c_l + U^R)}_{b^{ph}})\right) - c_h = u\left(\left(\underbrace{h(c_l + U^R}_{s^p}\right) + \underbrace{0}_{b^{pl}}\right) - c_l$$

Bei einer Umverteilung der Vergütung vom Bonus zum Festgehalt wäre die Anreizbedingung verletzt, so dass die Wahl des niedrigeren Arbeitseinsatzes dann für den Agenten vorteilhafter wäre:

$$\text{AB:}\ u\left(\underbrace{(h(c_l + U^R))}_{s^p + \Delta} + \underbrace{h(c_h + U^R) - h(c_l + U^R)}_{b^{ph} - \Delta})\right) - c_h < u\left(\left(\underbrace{h(c_l + U^R}_{s^p + \Delta}\right) + 0\right) - c_l$$

Insofern kann in dem hier untersuchten, diskreten Modell nur der in (5.46) angegebene hybride First-best-Vertrag optimal sein. Die wichtigsten Resultate der bisherigen Untersuchung werden im nachfolgenden Satz zusammengefasst.

Satz 5.1 *Der optimale hybride Vertrag zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes* $\boldsymbol{a^h}$ *auf Basis des perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Maßes y mit* $\boldsymbol{f(y^h|a^h) = 1}$ *und* $\boldsymbol{f(y^h|a^l) = 0}$ *konditioniert nicht auf die verifizierbare Größe x und besteht gem. (5.46) aus*

(1) der in einem expliziten Vertrag festgelegten fixen Entlohnung $s^* = h(c_l + U^R)$ *sowie*

(2) einem implizit vereinbarten Bonus $b^* = h(c_h + U^R) - h(U^R + c_l)$*, der bei Realisation von* y^h *gezahlt wird,*

so dass der Erwartungswert der an den Agenten zu zahlenden Entlohnung von $E(s)_{xy}$ *gem. (5.47) damit der First-best-Entlohnung* $s^{FB}(a^h) = h(c_h + U^R)$ *(vgl. Satz 2.2) entspricht.*

Bis hierher wurde der optimale Anreizvertrag unabhängig von der Rückzugsposition des Prinzipals bestimmt, so dass der in Satz 5.1 angegebene hybride First-best-Vertrag nicht nach den GW-Bedingungen in (5.3), (5.5) oder (5.7) differenziert. Für alle GW-Bedingungen gilt allgemein, dass diese umso eher erfüllt sind, je geringer der Diskontierungszinssatz und der implizite Bonus sind. Im hybriden First-best-Vertrag ist der implizite Bonus so niedrig wie möglich angesetzt. Um die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages in Abhängigkeit der Rückzugsposition untersuchen zu können, werden die optimalen Werte gem. (5.46) nun nacheinander in die GW-Bedingungen in (5.3), (5.5) und (5.7) eingesetzt und daraus der jeweils maximal mögliche Diskontierungszinssatz des Prinzipals bestimmt, der dann im nächsten Abschnitt mittels einer komparativ-statischen Analyse der einzelnen Parameter untersucht werden soll.

Für die **Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages auf Basis des hohen Arbeitseinsatzes** vereinfachen sich die GW-Bedingungen gem. (5.3) nach Einsetzen von $E(s)_{xy} = s^{FB}(a^h)$ (vgl. (5.47)) sowie b^* gem. (5.46) zu:

$$i \leq \frac{(E(s)_x - s^{FB}(a^h))}{b^*} \tag{5.48}$$

Der nachfolgende Satz fasst die Ergebnisse zur Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages bei a^h noch einmal zusammen.

Satz 5.2 *Wenn für den rein expliziten Vertrag zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzniveaus gilt, dass* $\boldsymbol{EU^P(a^h)_x} > \boldsymbol{EU^P(a^l)}$ *sowie* $\boldsymbol{EU^P(a^h)_x} > 0$ *und dieser somit im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung die Rückzugsposition des Prinzipals darstellt, dann ist der hybride First-best-Anreizvertrag gem. Satz 5.1 realisierbar, sofern der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den Schwellenwert von*

$$i = \frac{(E(s)_x - s^{FB}(a^h))}{b^*}$$

gem. (5.48) nicht überschreitet. Andernfalls ist der optimale Anreizvertrag ein rein expliziter Vertrag auf Basis des verifizierbaren Maßes x mit den optimalen Entlohnungszahlungen s^H *und* s^L *gem. Satz 2.4 und* $E(s)_x = f(x^h|a^h)s^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)s^L$ *(vgl. (2.16)).*

Für die **Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages auf Basis des niedrigen Arbeitseinsatzes** vereinfachen sich die GW-Bedingungen gem. (5.5) nach Einsetzen von $E(s)_{xy} = s^{FB}(a^h)$ (siehe (5.47)) sowie b^* gem. (5.46) zu:

$$i \leq \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l))}{b^*} \tag{5.49}$$

Die Zusammenfassung der Resultate zur Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages bei der Rückzugsposition des expliziten Vertrag für a^l liefert der folgende Satz.

Satz 5.3 *Wenn für den rein expliziten Vertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes gilt, dass* $\boldsymbol{EU^P(a^l)} > \boldsymbol{EU^P(a^h)_x}$ *sowie* $\boldsymbol{EU^P(a^l)} > 0$ *und dieser Vertrag demzufolge im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung die Rückzugsposition des Prinzipals darstellt, dann ist der hybride First-best-Gleichgewichtsvertrag gem. Satz 5.1 gültig, sofern der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den Schwellenwert von*

$$i = \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l))}{b^*}$$

gem. (5.49) *nicht überschreitet. Andernfalls ist der optimale Anreizvertrag ein rein expliziter Vertrag zum Induzieren von* a^l *mit der fixen Entlohnung* $s^{FB}(a^l)$ *gem. Satz 2.5 i. V. m. Satz 2.2.*

Für die **Rückzugsposition einer Produktionseinstellung** vereinfachen sich die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingungen gem. (5.7) nach Einsetzen von $E(s)_{xy} = s^{FB}(a^h)$ (vgl. (5.47)) sowie b^* (siehe (5.46)) zu:

$$i \leq \frac{(E(x|a^h) - s^{FB}(a^h))}{b^*} \tag{5.50}$$

Wie zuvor werden auch die Ergebnisse bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung wieder in einem zusammenfassenden Satz angegeben.

Satz 5.4 *Wenn weder ein rein expliziter Vertrag zum Induzieren von* $\boldsymbol{a^h}$ *noch für* $\boldsymbol{a^l}$ *effektiv ist, d. h. falls* $\boldsymbol{EU^P}(\boldsymbol{a^h})_{\boldsymbol{x}} < 0$ *und* $\boldsymbol{EU^P}(\boldsymbol{a^l}) < 0$ *und die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung nur eine Produktionseinstellung darstellt, dann ist der hybride First-best-Anreizvertrag gem. Satz 5.1 gültig, sofern der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den Schwellenwert von*

$$i = \frac{(E(x|a^h) - s^{FB}(a^h)\,)}{b^*}$$

gem. (5.50) nicht überschreitet. Andernfalls kommt keine Kooperation zustande.

Im Folgenden wird für jede der drei Rückzugspositionen ein **Zahlenbeispiel** zur Veranschaulichung angegeben. Dabei wird angenommen, dass der risikoscheue Agent eine Nutzenfunktion der Form: $u(s) = \sqrt{s}$ besitzt. Es werden zuerst die Lösungen für den rein expliziten Vertrag bei hohem und niedrigem Arbeitseinsatz zur Ermittlung der Rückzugsposition des Prinzipals bestimmt. Anschließend wird die Lösung des hybriden First-best-Vertrages präsentiert, wobei immer die quadratische Funktion als Umkehrfunktion der Wurzelnutzenfunktion berücksichtigt werden muss, so dass sich bspw. der optimale Bonus gem. (5.46) nun nach folgender Gleichung errechnet: $b^* = h(c_h + U^R) - h(c_l + U^R) = (c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2$. Zum Abschluss wird immer der Schwellenwert für den Diskontierungszinssatz des Prinzipals gem. (5.48)-(5.50) berechnet, bis zu dem der hybride Vertrag noch realisierbar ist. Die für Beispiel I verwendeten Eingangsparameter gelten, soweit nicht anders angegeben, auch für die nachfolgenden beiden Beispiele II und III.

Beispiel I
(Verifizierbares) Ergebnis: $x^h = 80.000; x^l = 0$
Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 150$
Wahrscheinlichkeiten gemäß geleistetem Arbeitseinsatz:
$f(x^h|a^h) = 0{,}7 > f(x^h|a^l) = 0{,}3$
$f(y^h|a^h) = 1 > f(y^h|a^l) = 0$

Rein expliziter Vertrag
$E(s)_x = 43.281 \;\rightarrow\; EU^P(a^h)_x = 12.719$
$s^{FB}(a^l) = 22.500 \;\rightarrow EU^P(a^l) = 1.500$
➔ Rückzugsposition rein expliziter Vertrag auf Basis von a^h, denn $EU^P(a^h)_x > EU^P(a^l)$

Hybrider First-best-Vertrag:
$\boldsymbol{s}^* = 22.500$
$\boldsymbol{b}^* = 17.500 = b^{hh} = b^{lh}$
$b^{hl} = b^{ll} = 0$
$E(s)_{xy} = s^{FB}(a^h) = 40.000 \;\; \rightarrow EU^P{}_{xy} = 16.000$

Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages:

$$falls\ i \leq \frac{43.281 - 40.000}{17.500} = 0{,}1875 = 18{,}75\%$$
$E(s)_x = 0{,}7 * 56.406 + 0{,}3 * 12.656 = 43.281$

Beispiel II
Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 80$

Rein expliziter Vertrag
$E(s)_x = 61.300 \;\rightarrow\; EU^P(a^h)_x = -5.300$
$s^{FB}(a^l) = 22.500 \;\; \rightarrow EU^P(a^l) = 1.500$
➔ Rückzugsposition rein expliziter Vertrag für a^l, denn $EU^P(a^l) > \; EU^P(a^h)_x$

Hybrider First-best-Vertrag:
$\boldsymbol{s}^* = 22.500$
$\boldsymbol{b}^* = 30.400 = b^{hh} = b^{lh}$
$E(s)_{xy} = s^{FB} = 52.900 \;\; \rightarrow EU^P{}_{xy} = 3.100$

Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages:

$$falls\ i \leq \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l))}{b^*} =$$

$$\frac{(56.000 - 24.000) - (52.900 - 22.500)}{30.400} = 0{,}05263 = 5{,}26\%$$

Beispiel III
Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 180$

Rein expliziter Vertrag:
$E(s)_x = 56.181 \;\rightarrow\; EU^P(a^h)_x = -181$
$s^{FB}(a^l) = 32.400 \;\; \rightarrow EU^P(a^l) = -8.400$
➔ Rückzugsposition Produktionseinstellung, denn $EU^P(a^h)_x < 0$, $EU^P(a^l) < 0$

Hybrider First-best-Vertrag:
$\boldsymbol{s}^* = 32.400$
$\boldsymbol{b}^* = 20.500 = b^{hh} = b^{lh}$
$E(s)_{xy} = s^{FB}(a^h) = 52.900 \;\; \rightarrow EU^P{}_{xy} = 3.100$

Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages:

$$falls\ i \leq \frac{(E(x|a^h) - s^{FB}(a^h))}{b^*} = \frac{(56.000 - 52.900)}{20.500} = 0{,}1512 = 15{,}12\%$$

In Beispiel I war die Rückzugsposition des Prinzipals ein rein expliziter Vertrag auf Basis des verifizierbaren Maßes x. Durch den Einbezug des nichtverifizierbaren Maßes y im Rahmen des hybriden First-best-Vertrages kann die erwartete Entlohnung von 43.281 (siehe rein expliziter Vertrag) auf eine fixe Vergütung von 40.000 abgesenkt werden, so dass der Prinzipal einen Erwartungsnutzen $EU^P{}_{xy}$ von 16.000 erzielt. Der hybride First-best-Vertrag kommt allerdings nur zustande, sofern der Diskontierungszinssatz i des Prinzipals nicht den Wert von 18,75 % übersteigt. Gegenüber Beispiel I werden die Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h)$ in Beispiel II nun von 50 auf 80 erhöht, so dass jetzt ein expliziter Vertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes die Rückzugsposition des Prinzipals bildet. Der hybride First-best-Vertrag mit $EU^P{}_{xy} = 3.100$ ist hier bis zu einem Diskontierungssatz von 5,26 % realisierbar. In Beispiel III betragen die Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h)$ wieder 50, aber der Reservationsnutzen wird hier von 150 auf 180 erhöht. Hier ist die Rückzugsposition eine Produktionseinstellung und der maximal mögliche Diskontierungszinssatz, bis zu dem der Vertrag zustande kommt, beträgt 15,12%. Inwiefern die einzelnen Modellparameter die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages beeinflussen, soll im nachfolgenden Abschnitt 5.3.2 für die drei Rückzugspositionen untersucht werden.

5.3.2 Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages

5.3.2.1 Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes

Die Untersuchung zur Realisierbarkeit des hybriden First-best(FB)-Vertrages bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h, d. h. bei $EU^P(a^h)_x > EU^P(a^l)$ sowie $EU^P(a^h)_x > 0$**,** erfolgt unter der Annahme, dass der Agent wie in den Beispielen in Punkt 5.3.1 die Nutzenfunktion: $u(s) = \sqrt{s}$ hat. Der hybride Vertrag kommt nur zustande, sofern der Diskontierungszinssatz i des Prinzipals nicht den in (5.48). angegebenen Schwellenwert übersteigt, so dass dieser Grenzwert im Folgenden als i_{max} bezeichnet wird:

$$i_{max} \equiv \frac{(E(s)_x - s^{FB}(a^h))}{b^*}$$

Falls der Prinzipal ungeduldiger ist und die zukünftigen erwarteten Vorteile aus dem hybriden FB-Vertrag mit einem höheren Zinssatz i diskontiert, ist die implizit versprochene Bonuszahlung nicht glaubwürdig und die Akteure könnten nur auf Grundlage des rein expliziten Vertrages basierend auf dem objektiven Maß x zusammenarbeiten. Im Folgenden soll dieser maximal mögliche Diskontierungszinssatz i_{max} näher untersucht werden. Dabei ist zu klären, wie die einzelnen Parameter sich auf den Zinssatz auswirken und somit die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages beeinflussen. Im Zähler von i_{max} (vgl. (5.48)) steht die Differenz aus der erwarteten Entlohnung des rein expliziten Vertrages bei a^h, der die Rückzugsposition darstellt, und der Entlohnung des hybriden Vertrages. Diese Differenz wird im Folgenden als Kosteneinsparung (KE) des hybriden Vertrages im Vergleich zum rein expliziten Vertrag bezeichnet, wobei sich dieser Ausdruck auf die eingesparten Kompensationskosten bezieht.

$$KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h) \tag{5.51}$$

Die Kosteneinsparung entspricht den Agency-Kosten[228] und stellt ein Maß für die Vorteilhaftigkeit des hybriden First-best-Vertrages auf Basis des nichtverifizierbaren Maßes y gegenüber der Second-best-Lösung basierend auf dem risikobehafteten, objektiven Maßes x dar. Je größer die Agency-Kosten sind, d. h. je unattraktiver der rein explizite Vertrag im Vergleich zum hybriden FB-Vertrag ist, desto größer darf der maximal mögliche Diskontierungssatz sein. Ein Anstieg der Kosteneinsparung führt somit zu einer besseren Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Im Nenner von i_{max} befindet sich der implizite Bonus. Je kleiner dieser ausfällt, desto größer ist der maximal mögliche Diskontierungssatz, so dass ein zu hoher Bonus die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages einschränkt. Im Folgenden soll die **komparative Statik für den maximal möglichen Diskontierungssatzes** durchgeführt werden. Doch bevor dafür i_{max} in Abhängigkeit der Parameter formelmäßig bestimmt wird, sollen erst einmal die Bestimmungsgrößen des hybriden FB-Vertrages komparativ-statisch untersucht werden. Dies kann unabhängig von der spezifischen, konkaven Nutzenfunktion des Agenten erfolgen, da für deren Umkehrfunktion vorausgesetzt wurde, dass: $h' > 0, h'' > 0$. Ausgehend von den Formeln für den optimalen Bonus (gem. (5.46)): $b^* = h(c_h + U^R) - h(c_l + U^R)$ und der Gesamt-Entlohnung des hybriden FB-Vertrages (gem. (5.47)): $s^{FB}(a^h) = h(c_h + U^R)$ sowie unter Berücksichtigung der Annahme, dass: $c_h > c_l$, resultieren die folgenden Ergebnisse:

[228] Als Agency-Kosten werden die Wohlfahrtseinbußen der Second-best-Lösung im Vergleich zu First-best-Lösung bezeichnet (siehe auch (2.48), S. 27 für das LEN-Modell).

$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_l} = 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial U^R} > 0$	(5.52)
$\frac{\partial b^*}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial b^*}{\partial c_l} < 0$	$\frac{\partial b^*}{\partial U^R} > 0$	

Für die Herleitung des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes i_{max} wird nun die Wurzelnutzenfunktion: $u(s) = \sqrt{s}$ verwendet. Die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages: $E(s)_x = f(x^h|a^h)s^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)s^L$ bestimmt sich unter Berücksichtigung von s^H und s^L gem. Satz 2.4, aber für die Wurzelnutzenfunktion, mit:

$$s^H = \left(\frac{(1 - f(x^h|a^l)c_h + (f(x^h|a^h) - 1)c_l)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2$$

$$s^L = \left(\frac{(f(x^h|a^h)c_l - f(x^h|a^l)c_h)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2$$

Entsprechend beträgt die Gesamt-Kompensation des hybriden FB-Vertrages (gem. (5.47)): $s^{FB}(a^h) = (c_h + U^R)^2$. Nach Substitution von $E(s)_x$ sowie $s^{FB}(a^h)$ in (5.51) ergibt sich die Kosteneinsparung für die Wurzelnutzenfunktion wie folgt (siehe Herleitung im Anhang):

$$KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h) = -\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2} \qquad (5.53)$$

Nach Einsetzen der Kosteneinsparung gem. (5.53) und des impliziten Bonus: $b^* = (c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2$ (vgl. (5.46)) in die Formel für i_{max} (vgl. (5.48)) ergibt sich der aus der GW-Bedingung abgeleitete maximal mögliche Diskontierungssatz wie folgt (siehe Herleitung im Anhang):

$$i_{max} = -\frac{1}{2}\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2\left(\frac{1}{2}c_h + U^R + \frac{1}{2}c_l\right)} \qquad (5.54)$$

Der maximal mögliche Diskontierungssatz bestimmt den Grad der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, wobei ein höherer Diskontierungssatz immer mit einer größeren Realisierbarkeit verbunden ist. Aus der Betrachtung von Gleichung (5.54) ist erkennbar, dass i_{max} von den folgenden Parametern abhängt: dem Reservationsnutzen U^R, den Wahrscheinlichkeiten $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$) sowie den Kosten aus dem Disnutzen für den hohen und niedrigen Arbeitseinsatz: c_h und c_l. Der Einfluss dieser Parameter wird aus den Ergebnissen der komparativen Statik, die in Tabelle 5.1 aufgeführt sind, deutlich. Hier sind zur besseren Veranschaulichung auch noch einmal die Resultate für den hybriden FB-Vertrag aus (5.52) mit aufgelistet. Die explizite Form der partiellen Ableitung nach dem jeweiligen Parameter ist im Anhang angegeben.

Die **Auswertung der Ergebnisse der komparativen Statik** beginnt mit der Analyse des Einflusses der **Wahrscheinlichkeiten des verifizierbaren Maßes** (siehe Spalten (1) und (2) in Tabelle 5.1). In der obersten Zeile ist der Einfluss auf die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages aufgeführt.

	(1)	(2)		(3)	(4)		(5)
1	$\frac{\partial E(s)_x}{\partial f(x^h\|a^h)} < 0$ (5.55)	$\frac{\partial E(s)_x}{\partial f(x^h\|a^l)} > 0$ (5.56)		$\frac{\partial E(s)_x}{\partial c_h} > 0$ (5.57)	$\frac{\partial E(s)_x}{\partial c_l} < 0$ (5.58)		$\frac{\partial E(s)_x}{\partial U^R} > 0$ (5.59)
2	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial f(x^h\|a^h)} = 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial f(x^h\|a^l)} = 0$		$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_l} = 0$		$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial U^R} > 0$
3	$\frac{\partial KE}{\partial f(x^h\|a^h)} < 0$ (5.60)	$\frac{\partial KE}{\partial f(x^h\|a^l)} > 0$ (5.61)		$\frac{\partial KE}{\partial c_h} > 0$ (5.62)	$\frac{\partial KE}{\partial c_l} < 0$ (5.63)		$\frac{\partial KE}{\partial U^R} = 0$
4	$\frac{\partial b^*}{\partial f(x^h\|a^h)} = 0$	$\frac{\partial b^*}{\partial f(x^h\|a^l)} = 0$		$\frac{\partial b^*}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial b^*}{\partial c_l} < 0$		$\frac{\partial b^*}{\partial U^R} > 0$
5	$\frac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h\|a^h)} < 0$ (5.64)	$\frac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h\|a^l)} > 0$ (5.65)		$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} > 0$ (5.66)	$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} < 0$ (5.67)		$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} < 0$ (5.68)

Tabelle 5.1: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes

Mit steigendem $f(x^h|a^h)$ sinkt die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (vgl. (5.55) in Tabelle 5.1), so dass sich der Vertrag verbessert, denn mit zunehmendem $f(x^h|a^h)$ und konstantem $f(x^h|a^l)$ wird das objektive Maß x sowohl präziser (falls $f(x^h|a^h) > 0{,}5$) als auch informativer über den Arbeitseinsatz. Die Präzision eines Performancemaßes war dabei definiert als der Kehrwert der Varianz, so dass eine hohe Präzision gleichbedeutend ist mit einer geringen Varianz. Die Varianz der Beurteilungsgröße x berechnet sich gem. der Formel:

$$\begin{aligned} var(x) = E\big(x - E(x)\big)^2 &= f(x^h|a^h)(x^h - E(x))^2 + f(x^l|a^h)(x^l - E(x))^2 \\ &= f(x^h|a^h)(x^h - E(x))^2 + (1 - f(x^h|a^h))(x^l - E(x))^2 \end{aligned}$$

Der Erwartungswert von x wird bekanntermaßen wie folgt ermittelt:

$$E(x) = \ f(x^h|a^h)x^h + (1 - f(x^h|a^h)x^l$$

Mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ vergrößert sich die Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^l|a^h)$, sofern $f(x^h|a^h) > 0{,}5$. Um zu zeigen, dass die Varianz von x mit steigender Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ abnimmt, wird die partielle Ableitung von $var(x)$ nach $f(x^h|a^h)$ gebildet:

$$\frac{\partial var(x)}{\partial f(x^h|a^h)} = -2(x^h - x^l)^2\left(f(x^h|a^h) - \frac{1}{2}\right) \tag{5.69}$$

$$\rightarrow \frac{\partial var(x)}{\partial f(x^h|a^h)} < 0 \ falls \ f(x^h|a^h) > \frac{1}{2}$$

Die komparative Statik in (5.69) ergibt, dass mit einer Zunahme von $f(x^h|a^h)$ die Varianz von x sinkt, sofern $f(x^h|a^h) > 0{,}5$. Demzufolge sinkt die Varianz mit einer Vergrößerung der Differenz und die Präzision von x steigt. Mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ reduziert sich $E(s)_x$ (vgl. (5.55) in Tabelle 5.1), denn durch die höhere Präzision[229] (bzw. geringere Varianz) bei a^h kann der Entlohnungsunterschied für x^h und x^l zum Ausgleich des Reservationsnutzens (siehe Teilnahmebedingung in (5.23)) verringert werden, so dass die Risikoprämie sinkt. Außerdem wird x durch die größere Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ informativer über den Arbeitseinsatz, so dass weniger starke Anreize zur Motivation von a^h vonnöten sind und auch darüber die Risikoprämie reduziert wird. Umgekehrt erhöht sich mit steigendem $f(x^h|a^l)$ die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (d. h. die Effektivität ver-

[229] Das betrifft genau genommen nur die Fälle, in denen $f(x^h|a^h) > 0{,}5$, wobei diese allerdings den Großteil aller möglichen Fälle ausmachen. Daneben wäre allerdings auch z. B. $f(x^h|a^h) = 0{,}4$ und $f(x^h|a^l) = 0{,}1$ erlaubt. Hier erklärt sich dann der Anstieg von $E(s)_x$ in (5.55) allein durch die Zunahme der Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$.

schlechtert sich), weil sich dadurch die Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ verringert (siehe (5.56)). Auf die Entlohnung des hybriden FB-Vertrages haben die Wahrscheinlichkeiten gar keinen Einfluss (siehe Zeile 2 und 4 in Tabelle 5.1), da das stochastische, objektive Maß x nicht im optimalen Vertrag enthalten ist und nur eine Fixentlohnung gewährt werden muss. Der Einfluss einer Veränderung von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ auf die Kosteneinsparung (vgl. Zeile 3, Spalten (1) und (2)) erklärt sich somit allein aus dem Effekt auf die erwartete Entlohnung $E(s)_x$. Ein Anstieg von $f(x^h|a^h)$ bzw. der Differenz aus $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ senkt die erwartete Entlohnung, so dass die Kosteneinsparung sinkt. Umgekehrt führt ein Anstieg von $f(x^h|a^l)$ zu einer Zunahme der erwarteten Entlohnung des formalen Vertrages, wodurch sich die Kosteneinsparung (KE) erhöht und die Realisierbarkeit verbessert wird. In der letzten Zeile in Tabelle 5.1 sind die Resultate für i_{max} angegeben. Mit steigender Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ verringern sich der maximal mögliche Diskontierungssatz und die Realisierbarkeit. Dagegen erhöht sich mit einem Anstieg von $f(x^h|a^l)$ der größtmögliche Diskontierungssatz des Prinzipals und die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessert sich. Die bessere Realisierbarkeit resultiert in diesem Fall aus einer Effektivitätsverschlechterung des rein formalen Vertrages, da sich dadurch die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs verschlechtert.

Die Ergebnisse der komparativen Statik bezüglich der **persönlichen Kosten aus dem Disnutzen des Agenten** bei hohem und niedrigem Arbeitseinsatz: c_h und c_l sind in Tabelle 5.1 in den Spalten (3) und (4) dargestellt. Mit einem Anstieg von c_h steigt die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (vgl. Zeile 1 in Tabelle 5.1), so dass sich dieser verschlechtert. Hier treten zwei Effekte gleichzeitig auf. Ein höheres c_h muss einerseits über eine höhere Entlohnung ausgeglichen werden, damit der Agent seinen Reservationsnutzen erzielt und die Teilnahmebedingung (siehe (5.23)) bindet. Andererseits erhöht sich die Differenz von c_h und c_l und eine Zunahme der Differenz erfordert eine stärkere Anreizsetzung. Da sich der hohe Arbeitseinsatz a^h verteuert, muss ein größerer Entlohnungsunterschied für x^h und x^l (verbunden mit einem höheren Risiko) festgelegt werden, so dass die erwartete Entlohnung wegen der höheren Risikoprämie steigt. Mit steigendem $C(a^l) = c_l$ sinkt dagegen die Differenz von c_h und c_l und auch die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (vgl. Zeile 1, Spalte (4) in Tabelle 5.1), so dass sich dessen Effektivität verbessert. Das ist umgekehrt darauf zurückzuführen, dass nun weniger starke Anreize zum Induzieren von a^h erforderlich sind, da a^h vergleichsweise billiger geworden ist und darum auch die zu zahlende Risikoprämie sinkt. Der Einfluss der persönlichen Kosten c_h auf die Gesamtentlohnung des hybriden FB-Vertrages: $s^{FB}(a^h) = (c_h + U^R)^2$ (vgl. (5.47)) ist in Zeile 2 in Tabelle 5.1 angegeben. Mit einem Anstieg von c_h erhöht sich $s^{FB}(a^h)$, was sich reduzierend auf die Kosteneinsparung $KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h)$ auswirkt. Eine Erhöhung von c_h resultiert somit sowohl in einer Zunahme der erwarteten Entlohnung des rein expliziten Vertrages $E(s)_x$ als auch der des hybriden Vertrages. Die Kosteneinsparung steigt mit einem höheren c_h (vgl. Zeile 3, (5.62), Tabelle 5.1), so dass die Entlohnung des hybriden Vertrages insgesamt weniger stark mit c_h zunimmt als die des rein formalen Vertrages. Auch die Entlohnung des hybriden Vertrages erhöht sich zwar mit c_h, da die größeren Kosten durch den Prinzipal ausgeglichen werden müssen, aber der Anstieg ist geringer als der des expliziten Vertrages, weil x nur verzerrte Anreize bietet und somit auch noch die Risikoprämie mit c_h steigt. Die Zunahme der Kosteneinsparung verbessert die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages. Ein Ansteigen der Kosten für den niedrigen Arbeitseinsatz c_l führt beim hybriden FB-Vertrag nicht zu einer Zunahme der Gesamtentlohnung s^{FB}. Stattdessen reduziert sich der Bonus $b^* = (c_h + U^R)^2 - (U^R + c_l)^2$ und das Grundgehalt $s^* = (U^R + c_l)^2$ gem. (5.46) erhöht sich entsprechend, so dass die Gesamtentlohnung konstant bleibt. Die Kosteneinsparung $KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h)$ wird hier demzufolge nur durch den rein expliziten Vertrag beeinflusst. Diese verringert sich (vgl. Zeile 3 in Tabelle 5.1), da die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages mit c_l sinkt. Der Einfluss von c_h und c_l auf den Bonus ist ihrem Einfluss auf die Kosteneinsparung entgegengerichtet. Da ein höherer Bonus die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages verringert, wirkt sich der mit c_h steigende Bonus $b^* = (c_h + U^R)^2 - (U^R + c_l)^2$ (siehe (5.46)) eher reduzierend und die mit einem Anstieg von c_l verbundene Absenkung des Bonus eher erhöhend auf die Realisierbarkeit des FB-Vertrages aus. An dieser Stelle bleibt zu prüfen, welcher Effekt – der auf den Bonus oder der auf die Kosteneinsparung - der maßgebende ist. Die **Ableitung von $\boldsymbol{i_{max}}$ nach $\boldsymbol{c_h}$** ist positiv (siehe Zeile 5 in Tabelle 5.1), d. h. mit steigenden Kosten aus dem Disnutzen für den hohen Arbeitseinsatz erhöht sich der maximal mögliche Diskontierungssatz, so dass sich die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessert. Dagegen sinkt umgekehrt mit einer Zunahme von c_l der maximale Diskontierungssatz, so dass die Realisierbarkeit sinkt. Insgesamt ist die bessere Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages bei einem Anstieg der persönlichen Kosten c_h auf eine Verschlechterung der Rückzugsposition des Prinzipals zurückzuführen, denn der rein formale Vertrag wird weniger effektiv mit einem Anstieg von c_h. Mögliche Verschlechterungen der Realisierbarkeit durch einen Anstieg des impliziten Bonus werden durch den Einfluss der Kosteneinsparung mehr als ausgeglichen. Dagegen führt ein Anstieg von c_l zu einer schlechteren Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, was auf eine Verbesserung der Rückzugsposition des Prinzipals zurückzuführen ist, denn der rein formale Vertrag wird effektiver mit einer Erhöhung von c_l. Mögliche Verbesserungen der Realisierbarkeit durch eine Reduzierung des impliziten Bonus werden durch den Einfluss auf die Kosteneinsparung übertroffen.

Schließlich sind die Resultate der komparativ-statischen Analyse für den **Reservationsnutzen des Agenten** der Spalte (5) von Tabelle 5.1 zu entnehmen. Mit steigendem Reservationsnutzen steigt die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (siehe Zeile 1 in Tabelle 5.1). Dieser verschlechtert sich somit und bietet eine schlechtere Rückzugsposition für den Prinzipal. Bezogen auf die Vergütung des hybriden FB-Vertrages ist ersichtlich, dass der Reservationsnutzen das Grundgehalt $s^* = (U^R + c_l)^2$ und die Gesamtentlohnung: $s^{FB}(a^h) = (c_h + U^R)^2$ erhöht (vgl. Zeile 2, Tabelle 5.1). Eine Zunahme von $s^{FB}(a^h)$ reduziert die Kosteneinsparung $KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h)$ im Vergleich zum formalen Vertrag, wobei aber auch $E(s)_x$ mit U^R steigt, so dass unklar ist, welcher Effekt überwiegt. Es stellt sich heraus, dass die Kosteneinsparung bzw. die Agency-Kosten nicht in einer Veränderung des Reservationsnutzens variiert (siehe Zeile 3, Tabelle 5.1 sowie (5.53)). Ein Anstieg von U^R erhöht folglich die erwartete Entlohnung des rein expliziten und die des hybriden FB-Vertrages in gleichem Maße, so dass darüber die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages nicht beeinflusst wird. Allerdings nimmt mit einem Ansteigen von U^R auch der implizite Bonus b^* zu (siehe Zeile 4, Tabelle 5.1) und eine Erhöhung des Bonus schränkt die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages ein. Damit erklärt sich dann auch, warum die partielle Ableitung von i_{max} nach U^R negativ ist, so dass hier der maximal mögliche Diskontierungssatz sowie die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages mit steigendem U^R sinken. Die Einschränkung der Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages durch einen Anstieg von U^R ist somit allein auf eine Erhöhung des impliziten Bonus zurückzuführen. Hier ergibt sich ein anderes Resultat als bei BGM (1994), bei denen der Reservationsnutzen U^R bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages keinen Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages hatte (vgl. Punkt 3.2.1). Die wesentlichen Ergebnisse der Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages zur Motivation des hohen Arbeitseinsatzes sind nachfolgend zusammengefasst.

Satz 5.5: *Bei Annahme einer Nutzenfunktion des Agenten von* $\boldsymbol{u(s) = \sqrt{s}}$ *sowie:* $\boldsymbol{EU^P(a^h)_x} > \boldsymbol{EU^P(a^l)_x}$ *und* $\boldsymbol{EU^P(a^h)_x} > 0$, *d. h. wenn der rein explizite Vertrag zum In-*

duzieren des hohen Arbeitseinsatzniveaus $\boldsymbol{a^h}$ die Rückzugsposition des Prinzipals bildet, besitzt der hybride First-best-Anreizvertrag gem. Satz 5.1 und Satz 5.2 die folgenden Eigenschaften bezüglich seiner Realisierbarkeit und des Verhaltens des maximal möglichen Diskontierungssatzes des Prinzipals:

(1) Mit einem Anstieg der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ des verifizierbaren Maßes sinkt der maximal mögliche Diskontierungszinssatz, denn durch die Zunahme von $f(x^h|a^h)$ verringern sich die Entlohnung des rein expliziten Vertrages (bei a^h) sowie die Kosteneinsparung des hybriden First-best-Vertrages im Vergleich zum rein expliziten Vertrag, so dass sich die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechtert.

(2) Mit einer Erhöhung der Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h)$ steigt der maximal mögliche Diskontierungszinssatz des Prinzipals durch den Anstieg der Kosteneinsparung des hybriden First-best-Vertrages im Vergleich zum rein expliziten Vertrag und verbessert die Realisierbarkeit.

(3) Mit einer Zunahme des Reservationsnutzens U^R fällt der maximal mögliche Diskontierungssatz durch den Anstieg des impliziten Bonus und schränkt die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages ein.

5.3.2.2 Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes

Bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei niedrigem Arbeitseinsatz a^l gilt für den Diskontierungszinssatz des Prinzipals der in Satz 5.3 angegebene Schwellenwert, der ebenso wie in Abschnitt 5.3.2.1 auch wieder als i_{max} bezeichnet wird:

$$i \leq \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l))}{b^*} = i_{max}$$

Wie im vorherigen Abschnitt soll auch hier wieder der maximal mögliche Diskontierungszinssatz näher untersucht werden, um zu klären, wie die einzelnen Parameter die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages beeinflussen. Die Glaubwürdigkeits-Bedingung gem. (5.5) wurde hier so nach dem Zinssatz i umgestellt, dass im Zähler die Differenz der erwarteten Ergebnisse bei a^h und a^l sowie die Kostendifferenz bzw. Zusatzkosten des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrag auf Basis von a^l, nämlich: $s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l)$ aufgeführt sind. Der hybride FB-Vertrag impliziert nämlich eine höhere Entlohnung als der rein explizite FB-Vertrag auf Basis von a^l, da $c_h > c_l$:

$s^{FB}(a^h) = h(c_h + U^R)$

$s^{FB}(a^l) = h(c_l + U^R)$

Die Höhe der Zusatzkosten entspricht genau der Höhe des Bonus des impliziten Vertrages: $b^* = h(c_h + U^R) - h(U^R + c_l) = s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l)$. Für die Zusatzkosten des hybriden FB-Vertrages wird die Variable ZK definiert.

$$ZK \equiv s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l) \qquad \rightarrow \qquad i_{max} = \frac{E(x|a^h) - E(x|a^l)}{s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l)} - 1$$

Für die Zusatzkosten bzw. die Bonushöhe gilt, dass ein Ansteigen den maximal möglichen Zinssatz i_{max} reduziert und somit die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages einschränkt. Die wesentlichen Resultate der **komparativen Statik für den maximal möglichen Diskontierungssatz** sind in der nachfolgenden Übersicht in Tabelle 5.2 aufgelistet, wobei auch die Ergebnisse für den hybriden FB-Vertrag gem. (5.51) der Übersichtlichkeit halber wieder mit angegeben wurden. Die Resultate gelten bei Annahme einer additiv-separablen Nutzenfunktionen des Agenten der Form: $U^A = u(s) - C(a\ )$ mit $u' > 0, u'' < 0$, so dass hier anders als in Abschnitt 5.3.2.1 nicht von der Wurzelnutzenfunktion ausgegangen werden muss.

	(1)	(2)		(3)
1	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_l} = 0$		$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial U^R} > 0$
2	$\frac{\partial s^{FB}(a^l)}{\partial c_h} = 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^l)}{\partial c_l} > 0$		$\frac{\partial s^{FB}(a^l)}{\partial U^R} > 0$
3	$\frac{\partial ZK}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial ZK}{\partial c_l} < 0$		$\frac{\partial ZK}{\partial U^R} > 0$
4	$\frac{\partial b^*}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial b^*}{\partial c_l} < 0$		$\frac{\partial b^*}{\partial U^R} > 0$
5	$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} < 0$ (5.70)	$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} > 0$ (5.71)		$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} < 0$ (5.72)

Tabelle 5.2: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes

Die formelmäßigen Ausdrücke für die partiellen Ableitungen von i_{max} (siehe Zeile 5 in Tabelle 5.2) sind im Anhang angegeben, wobei hier beispielhaft die Wurzelnutzenfunktion verwendet wurde. Die **Auswertung der Ergebnisse der komparativen Statik** beginnt mit der

Klärung des **Einflusses der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen des Agenten** (siehe Spalten (1) und (2) in Tabelle 5.2). Mit einem Anstieg von c_h steigt die Entlohnung des hybriden FB-Vertrages (siehe Zeile 1, Tabelle 5.2), wohingegen $s^{FB}(a^l)$ konstant bleibt (vgl. Zeile 2), so dass die Zusatzkosten mit c_h steigen (Zeile 3) und eine Einschränkung der Realisierbarkeit bewirken. Der Anstieg der Entlohnung $s^{FB}(a^h)$ resultiert aus der Erhöhung des impliziten Bonus. Mit steigendem Disnutzen für den hohen Arbeitseinsatz c_h sinkt i_{max} (vgl. Zeile 5) demzufolge aufgrund der Erhöhung der Zusatzkosten des hybriden Vertrages (wegen der relativen Verbesserung der Rückzugsposition) bzw. wegen des Anstiegs der Bonushöhe. Mit einer Zunahme von c_l erhöht sich umgekehrt i_{max} (siehe Zeile 5, Spalte (2) in Tabelle 5.2), so dass sich die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages verbessert. Ein Anstieg von c_l führt nämlich zu einer Reduzierung des Bonus des impliziten Vertrages, der gleichzeitig den Zusatzkosten des hybriden FB-Vertrages entspricht. Die Ergebnisse der komparativen Statik für den **Reservationsnutzen des Agenten** sind in Spalte (3) in Tabelle 5.2 aufgeführt. Mit der Zunahme von U^R erhöhen sich sowohl: $s^{FB}(a^l) = h(c_l + U^R)$ als auch die erwartete Entlohnung des hybriden FB-Vertrages: $s^{FB}(a^h) = h(c_h + U^R)$ wobei die Erhöhung der Kompensation des hybriden Vertrages wegen $c_h > c_l$ stärker ausfällt. Dadurch steigen die Zusatzkosten: $ZK \equiv s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l)$ (vgl. Zeile 3) bzw. der Bonus des impliziten Vertrages (vgl. Zeile 4). Demzufolge ist die Verringerung des maximal möglichen Diskontierungssatzes (vgl. Zeile 5, (5.72)) auf die Erhöhung der Zusatzkosten des hybriden Vertrages (also einer Verbesserung der Rückzugsposition) bzw. den Anstieg der Bonushöhe zurückzuführen. Letztlich beeinflussen auch die **Wahrscheinlichkeiten für die Realisierungen des verifizierbaren Maßes** die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages. Dies resultiert aber allein aus der Tatsache, dass das verifizierbare Maß als Zielgröße des Prinzipals angenommen wurde, so dass die Wahrscheinlichkeiten den maximal möglichen Diskontierungszinssatz über die Erwartungswerte von x bei a^h und a^l verändern. Die Formeln für die erwarteten Ergebnisse lauten wie folgt:

$$E(x|a^h) = f(x^h|a^h)x^h + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)x^l$$
$$E(x|a^l) = f(x^h|a^l)x^h + \left(1 - f(x^h|a^l)\right)x^l$$

Die komparative Statik für i_{max} nach $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ führt zu folgenden Ergebnissen:

$\dfrac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h\|a^h)} > 0$	$\dfrac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h\|a^l)} < 0$

(5.73)

Hier zeigt sich, dass die Realisierbarkeit mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ steigt, da sich durch die Zunahme der Erwartungswert $E(x|a^h)$ erhöht, wohingegen ein Anstieg von $f(x^h|a^l)$ die Rückzugsposition des Prinzipals bei einem Vertragsbruch verbessert und die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechtert.

Der Vergleich mit dem vorherigen Abschnitt zeigt, dass eine Änderung des Erwartungswertes der Zielgröße bei a^h: $E(x|a^h)$ bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei hohem Arbeitseinsatz keinen Einfluss auf die Realisierbarkeit hatte (siehe Punkt 5.3.2.1), da er den hybriden und den rein formalen Vertrag in gleichem Umfang betraf. Dort beeinflusste $f(x^h|a^h)$ die Realisierbarkeit über die optimale Entlohnung des expliziten Vertrages, wobei sich hier der Einfluss von $f(x^h|a^h)$ nur auf die Größe $E(x|a^h)$ bezieht. Das erwartete Ergebnis bei a^l: $E(x|a^l)$ beeinflusst direkt die Rückzugsposition des Prinzipals, denn desto höher der Erwartungswert ausfällt, desto besser ist die Rückzugsposition und je schlechter die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Bei der Zunahme der Kosten $C(a^h) = c_h$ fällt nun anders als bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages zum Induzieren von a^h, der Anstieg der Bonushöhe ins Gewicht. Diese Änderung deckt sich, wie bereits erwähnt, mit der Steigerung der Zusatzkosten und schränkt die Realisierbarkeit ein. Bei einer Zunahme von $C(a^l) = c_l$ kehrt sich dieser Effekt entsprechend um, da die Zusatzkosten bzw. die Bonushöhe sinken und so die Realisierbarkeit verbessern. Ein Anstieg des Reservationsnutzens übt auf den Bonus den gleichen Effekt aus wie bei der Rückzugsposition des rein formalen Vertrages bei a^h. Der zunehmenden Bonus deckt sich mit der Steigerung der Zusatzkosten des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrag bei a^l und verschlechtert die Realisierbarkeit.

5.3.2.3 Rückzugsposition Produktionseinstellung

Auch für die Rückzugsposition Produktionseinstellung (d. h. bei $EU^P(a^h)_x < 0$ und $EU^P(a^l) < 0$) soll nun untersucht werden, wie sich die einzelnen Modellparameter auf den maximal möglichen Diskontierungszinssatz des Prinzipals, bis zu dem der hybride First-best-Vertrag noch möglich ist, auswirken. Analog zur Vorgehensweise bei den anderen beiden Rückzugspositionen wird der aus der Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung abgeleitete Schwellenwert für i (vgl. Satz 5.4) wieder als i_{max} bezeichnet.

$$i \leq \frac{EU^{P}{}_{xy}}{b^{*}} = \frac{(E(x|a^{h}) - s^{FB}(a^{h}))}{b^{*}} = i_{max}$$

Im Zähler von i_{max} befindet sich der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals des hybriden FB-Vertrages. Der Diskontierungssatz ist unabhängig vom Überschuss des rein expliziten Vertrages, da dieser nun sowohl bei a^h als auch bei a^l als negativ angenommen wird und somit als Rückzugsposition nicht in Frage kommt. Je größer der erwartete Überschuss: $EU^{P}{}_{xy}$ wird, desto größere Werte nimmt der maximal mögliche Diskontierungssatz an, wodurch sich die Realisierbarkeit verbessert. Der erwartete Nettoüberschuss steigt mit einem Anstieg von $E(x|a^h)$ und reduziert sich mit einer Zunahme von $s^{FB}(a^h)$. Im Nenner von i_{max} befindet sich der implizite Bonus. Je mehr sich dieser reduziert, desto stärker erhöht sich der maximal mögliche Diskontierungssatz, so dass umgekehrt ein zu hoher Bonus die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages einschränkt. Im Folgenden soll wieder die **komparative Statik für den maximal möglichen Diskontierungssatz** betrachtet werden. In Tabelle 5.3 sind die wesentlichen Ergebnisse dazu sowie die Resultate für die Gesamtentlohnung und die Bonushöhe des hybriden FB-Vertrages (gem. (5.52)) zusammengefasst. Auch diese Ergebnisse gelten für die allgemeine, additiv-separable Nutzenfunktion der Form: $U^A = u(s) - C(a\ )$ mit: $u' > 0, u'' < 0$.

	(1)	(2)		(3)
1	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial c_l} = 0$		$\frac{\partial s^{FB}(a^h)}{\partial U^R} > 0$
2	$\frac{\partial b^*}{\partial c_h} > 0$	$\frac{\partial b}{\partial c_l} < 0$		$\frac{\partial b^*}{\partial U^R} > 0$
3	$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} < 0$ (5.74)	$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} > 0$ (5.75)		$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} < 0$ (5.76)

Tabelle 5.3: Ergebnisse der komparativen Statik für die Rückzugsposition Produktionseinstellung

Die formelmäßigen Ausdrücke für (5.74), (5.75) sowie (5.76) sind im Anhang angegeben (wieder beispielhaft für die Wurzelnutzenfunktion). Obwohl die Formel für i_{max} (vgl. Satz 5.4) sich von der bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages für den niedrigen Arbeitseinsatz unterscheidet, sind die Ergebnisse der komparativ-statischen Analyse ähnlich. Als erstes soll **der Einfluss der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen des Agenten** untersucht werden (siehe Spalten (1) und (2) in Tabelle 5.3). Eine Zunahme von c_h erhöht die Gesamtvergütung des hybriden FB-Vertrages: $s^{FB}(a^h) = h(U^R + c_h)$ und auch den impliziten Bonus, wohingegen das Grundgehalt: $s^* = h(U^R + c_l)$ gem. (5.46) konstant bleibt. Der Anstieg der Gesamtentlohnung wird über eine Erhöhung des impliziten Bonus realisiert. Die Gesamtkompensation wird angehoben, damit einerseits der höhere Disnutzen aus dem Anstieg von c_h ausgeglichen wird und weil andererseits stärkere Anreize für a^h gesetzt werden müssen. Die partielle Ableitung von i_{max} nach c_h ist negativ. Die Reduzierung von i_{max} mit steigendem c_h und die damit verbundene Beschränkung der Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages ist somit sowohl auf die Erhöhung des Bonus (durch die der Nenner von i_{max} steigt) als auch die der Gesamtentlohnung (die eine Reduzierung von $EU^P{}_{xy}$ im Zähler bewirkt) zurückzuführen. Hier ist der Einfluss der Kosten aus dem Disnutzen nicht so kontraintuitiv wie bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei hohem Arbeitseinsatz (vgl. Abschnitt 5.3.2.1). Mit einem Anstieg von c_l verbessert sich die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages (vgl. (5.75)), so dass auch hier das entgegengesetzte Ergebnis zur Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h auftritt. Steigender Disnutzen $C(a^l) = c_l$ senkt den impliziten Bonus (da a^h nun vergleichsweise billiger anzureizen ist) und erhöht das Grundgehalt s^* entsprechend, so dass die Gesamtentlohnung konstant bleibt. Die Verbesserung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages durch den Anstieg von c_l ist somit allein auf eine Verringerung der Bonushöhe durch eine Umverteilung der Gesamtentlohnung vom Bonus zum Grundgehalt zurückzuführen. Die Ergebnisse der komparativ-statischen Analyse für den **Reservationsnutzen des Agenten** sind in Spalte (3) in Tabelle 5.3 angegeben. Mit zunehmendem Reservationsnutzen fällt der maximal mögliche Diskontierungssatz, so dass die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages abnimmt. Mit steigendem U^R erhöhen sich alle Entlohnungskomponenten des hybriden FB-Vertrages: der Bonus, das Grundgehalt und somit auch die Gesamtentlohnung. Bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei a^h wurde der Einfluss auf die Gesamtentlohnung durch den rein expliziten Vertrag vollständig kompensiert (vgl. Abschnitt 5.3.2.1, S. 220), da dessen Entlohnung in gleichem Maße anstieg und die relative Vorteilhaftigkeit des hybriden FB-Vertrages nicht reduzierte. Dort wurde die Realisierbarkeit nur durch die ansteigende Bonushöhe beeinträchtigt, wohingegen hier auch noch die Zunahme der Gesamtvergütung ins Gewicht fällt. Der **Einfluss der Wahrscheinlichkeit** $f(x^h|a^h)$ auf den maximal möglichen Diskontierungszinssatz beschränkt sich auf die Veränderung des erwarteten Ergebnisses: $E(x|a^h)$, das sich mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ erhöht, da dadurch das höhere Ergebnis x^h stärker gewichtet wird:

$$E(x|a^h) = f(x^h|a^h)x^h + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)x^l$$

Mit einer Zunahme von: $E(x|a^h)$ steigt der erwartete Nettoüberschuss des Prinzipals: $EU^P{}_{xy} = E(x|a^h) - s^{FB}(a^h)$, so dass der maximal mögliche Diskontierungszinssatz gem. Satz 5.4 steigt.

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h|a^h)} > 0 \tag{5.77}$$

Wenn die Zielgröße des Prinzipals dagegen analog zu den Analysen von BGM (1994) (siehe Abschnitt 3.2.1) sowie des LEN-Modells in Kapitel 4 das nichtverifizierbare Maß wäre, hätte die Wahrscheinlichkeit des objektiven Maßes gar keinen Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da der hybride FB-Vertrag hier nicht auf das verifizierbare Maß konditioniert. Die wichtigsten Ergebnisse der Analyse für die Rückzugspositionen des rein expliziten Vertrages zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes sowie einer Produktionseinstellung sind nachfolgend zusammengefasst.

Satz 5.6 *Falls entweder gilt, dass* $EU^P(a^l) > EU^P(a^h)_x$ *sowie* $EU^P(a^l) > 0$ *oder aber* $EU^P(a^h)_x < 0$ *sowie* $EU^P(a^l) < 0$*, d. h. wenn die Rückzugsposition des Prinzipals bei einem Bruch der impliziten Vereinbarung entweder nur ein rein expliziter Vertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes oder eine Produktionseinstellung ist, besitzt der hybride First-best-Vertrag gem. Satz 5.1 und Satz 5.2 bzw. Satz 5.3 die folgenden Eigenschaften bezüglich seiner Realisierbarkeit und des Verhaltens des maximal möglichen Diskontierungssatzes des Prinzipals:*

(1) Mit einem Anstieg der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ *des verifizierbaren Maßes erhöht sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz aufgrund des steigenden Erwartungswertes der Zielgröße des Prinzipals und verbessert die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages.*

(2) Mit einer Erhöhung der Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h) = c_h$ *fällt der maximal mögliche Diskontierungszinssatz des Prinzipals und verschlechtert die Realisierbarkeit.*

(3) Mit einer Zunahme des Reservationsnutzens fällt der maximal mögliche Diskontierungssatz und schränkt die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages ein.

5.3.3 Zwischenfazit

Die soeben vorgestellte Analyse verlief analog zu der von BGM (1994) in Abschnitt 3.2.1 und des LEN-Modells in Kap. 4, allerdings im Rahmen eines diskreten Modells mit binärem Arbeitseinsatz des Agenten a^h und a^l, um zu prüfen, inwieweit sich in dieser Situation Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu den Resultaten von BGM (1994) zeigen. Wie bei BGM (1994) wurde die Anreizgestaltung auf Basis eines verifizierbaren, objektiven Performancemaßes sowie eines nichtverifizierbaren, subjektiven Maßes untersucht, wobei im vorliegenden Abschnitt der Grenzfall eines perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Signals betrachtet wurde. Wie bei BGM (1994) wurde berücksichtigt, dass sich aus der Verfügbarkeit einer verifizierbaren Größe für den Prinzipal die Möglichkeit eröffnet, nach einem Bruch des impliziten Vertrages auf Basis der subjektiven Größe, die Kooperation des Agenten auf Grundlage eines rein expliziten Vertrages, welcher ausschließlich auf der objektiven, verifizierbaren Größe beruht, fortzusetzen. Aufgrund der **Besonderheiten des diskreten Modells** mit binärem Arbeitseinsatz wurden anders als bei BGM (1994) **drei Rückzugspositionen** berücksichtigt, denn hier kann es vorkommen, dass ein rein expliziter Anreizvertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes u. U. zu einem höheren erwarteten Nettoüberschuss des Prinzipals führen kann als einer zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes. Die Ergebnisse für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^l stimmen aber weitestgehend mit denen für die Rückzugsposition Produktionseinstellung überein. Im Unterschied zu BGM (1994) und dem LEN-Modell in Kap. 4 ist im betrachteten diskreten Modell bei einem perfekt präzisen, subjektiven Performancemaß **nur ein hybrider First-best-Vertrag** möglich, in dem die verifizierbare Größe nicht enthalten ist, so dass ihr überwiegend nur eine nachteilige Rolle zukommt, die die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verhindern kann.[230] Das **kontraintuitive Resultat von BGM (1994)**, dass **zu gute objektive Maße implizite Vereinbarungen verhindern können** (vgl. Satz 3.1, S. 98), **tritt hier ebenfalls auf**. Im Gegensatz zum diskreten Modell gingen BGM (1994) von einem stetigen, linearen Entlohnungsvertrag aus, wobei der optimale Bonus direkt aus der bindenden Glaubwürdigkeits-Bedingung gelöst wurde. Dagegen entspricht der im diskreten Modell ermittelte hybride First-best-Vertrag eher den bei BGM (1994) und im LEN-Modell als „rein impliziten First-best-Verträgen" bezeichneten Vereinbarungen (vgl. Abschnitt 4.3.2 sowie 5.3.1). Andere Vertragskombinationen, die nicht zur First-best-Lösung führen, sind bei der gewählten diskreten Modellstruktur nicht möglich. Da

[230] Dies gilt bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes. Bei den anderen beiden Rückzugspositionen kann das objektive Maß aufgrund seiner besonderen Rolle als Zielgröße des Prinzipals die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages auch erhöhen.

die risikolose, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße y perfekten Informationsgehalt über den Arbeitseinsatz besitzt, ist das risikobehaftete, verifizierbare Maß x gar nicht im optimalen hybriden Vertrag enthalten. Man könnte hier die First-best-Lösung auch allein auf Grundlage einer Bonuszahlung realisieren, indem bei y^h (als sicheres Signal, dass a^h geleistet wurde) die Bonuszahlung erfolgt und der Agent bei y^l vollständig leer ausgehen würde. Hier ergibt sich allerdings das Problem, dass die Bonuszahlung ggf. nicht glaubwürdig versprochen werden kann, da der implizite Vertrag auch vom Prinzipal gebrochen werden könnte. Der Bonus ist nur glaubwürdig, sofern der Nutzen des Prinzipals bei Einbehalten der Bonuszahlung (unter Berücksichtigung der entsprechenden Rückzugsposition) größer ist als der diskontierte erwartete Nutzen aus der fortgeführten Kooperation auf Basis des impliziten Vertrages. Diese Glaubwürdigkeits-Bedingung hängt u. a. vom Diskontierungszinssatz des Prinzipals und der Höhe des impliziten Bonus ab. Wird der Grenzwert für den Diskontierungssatz überschritten, würde der reine Bonus-Vertrag nicht zustande kommen können. Zur Verbesserung der GW des impliziten Vertrages muss die Höhe des impliziten Bonus so gering wie möglich angesetzt werden, so dass ein hybrider Vertrag bestehend aus einer explizit festgelegten Fixzahlung (Grundgehalt) und einem implizit vereinbarten Bonus, der nur bei Realisierung von y^h gezahlt wird, zur höchsten Glaubwürdigkeit und somit besten Realisierbarkeit führt. In diesem Modell ist nur die Bonushöhe das Ergebnis einer neuen Optimierung. Die anderen Lösungen entsprechen denen des Grundmodells mit verifizierbaren Maßen. Untersucht wird der maximal mögliche Diskontierungszinssatz des Prinzipals, der sich aus der GW-Bedingung ergibt.

Die **Ergebnisse der Modellanalyse** unterscheiden sich je nach der betrachteten **Rückzugsposition** des Prinzipals. Sofern ein **rein formaler Vertrag** basierend auf dem verifizierbaren Maß zum Induzieren von a^h die Rückzugsposition bildet, beschränkt eine hinreichend hohe Effektivität dieses Vertrages die Realisierbarkeit des hybriden First-best(FB)-Vertrages. Die Verbesserung der Effektivität des rein expliziten Vertrages kann einerseits aus einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ resultieren. Eine Zunahme von $f(x^h|a^h)$ bzw. der Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ (falls $f(x^h|a^h) > 0{,}5$ (vgl. (5.69), S. 224)), also einer höheren Präzision von x bei a^h sowie einem höheren Informationsgehalt bzgl. des Arbeitseinsatzes, bewirkt eine Verbesserung der Rückzugsposition des Prinzipals und somit eine schlechtere Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Andererseits führt auch ein Absenken der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen $C(a^h) = c_h$ zur Verbesserung der Effektivität des rein expliziten Vertrages bei a^h. Eine Reduzierung von c_h bzw. der Differenz aus c_h und c_l verringert die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages stärker als die des hybriden First-best-Vertrages, da im ersteren noch eine Risikoprämie enthalten war, so dass die Kosteneinsparung sinkt und sich mit der Verbesserung der Rückzugsposition die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechtert. Im diskreten Modell ist der Einfluss der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen aufgrund der einfacheren Modellstruktur im Gegensatz zum LEN-Modell in Kap. 4 eindeutig zu analysieren, denn dort repräsentierte der Parameter c die marginale Veränderung der Grenzkosten einer konvexen Kostenfunktion der Form: $C(a) = \frac{1}{2}ca^2$ (vgl. Punkt 4.2), so dass auch noch die Höhe des Arbeitseinsatzes die Kosten des Disnutzens beeinflusste und der Einfluss von c somit nicht analysiert werden konnte. Eine Veränderung des Reservationsnutzens wirkt sich im diskreten Modell anders aus als bei BGM (1994) und im LEN-Modell. Eine Zunahme von U^R schränkt die Realisierbarkeit auch bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei a^h ein, weil dadurch die Bonushöhe steigt. Dieses Ergebnis unterscheidet sich von den Resultaten bei einem risikoneutralen Agenten (vgl. Abschnitt 3.2) und beim LEN-Modell. Denn bei Annahme einer Wurzelnutzenfunktion des Agenten hängen anders als bei Risikoneutralität und bei konstanter absoluter Risikoaversion im LEN-Modell die Präferenzen des Agenten von seinem Wohlstand ab (vgl. Abschnitt 2.2.3). Sofern dem Prinzipal als **Rückzugsposition nur ein rein expliziter Vertrag auf Basis von a^l oder eine Produktionseinstellung** bleibt, kehren sich der Einfluss der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ sowie der Kosten des Disnutzens c_h um. Da das verifizierbare Maß nicht im hybriden First-best-Vertrag verwendet wird, hätte die Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ an sich keinen Einfluss auf die optimalen Kompensationszahlungen. Die Realisierbarkeit wird allerdings über das erwartete Ergebnis $E(x|a^h)$ beeinflusst, da sich darüber der erwartete, einperiodige Nettoüberschuss des Prinzipals erhöht.[231] Mit einer Erhöhung von c_h sinkt der maximal mögliche Diskontierungszinssatz und damit die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da die Bonushöhe steigt. Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung wirkt sich zudem die damit verbundene Steigerung der Gesamtentlohnung des hybriden Vertrages reduzierend auf den Zinssatz aus. Eine Steigerung des Reservationsnutzens U^R führt wie bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei hohem Arbeitseinsatz zu einer Zunahme des impliziten Bonus und damit zu einer Verschlechterung der Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages. Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung kommt es außerdem noch zu einem Anstieg des Grundgehalts und die insgesamt höhere Gesamtvergütung des hybriden FB-Vertrages schränkt die Realisierbarkeit noch zusätzlich ein. Denn dadurch wird der erwartete Gleichgewichtsüberschuss

[231] Falls nicht das verifizierbare Maß, sondern die subjektive Größe als Zielgröße angenommen worden wäre (analog zu BGM (1994) sowie im LEN-Modell) hätte eine höhere Präzision des verifizierbaren Maßes keinen Einfluss auf die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages.

des Prinzipals je Periode: $EU^P{}_{xy}$ und somit der Vorteil der fortgeführten Kooperation reduziert.

Zusammenfassend sollen noch einmal die **Gemeinsamkeiten und Unterschiede** zwischen den Ergebnissen des diskreten Modells sowie der Analyse von BGM (1994) und dem LEN-Modell in Kap. 4 betrachtet werden. In allen Untersuchungen verhindert ein zu hoher Diskontierungszinssatz des Prinzipals das Zustandekommen des hybriden Vertrages, so dass ein zu ungeduldiger Prinzipal die Einhaltung des impliziten Vertrages nicht glaubwürdig versichern kann. Wie bei BGM (1994) reduziert eine zu gute Rückzugsposition des Prinzipals, nämlich ein hinreichend effektiver rein expliziter Vertrag auf Basis des verifizierbaren Maßes zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes, die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Dabei äußert sich die Reduzierung in einem geringeren maximal möglichen Diskontierungszinssatz. Die Effektivität des rein formalen Vertrages ist im diskreten Modell mit dem zugrundeliegenden Risiko-Anreiz-Problem u. a. geprägt vom Informationsgehalt der objektiven Größe x bzgl. des Arbeitseinsatzes, wobei eine größere Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ einem größeren Informationsgehalt gleichkommt. Eine weitere Determinante der Effektivität des expliziten Vertrages ist die Differenz der Kosten aus dem Disnutzen des Agenten c_h und c_l. Hier ist eine geringere Differenz mit einer höheren Effektivität verbunden, da das hohe Anstrengungsniveau a^h dann vergleichsweise billiger anzureizen ist. Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung offenbart ein Vergleich mit dem Lösungsbereich des im Rahmen des LEN-Modells als „rein impliziten FB-Vertrages" bezeichneten Anreizvertrages, dass dieser nicht von der Varianz des objektiven Maßes beeinflusst wird (vgl. Satz 4.3, S. 176). Auch im diskreten Modell wäre die Realisierbarkeit des FB-Vertrages unabhängig vom objektiven Maß x, wenn x hier nicht gleichzeitig die Zielgröße des Prinzipals wäre und aufgrund dessen eine Erhöhung von $f(x^h|a^h)$ den Erwartungswert von x und dadurch die Realisierbarkeit steigert. Dieser Unterschied erklärt sich demzufolge mit den etwas veränderten Modellannahmen. Anders als in der Untersuchung von BGM (1994) und im LEN-Modell wird im diskreten Modell ein rein expliziter Vertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes als weitere Rückzugsposition des Prinzipals betrachtet. Während bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung eine Änderung von c_h und U^R sowohl über die Bonushöhe als auch über den erwarteten Gleichgewichtsüberschuss pro Periode $EU^P{}_{xy}$ die Realisierbarkeit (in gleicher Richtung) beeinflusst, erfolgt bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei a^l die Änderung der Realisierbarkeit nur über die Bonushöhe, die gleichzeitig den Zusatzkosten des hybriden FB-Vertrages gegenüber dem Vertrag bei a^l entspricht. Statt vom erwarteten Nettoüberschuss pro Periode $EU^P{}_{xy}$ hängt die Realisierbarkeit bei dieser Rückzugsposition von der relativen Vorteilhaftigkeit des hybriden FB-Vertrages im Vergleich zum Vertrag bei a^l ab. Wenn der hybride FB-Vertrag aufgrund mangelnder Glaubwürdigkeit nicht realisiert werden kann, bleibt dem Prinzipal nur die Option, dem Agenten den formalen Vertrag mit einem Festgehalt zur Leistung des niedrigen Arbeitseinsatzes anzubieten. Ein Anstieg des Reservationsnutzens verschlechtert bei allen drei Rückzugspositionen die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages. Dies ist anders als bei BGM (1994) und im LEN-Modell, wo bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages der Reservationsnutzen keinen Einfluss hatte. Im diskreten Modell wird der Einfluss von U^R bei der Rückzugsposition eines rein expliziter Vertrag bei a^h und a^l zwar teilweise durch die gleichzeitige Verschlechterung der Rückzugsposition mit einem Anstieg von U^R reduziert. Aber dadurch, dass hier auch die Bonushöhe mit der Zunahme von U^R steigt, wird die Realisierbarkeit beeinträchtigt. Wie im LEN-Modell und auch bei der Untersuchung von RR (2009) (vgl. Abschnitt 3.3) gelten die für verifizierbare Maße abgeleiteten agencytheoretischen Erkenntnisse bei Einbezug eines nichtverifizierbaren Performancemaßes nur eingeschränkt. Denn immer wenn der hybride FB-Vertrag nicht möglich ist (z. B. weil der Grenzwert für den Diskontierungszinssatz des Prinzipals überschritten wurde) und dann nur die Rückzugsposition greift, kann das perfekt informative Signal y gar nicht für die Anreizgestaltung verwendet werden.

Die Analyse in Abschnitt 5.3 beschränkte sich auf nichtverifizierbare Maße, die perfekt präzise sind, so dass der hybride Vertrag hier zur First-best-Lösung führt. Im nächsten Schritt soll untersucht werden, inwieweit die bisher erzielten Resultate auch für die Situation mit einem stochastischen, nichtverifizierbaren Maß y gelten. Es soll somit geprüft werden, welche Eigenschaften der auf x und y basierende hybride Vertrag, der dann allerdings nicht mehr die First-best-Lösung erreichen kann, aufweist. Außerdem wird untersucht, inwieweit das für verifizierbare Maße geltende „Informativeness"-Prinzip (vgl. Abschnitt 2.2.4) in dieser Situation Gültigkeit besitzt.

5.4 Unpräzise, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße

Die Bestimmung des optimalen hybriden Vertrages auf Grundlage zweier stochastischer Performancemaße, von denen x das verifizierbare Maß sowie die Zielgröße des Prinzipals und y das nichtverifizierbare Maß darstellt, erfolgt gemäß dem in (5.8)-(5.10) (siehe S. 207) dargestellten Optimierungsproblem des Prinzipals. Aufgrund des angenommenen Entlohnungsschemas: $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ ergaben sich vier mögliche, aus der Vergütung abgeleitete, Nutzenwerte des Agenten: $u(s^{pq}) = \{u(s^{hh}), u(s^{hl}), u(s^{lh}), u(s^{ll})\}$. In allgemeiner Form sind diese Nutzenwerte zwar sehr komplex, aber bei Annahme konkreter Parameterwerte kann die Lösung aus der nichtlinearen Optimierung ohne Probleme berechnet werden. Die anschließende Optimierung hinsichtlich der Bonushöhe gem. (5.15)-(5.19) ergab die folgende Struktur der optimalen Lösung (siehe (5.19), (5.18) und (5.17)):

$$s^p = h\big(u(s^{p,-q})\big) \;\; für \;\; h\big(u(s^{pq})\big) - \; h(u(s^{p,-q})) > 0)$$
$$b^{pq} = h\big(u(s^{pq})\big) - \; h(u(s^{p,-q}))$$
$$b^{p,-q} \; = 0$$

Zur besseren Veranschaulichung dieser Lösung für den optimalen, hybriden Anreizvertrag sollen nachfolgend **drei Zahlenbeispiele** für die drei Rückzugspositionen präsentiert werden. Dabei wurde wieder angenommen, dass der Agent eine Wurzelnutzenfunktion der folgenden Form hat: $u(s) = \sqrt{s}$. Die Lösung der nichtlinearen Optimierung wurde mit dem Excel-Solver ermittelt. Eine Übersicht zur Umsetzung in MS Excel befindet sich im Anhang. Die gewählten Eingangsparameter sind nahezu die gleichen wie in den Beispielen in Abschnitt 5.3, allerdings ist nun bei zwei stochastischen Maßen der erwartete Nutzen der Akteure über die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten für die Signalrealisierungen bestimmt. Diese können gemäß der Rechenregel für bedingte Wahrscheinlichkeiten wie folgt ermittelt werden:

$$f(x^p, y^q|a) = f(y^q|x^p, a) \cdot f(x^p|a)$$

Dementsprechend können aus den nachfolgend in Beispiel I angegebenen Einzelwahrscheinlichkeiten und bedingten Wahrscheinlichkeiten die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten nach der obigen Bestimmungsgleichung berechnet werden. Die für Beispiel I gewählten Eingangsparameter gelten, sofern nichts anderes angegeben wird, auch für Beispiel II und III.

Beispiel I

(Verifizierbares) Ergebnis: $x^h = 80.000; x^l = 0$
Persönlichen Kosten aus dem Disnutzen (des Agenten): $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 150$
Einzel- bzw. Randwahrscheinlichkeiten:
$f(x^h|a^h) = 0{,}7 > f(x^h|a^l) = 0{,}3$
$f(y^h|a^h) = 0{,}56 > f(y^h|a^l) = 0{,}1$
Bedingte Wahrscheinlichkeiten:
$f(y^h|x^h, a^h) = 0{,}5$

$f(y^h|x^l, a^h) = 0{,}7$
$f(y^h|x^h, a^l) = f(y^h|x^l, a^l) = 0{,}1$

Rein expliziter Vertrag:
$E(s)_x = 43.281 \rightarrow EU^P(a^h)_x = 12.719$
$s^{FB}(a^l) = 22.500 \rightarrow EU^P(a^l) = 1.500$
➔ Rückzugsposition rein expliziter Vertrag auf Basis von a^h, denn $EU^P(a^h)_x > EU^P(a^l)$

Optimaler Vertrag, falls beide Maße x und y verifizierbar wären
$s^{hh} = 45.175, \quad s^{hl} = 41.264$
$s^{lh} = 43743, \quad s^{ll} = 13.848$
$E(s)_{xy} = 40.686$

Optimaler hybrider Vertrag:
$s^h = 41.264, \quad s^l = 13.848$
$b^{hh} = 3.911, \quad b^{lh} = 29.895 = b^{max}$
$b^{hl} = b^{ll} = 0$
$E(s)_{xy} = 40.686 \quad \rightarrow EU^P{}_{xy} = 15.314$

Realisierbarkeit des hybriden Vertrages:

$$falls\ i \leq \frac{(E(s)_x - E(s)_{xy})}{b^{max}}$$

$$falls\ i \leq \frac{43.281 - 40.686}{29.895} = 0{,}0868 = 8{,}68\%$$

$E(s)_x = 0{,}7 * 56.406 + 0{,}3 * 12.656 = 43.281$

Aus der Optimierung ergibt sich, dass für die geringere der beiden Gesamtentlohnungen s^{ph}, s^{pl} jeweils der Bonus auf null gesetzt wird: $b^{p,-q} = 0$, so dass in Beispiel I: $b^{hl} = b^{ll} = 0$. Der Grundbetrag s^p wird in Höhe der geringeren Entlohnung festgelegt, so dass aus $s^p = h\big(u(s^{p,-q})\big)$ folgt: $s^{hl} = 41.264 = s^h\ und\ s^{ll} = 13.848 = s^l$. Für die jeweils höhere der beiden Gesamtentlohnungen deckt der Bonus die Differenz zwischen der Gesamtvergütung und dem Grundbetrag s^p ab: $b^{pq} = h\big(u(s^{pq})\big) - h(u(s^{p,-q}))$. Für das Zahlenbeispiel ergibt sich: $b^{hh} = 45.175 - 41.264 = 3.911$ sowie: $b^{lh} = 43743 - 13.848 = 29.895$. Die Glaubwürdigkeits-Bedingung bindet für den größeren der beiden Boni: $b^{hh} < b^{lh} = b^{max}$.

Beispiel II

Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 70$
Rein expliziter Vertrag
$E(s)_x = 54.831 \rightarrow EU^P(a^h)_x = 1.169$
$s^{FB}(a^l) = 22.500 \rightarrow EU^P(a^l) = 1.500$
Rückzugsposition rein expliziter Vertrag auf Basis von a^l, denn $EU^P(a^l) > EU^P(a^h)_x$

Optimaler Vertrag, falls beide Maße x und y verifizierbar wären

$s^{hh} = 56.436, \quad s^{hl} = 50.351$
$s^{lh} = 54.198, \quad s^{ll} = 10.972$
$E(s)_{xy} = 49.745$

Optimaler hybrider Vertrag:
$s^h = 50.351, \quad s^l = 10.972$
$b^{hh} = 6.085, \quad b^{lh} = 43.226 = b^{max}$
$b^{hl} = b^{ll} = 0$
$E(s)_{xy} = 49.745 \qquad \rightarrow EU^P{}_{xy} = 6.255$

Realisierbarkeit des hybriden Vertrages:

$$falls\ i \leq \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (E(s)_{xy} - s^{FB}(a^l))}{b^{max}} =$$
$$\frac{(56.000 - 24.000) - (49.745 - 22.500)}{43.226} = 0{,}11 = 11\%$$

Beispiel III
Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 180$

Rein expliziter Vertrag
$E(s)_x = 56.181 \ \rightarrow \ EU^P(a^h)_x = -181$
$s^{FB}(a^l) = 32.400 \ \rightarrow \ EU^P(a^l)_x = -8.400$
➔ Rückzugsposition Produktionseinstellung, denn $EU^P(a^h)_x < 0$, $EU^P(a^l) < 0$

Optimaler Vertrag, falls beide Maße x und y verifizierbar wären
$s^{hh} = 58.828, \quad s^{hl} = 54.352$
$s^{lh} = 57.191, \quad s^{ll} = 21.809$
$E(s)_{xy} = 53.586$

Optimaler hybrider Vertrag:
$s^h = 54.352, \quad s^l = 21.809$
$b^{hh} = 4.476, \quad b^{lh} = 35.382 = b^{max}$
$b^{hl} = b^{ll} = 0$
$E(s)_{xy} = 53.586 \quad \rightarrow EU^P{}_{xy} = 2.414$

Realisierbarkeit des hybriden Vertrages:
$$falls\ i \leq \frac{\left(E(x|a^h) - E(s)_{xy}\right)}{b^{max}} = \frac{(56.000 - 53.586)}{35.382} = 0{,}0682 = 6{,}82\%$$

In Beispiel I bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h führt der optimale hybride Gleichgewichtsvertrag auf Basis beider Maße x und y zu einem erwarteten, einperiodigen Nettoüberschuss des Prinzipals von: $EU^P{}_{xy} = 15.314$, wobei der Diskontierungszinssatz des Prinzipals aber nicht größer sein darf als $i = 8{,}68\%$, sonst bleibt als Rückzugsposition nur der rein formale Vertrag für a^h mit einem erwarteten Nettoüberschuss von

$EU^P(a^h)_x = 12.719$. In Beispiel II wurde der Disnutzen $C(a^h) = c_h$ im Vergleich zu Beispiel I von 50 auf 70 angehoben, so dass die Rückzugsposition nur ein rein expliziter Vertrag bei a^l darstellt. Der hybride Vertrag ist hier bis zu einem Diskontierungszinssatz von 11% möglich und führt zu: $EU^P{}_{xy} = 6.255$, wohingegen der rein explizite Vertrag nur einen erwarteten Überschuss von $EU^P(a^l) = 1.500$ impliziert. In Beispiel III ist nun der Reservationsnutzen im Vergleich zu Beispiel I von 150 auf 180 erhöht, so dass als Rückzugsposition nur eine Produktionseinstellung bleibt. Der hybride Vertrag mit: $EU^P{}_{xy} = 2.414$ ist möglich, sofern $i \leq 6{,}82\%$.

Eine Analyse zur **Realisierbarkeit des optimalen hybriden Vertrages** bei stochastischer Abhängigkeit und auch bei stochastischer Unabhängigkeit von x und y gestaltet sich aus verschiedenen Gründen sehr schwierig. Ein Hauptproblem liegt darin, dass der mit dem hybriden Vertrag erzielte einperiodige Erwartungsnutzen des Prinzipals zwar vorwiegend vom Informationsgehalt der Performancemaße bzgl. des Arbeitseinsatzes im Sinne von Satz 2.7 (siehe S. 49) abhängt, sich dieser Informationsgehalt aber nicht eindeutig quantifizieren lässt. Im hier betrachteten diskreten Modell ist das Maß y in Gegenwart von x informativ über den Arbeitseinsatz, wenn sich die bedingten Wahrscheinlichkeiten von y gegeben x in mindestens einem Fall für den hohen und niedrigen Arbeitseinsatz unterscheiden (vgl. Definition 2.2, S. 52). Insofern könnte die Höhe der Differenz von $f(y^q|x^p, a^h)$ und $f(y^q|x^p, a^l)$ ein Indikator für den Informationsgehalt des Signals y in Gegenwart von x sein. Bezogen auf das einzelne Performancemaß, z. B. wenn nur eines (z. B. nur x) zur Anreizgestaltung zur Verfügung steht, ist der Informationsgehalt von x bzgl. a über die Differenz der Einzelwahrscheinlichkeiten bei hohem und niedrigem Arbeitseinsatz geprägt. Eine höhere Differenz von $f(x^h|a^h)$ sowie $f(x^h|a^l)$ war hier gleichbedeutend mit einem höheren Informationsgehalt von x bzgl. des Arbeitseinsatzes.[232] Schließlich beeinflusst auch die Varianz den Informationsgehalt der Signale. Eine geringere Differenz von z. B. $f(x^h|a^h)$ und $f(x^l|a^h)$ impliziert eine höhere Varianz bzw. geringere Präzision von x beim hohen Arbeitseinsatz (vgl. (5.69), S. 224). Je präziser ein Performancemaß ist, desto höher sollte sein Informationsgehalt sein. Hier gibt es somit mehrere, sich gegenseitig überlagernde Effekte, die es schwer machen, einen Ausgangspunkt für die komparative Statik zu wählen und die erzielten Ergebnisse zu analysieren. Ein weiteres großes Problem liegt darin, dass sich aus den vier möglichen Boni i. d. R. der maximale Bonus nicht allgemein bestimmen lässt. Insofern gibt es auch keine Bestimmungs-

[232] Vgl. Abschnitt 5.3.2.1; Rajan/Reichelstein (2009), S. 216.

gleichung für den größtmöglichen Diskontierungszinssatz, die man mittels komparativer Statik untersuchen könnte.

Die Probleme können am Beispiel **einer Untersuchung zur Präzision des nichtverifizierbaren Maßes** verdeutlicht werden. Dabei soll analysiert werden, wie sich die Verbesserung des subjektiven Maßes auf die Gestalt und Realisierbarkeit des optimalen hybriden Vertrages auswirkt. Mit dem Anstieg der Randwahrscheinlichkeit $f(y^h|a^h)$ soll geprüft werden, wie sich eine Annäherung an den Grenzfall einer für a^h perfekt präzisen, nichtverifizierbaren Größe (d. h. $f(y^h|a^h) = 1$) auf die Realisierbarkeit des optimalen, hybriden Vertrages auswirkt, wobei aber im Unterschied zu der Annahme im vorherigen Abschnitt 5.3 gilt, dass $f(y^h|a^l) \neq 0$. Bei stochastisch abhängigen Maßen verändert ein Anstieg der Einzelwahrscheinlichkeit des nichtverifizierbaren Signals auch die gemeinsamen und bedingten Wahrscheinlichkeiten bezogen auf das verifizierbare Maß, falls man die Einzelwahrscheinlichkeit und damit die Präzision des objektiven Signals konstant halten möchte. Bei der numerischen Analyse in Tabelle 5.4 wurde so vorgegangen, dass mit einem Anstieg von $f(y^h|a^h)$ von 0,6 (siehe Zeile 8, Spalte (1) in Tabelle 5.4) auf 0,958 (Spalte (6)) die folgenden Wahrscheinlichkeiten und ihre Gegenwahrscheinlichkeiten konstant gehalten wurden:

$f(x^h|a^h),\ f(x^h|a^l),\ f(y^h|a^l)$

$f(y^h|x^l, a^h),\ f(y^h|x^l, a^l)$

Aus diesen Wahrscheinlichkeiten wurden fast alle gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten gemäß der Rechenregel für bedingte Wahrscheinlichkeiten:

$f(x^p, y^q|a) = f(y^q|x^p, a) \cdot f(x^p|a)$

ermittelt. Einzig die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten $f(x^h, y^h|a)$ für a^h und a^l wurden bei der Variation der Wahrscheinlichkeit $f(y^h|a^h)$ in Tabelle 5.4 wie folgt angepasst: $f(x^h, y^h|a) = f(y^h|a) - f(x^l, y^h|a)$. Diese variieren somit ebenfalls mit einem Anstieg von $f(y^h|a^h)$. Außerdem wurden für die Untersuchung in Tabelle 5.4 die folgenden Eingangswerte verwendet:

(Verifizierbares) Ergebnis: $x^h = 90.000; x^l = 0$
Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 150$

Die Entlohnung des rein expliziten Vertrages $E(s)_x$ ist unabhängig von der Änderung des nichtverifizierbaren Maßes, so dass der Wert $E(s)_x = 46.667$ konstant bleibt (siehe Zeile 20) und zu einem erwarteten Nutzen von $EU^P(a^h)_x = 7.333$ pro Periode führt. Dieser ist höher als der Erwartungsnutzen bei a^l: $EU^P(a^l) = 4.500$, der sich aufgrund von $s^{FB}(a^l) = 22.500$ ergibt, so dass in den in Tabelle 5.4 betrachteten Zahlenbeispielen der rein explizite Vertrag auf Basis von a^h die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs darstellt, denn $EU^P(a^h)_x > EU^P(a^l)$. Die Formel für die Berechnung des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes zur Analyse der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages (vgl. Zeile 22 in Tabelle 5.4) ergibt sich nach Einsetzen von b^{max} gem. (5.20) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (5.3) wie folgt:

$$i_{max} = \frac{(E(s)_x - E(s)_{xy})}{b^{max}} \tag{5.78}$$

Diese Formel wurde auch schon in Beispiel I (siehe oben) verwendet. Der Zähler von i^{max} in (5.78) repräsentiert hier wieder die Kosteneinsparung (in Form der eingesparten Entlohnungskosten) des hybriden Vertrages basierend auf x und y im Vergleich zum rein expliziten Vertrag auf Basis von x: $KE \equiv E(s)_x - E(s)_{xy}$. Eine ausführlichere Übersicht zu den Beispielen in Tabelle 5.4, ergänzt um weitere Zahlenbeispiele befindet sich im Anhang.

	Eingangswerte: Einzelwahrsch. obj. Maß	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	f(xh/ah)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
2	f(xh/al)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3	Bedingte Wahrsch.						
4	f(yh/xh,ah)	0,40	0,57	0,73	0,98	0,99	0,997
5	f(yh/xh,al)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
6	f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	-0,47	-0,30	-0,13	0,12	0,12	0,130
7	Einzelwahrsch. subj. Maß						
8	f(yh/ah)	0,6	0,7	0,8	0,95	0,951	0,958
9	f(yl/ah)	0,4	0,3	0,2	0,05	0,049	0,042
10	f(yh/al)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
11	f(yl/al)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
12	Lösung hybrider Vertrag						
13	sh	39.768	40.661	41.168	32.068	30.989	6.134
14	sl	11.985	11.761	11.644	11.954	12.002	13.630
15	bhh	0,0	0,0	0,0	9507,2	10585,3	35326,7
16	bhl	2745,9	1765,0	985,8	0,0	0,0	0,0
17	blh	29734,9	29978,5	30106,5	29769,5	29716,7	27951,0
18	bll	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40348,2	40352,1	40354,2	40348,7	40347,9	40320,2
20	E(Entl/explV)=E(s)x	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7
21	Kosteneinsparung	6318,5	6314,5	6312,5	6317,9	6318,8	6346,5
22	**max. Diskontierungssatz**	**21,25%**	**21,06%**	**20,97%**	**21,22%**	**21,26%**	**17,97%**

Tabelle 5.4: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes bei konstanten Einzelwahrscheinlichkeiten für die Realisierungen des verifizierbaren Maßes

Die **Auswertung von Tabelle 5.4** beginnt mit der Betrachtung des maximalen Bonus. Entsprechend der Lösung in (5.17) (vgl. S. 209) sind die Werte für zwei der vier möglichen Boni auf null festgesetzt (siehe Zeilen 15-18). Der größte Bonus, der für die Berechnung von i^{max} relevant ist, ist in den Spalten (1)-(5) der Bonus b^{lh}, aber bei einem Anstieg von $f(y^h|a^h)$ auf 0,958 (siehe Spalte (6)), nimmt der Bonus b^{hh} den höchsten Wert an, so dass er in die Berechnung des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes eingeht. Die Entlohnung des hybriden Vertrages $E(s)_{xy}$ (siehe Zeile 19) und dadurch auch die Kosteneinsparung (s. Zeile 21) haben einen kurvenhaften Verlauf. Der Betrag der Differenz der bedingten Wahrscheinlichkeiten von $f(y^h|x^h, a^h)$ und $f(y^h|x^h, a^l)$ könnte hier ein Indikator für den Informationsgehalt von y in Gegenwart von x sein, wobei der Informationsgehalt außerdem in der Kosteneinsparung (welche die Vorteilhaftigkeit des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrag repräsentiert) zum Ausdruck kommt. Allerdings ist aber bei der Differenz von 0,12 (siehe Spalte (5), Zeile 6) die Kosteneinsparung größer als bei -0,13 (vgl. Spalte (3)): 6.318,8 > 6.312,5 (vgl. Zeile 21), denn da spielt vermutlich noch die Änderung der Varianz (und somit hier der Differenz: $f(y^h|a^h) - f(y^l|a^h)$) mit eine Rolle. Die Varianz ist bei $f(y^h|a^h) = 0{,}951$ (Spalte (5) nämlich geringer als bei $f(y^h|a^h) = 0{,}8$ (vgl. (5.69), S. 224), so dass sich wahrscheinlich darüber die größere Kosteneinsparung erklärt. Der maximal mögliche Diskontierungssatz (siehe letzte Zeile in Tabelle 5.4) sinkt anfangs (siehe Spalten (1)-(3)), dann steigt er, um anschließend erneut zu fallen. Bei den hier betrachteten Beispielen ist der Zinssatz für: $f(y^h|a^h) = 0{,}6$ (s. Spalte (1)) mit 21,25 % am höchsten, da hier eine hohe Kosteneinsparung erreicht und nur ein vergleichsweise geringer Bonus vorgesehen wird. Insgesamt ist kein Trend auszumachen, dem der maximal mögliche Diskontierungszinssatz mit einem Anstieg der Präzision des subjektiven Maßes y folgen könnte. Das liegt v. a. daran, dass nicht immer derselbe der vier Boni mit einer Änderung von $f(y^h|a^h)$ auch der maximale Bonus bleibt, sondern ein Wechsel von b^{lh} zu b^{hh} stattfindet (siehe Zeilen 15-16). Hier erübrigt sich eine Auswertung für die anderen Rückzugspositionen, da diese auch keine allgemein gültigen Aussagen ermöglichen. Die Analyse in Tabelle 5.4 zeigt, dass die komparative Statik des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes anders als in Abschnitt 5.3 hier v. a. aufgrund der möglichen Wechsel des maximalen Bonus zu keinen verwertbaren Ergebnissen führen würde. Darum soll im Folgenden nur eine kurze verbale Einschätzung gegeben und eine knappe numerische Analyse mit Excel durchgeführt werden. Zuvor sollen aber noch für die anderen beiden Rückzugspositionen die Formeln zur Berechnung des größtmöglichen Diskontierungszinssatzes angegeben werden. Bei der **Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei**

niedrigem Arbeitseinsatz ergibt sich i^{max} nach Substitution von b^{max} gem. (5.20) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (5.5) folgendermaßen:

$$i_{max} = \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (E(s)_{xy} - s^{FB}(a^l))}{b^{max}} \tag{5.79}$$

Für die **Rückzugsposition Produktionseinstellung** wird dann analog b^{max} gem. (5.20) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (5.7) substituiert:

$$i_{max} = \frac{\left(E(x|a^h) - E(s)_{xy})\right)}{b^{max}} \tag{5.80}$$

Beide Formeln (5.79) und (5.80) wurden schon bei der Berechnung der obigen Zahlenbeispiele in Beispiel II und III verwendet.

Einfluss der Präzision des verifizierbaren Performancemaßes x

Die eigentliche numerische Analyse soll mit einer Untersuchung zum Einfluss der Präzision der verifizierbaren Beurteilungsgröße beginnen. Dabei wird geprüft, wie sich ein Anstieg der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ auf die einzelnen Vertragsparameter sowie den maximal möglichen Diskontierungszinssatz und damit die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages auswirkt. Wie bereits in Abschnitt 5.3 erläutert, erhöht ein Ansteigen von: $f(x^h|a^h)$ die Präzision von x, sofern $f(x^h|a^h) > \frac{1}{2}$, da sich dann mit einer Zunahme von $f(x^h|a^h)$ auch die Differenz von $f(x^h|a^h)$ sowie $f(x^l|a^h)$ erhöht und die Varianz sinkt (vgl. (5.69)). Im weiteren Verlauf beschränkt sich die Untersuchung auf diese Fälle (d. h. $f(x^h|a^h) > \frac{1}{2}$). Außerdem wird mit einer Zunahme von $f(x^h|a^h)$ auch die Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ und dadurch der Informationsgehalt von x bzgl. a erhöht. Die **Einschätzung der möglichen Auswirkungen einer Erhöhung von $\boldsymbol{f(x^h|a^h)}$** auf den hybriden Vertrag bei stochastisch abhängigen Größen orientiert sich an den Ergebnissen des in Punkt 5.3 untersuchten hybriden First-best-Vertrages bei einem perfekt präzisen, subjektiven Maß y. Von besonderem Interesse ist hier, inwieweit die in Abschnitt 5.3 erzielten Ergebnisse auch für eine stochastische, subjektive Beurteilungsgröße gelten oder ob sie allein von der Annahme der perfekten Präzision von y getrieben sind. Beim FB-Vertrag führte bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages (bei a^h) die durch einen Anstieg von $f(x^h|a^h)$ erzielte Verbesserung des verifizierbaren Maßes (durch die höhere Präzision und den größeren Informationsgehalt) und damit der Effektivität des rein expliziten Vertrages zu einer Verschlechterung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages (vgl. Satz 5.5, S. 227), da sich dadurch die Rückzugsposition des Prinzipals verbesserte. Dieses Resultat müsste allgemein gelten. Wenn y ebenfalls wie x eine unpräzise, stochastische Größe ist, wird der hybride Vertrag nicht mehr allein nur auf y, sondern i. d. R. auf beiden Maßen beruhen (außer im Spezialfall, wenn y gegeben x nicht informativ bzgl. a wäre). Deswegen beeinflusst eine Erhöhung von $f(x^h|a^h)$ nicht nur den rein formalen Vertrag, der die Rückzugsposition darstellt, sondern auch den hybriden Vertrag. Der rein formale Vertrag wird durch eine Erhöhung von $f(x^h|a^h)$ immer verbessert (vgl. (5.55), S. 223) und auch der hybride Vertrag könnte effektiver werden (im Sinne eines höheren Erwartungsnutzens für den Prinzipal). Hier liegt die Vermutung nahe, dass trotz einer Verbesserung des hybriden Vertrages, die Effektivitätserhöhung des rein formalen Vertrages größer als die des hybriden Vertrages ausfällt. Aufgrund dieser Verbesserung der Rückzugsposition des Prinzipals wird die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages auch bei einem unpräzisen y höchstwahrscheinlich durch den Anstieg von $f(x^h|a^h)$ beeinträchtigt werden. Diese Vermutung sollte dann im nächsten Schritt mittels einer numerischen Analyse von Zahlenbeispielen geprüft werden. Bei den Rückzugspositionen rein expliziter Vertrag bei a^l oder einer Produktionseinstellung, spielt die Effektivität des rein expliziten Vertrages bei a^h keine Rolle. Das objektive Maß hat hier ebenfalls keinen Einfluss auf die optimalen Entlohnungszahlungen des hybriden FB-Vertrages, da es nicht Bestandteil des Vertrages ist (vgl. (5.46), S. 214). Die Realisierbarkeit wird allerdings trotzdem von x beeinflusst, da eine Steigerung des Erwartungswertes von x als Zielgröße des Prinzipals dessen Erwartungsnutzen erhöht. Eine Zunahme von $f(x^h|a^h)$ erhöhte beim hybriden FB-Vertrag die Realisierbarkeit (vgl. Satz 5.6, S. 234). Bei unpräzisem y wird der hybride Vertrag typischerweise auf beide Maße x und y konditionieren. Eine Erhöhung der Präzision von x könnte jetzt auch den hybriden Vertrag verbessern, sofern dadurch der Informationsgehalt von x gegeben y erhöht wird. Außerdem wird hier wie beim FB-Vertrag mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ das erwartete Ergebnis $E(x|a^h)$ erhöht, wodurch die Realisierbarkeit verbessert werden müsste. Auch diese Vermutung sollte dann anhand von Zahlenbeispielen geprüft werden.

Die **numerische Analyse** zum Einfluss einer Erhöhung der Präzision von x erfolgte mit MS Excel 2007. Die Berechnungen stützen sich, wie bereits erwähnt, auf die in (5.16)-(5.20) (vgl. S. 209, Abschnitt 5.2) hergeleiteten Ergebnisse, wobei hier wie zuvor wieder angenommen wird, dass der Agent eine Wurzelnutzenfunktion der folgenden Form hat: $u(s) = \sqrt{s}$. Wie in Tabelle 5.4 werden auch in Tabelle 5.5 anders als im Optimierungsproblem in (5.8)-(5.10) statt der gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten die bedingten und Einzel-Wahrscheinlichkeiten angegeben. Im Unterschied zu der Berechnung in Tabelle 5.4 werden nun bei der Variation der Einzelwahrscheinlichkeit (in dem Fall $f(x^h|a^h)$, vgl. Zeile 1 in Tabelle 5.5) die bedingten Wahrscheinlichkeiten $f(y^q|x^p, a)$ konstant gehalten. Das hat den Vorteil, dass sich mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$ der Informationsgehalt von x bzgl. a erhöht. Andernfalls würden sich die Differenzen der bedingten Wahrscheinlichkeiten ändern, wodurch ein gegenläufiger Effekt auftreten kann. Die Berechnung ist so gestaltet, dass $f(y^q|x^p, a)$ und $f(x|a^l)$ konstant bleiben und nur $f(x^h|a^h)$ erhöht wird. Dadurch muss sich dann auch die Gegenwahrscheinlichkeit $f(x^l|a^h)$ entsprechend verringern. Insofern variieren die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten: $f(x^p, y^q|a) = f(y^q|x^p, a) \cdot f(x^p|a)$ und außerdem auch die Randwahrscheinlichkeiten des nichtverifizierbaren Maßes: $f(y^q|a) = f(x^h, y^q|a) + f(x^l, y^q|a)$. Doch die Differenz der bedingten Wahrscheinlichkeiten als möglicher Indikator des Informationsgehalts des subjektiven Maßes in Gegenwart des objektiven Maßes bleibt gleich (siehe Zeile 5, Tabelle 5.5). Zusätzlich zu den in Tabelle 5.5 angegebenen Werten wurden noch die folgenden Eingangswerte für die Berechnung der Zahlenbeispiele verwendet:

Monetäres Ergebnis: $x^h = 80.000; x^l = 0$
Persönlichen Kosten aus dem Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 150$
Wahrscheinlichkeiten:
$f(x^h|a^l) = 0{,}3 \quad f(y^h|x^l, a^h) = 0{,}7 \quad f(y^h|x^l, a^l) = 0{,}1$

In Tabelle 5.5 wird die Wahrscheinlichkeit des objektiven Maßes $f(x^h|a^h)$ von 0,55 (s. Zeile 1, Spalte (1)), auf 0,9 erhöht, wobei die Rückzugsposition des Prinzipals bis zu einem Wert von $f(x^h|a^h) = 0{,}6$ ein rein expliziter Vertrag für a^l und ab $f(x^h|a^h) = 0{,}7$ ein rein expliziter Vertrag für a^h darstellt (vgl. Zeile 14 i. V. m. Zeilen 11-12). Bei $f(x^h|a^h) = 0{,}6$ (vgl. Spalte (3), Zeile 1) beträgt der einperiodige Erwartungsnutzen des Prinzipals im Rahmen des rein expliziten Vertrages für a^h: 1.333,3 (s. Zeile 11), wohingegen $EU^P(a^l) = E(x|a^l) - s^{FB}(a^l)$= 0,3*80.000 - 22.500 = 1.500 (vgl. Zeile 12), so dass der rein formale Vertrag zum Induzieren des niedrigen Arbeitseinsatzes hier die Rückzugsposition bildet (siehe Zeile 14), da $EU^P(a^h)_x < EU^P(a^l)$. Eine ausführliche Übersicht zu den Beispielen in Tabelle 5.5, ergänzt um weitere Beispiele für die Rückzugsposition Produktionseinstellung, befindet sich im Anhang.

Bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages auf Basis von x zum Induzieren des hohen Arbeitseinsatzes (siehe Spalten (4) bis (6)) verringert sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz (s. Zeile 24) mit einem Ansteigen von $f(x^h|a^h)$, so dass die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages abnimmt. Die Formel für den größtmöglichen Zinssatz bestimmt sich hier gem. (5.78): $i_{max} = \frac{(E(s)_x - E(s)_{xy})}{b^{max}}$. Man erkennt anhand der erwarteten Entlohnungen $E(s)_{xy}$ und $E(s)_x$ (siehe Zeilen 21 und 22), dass sich beide Verträge verbessern, da die erwartete Entlohnung jeweils sinkt. Allerdings profitiert der rein explizite Vertrag stärker von der Zunahme von $f(x^h|a^h)$, denn die Kosteneinsparung (s. Zeile 23) reduziert sich und mit ihr die relative Vorteilhaftigkeit des hybriden im Vergleich zum rein expliziten Vertrag. Durch diese Verbesserung der Rückzugsposition wird in diesem Beispiel genauso wie beim hybriden FB-Vertrag in Punkt 5.3 und im Modell von BGM (1994) die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages beschränkt.

	Eingangswerte:	**(1)**	**(2)**	**(3)**		**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Einzelwahrsch. obj. Maß							
1	f(xh/ah)	0,55	0,58	0,6		0,7	0,8	0,9
2	f(xl/ah)	0,45	0,42	0,4		0,3	0,2	0,1
	Bedingte Wahrsch.							
3	f(yh/xh,ah)	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
4	f(yh/xh,al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
5	f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	0,40	0,40	0,40		0,40	0,40	0,40
	Einzelwahrsch. subj. Maß							
6	f(yh/ah)	0,59	0,584	0,58		0,56	0,54	0,52
7	f(yl/ah)	0,41	0,416	0,42		0,44	0,46	0,48
8	f(yh/al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
9	f(yl/al)	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9
10	E(x/ah)	44.000	46.400	48.000		56.000	64.000	72.000
	Lösung hybrider Vertrag							
11	EUP (expl. V./ah)	-5.900,0	-1.367,9	1.333,3		12.718,8	22.400,0	31.375,0
12	EUP (expl. V./al)	1.500	1.500	1.500		1.500	1.500	1.500
13	EUP (hybr. Vertrag)	2.875,9	5.367,4	7.027,6		15.314,0	23.571,5	31.799,4
14	**Rückzugsposition**	**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.al**		**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**
15	sh	40.164	40.572	40.782		41.264	41.122	40.644
16	sl	13.821	13.781	13.770		13.848	14.063	14.345
17	bhh	8249,6	7177,1	6525,8		3910,9	2111,8	867,2
18	bhl	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
19	blh	33479,4	32759,8	32276,7		29894,5	27669,3	25655,4
20	bll	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
21	E(Entl/hybrV)=E(s)xy	41124,1	41032,6	40972,4		40686,0	40428,5	40200,6
22	E(Entl/expV)=E(s)x	49900,0	47767,9	46666,7		43281,2	41600,0	40625,0
23	Kosteneinsparung	8775,9	6735,3	5694,3		2595,2	1171,5	424,4
24	**max. Diskontierungssatz**	**4,11%**	**11,81%**	**17,13%**		**8,68%**	**4,23%**	**1,65%**

Tabelle 5.5: Einfluss der Präzision des verifizierbaren Maßes

Bei der Rückzugsposition eines expliziten Vertrages bei a^l (siehe Spalten (1)-(3), in Tabelle 5.5) verbessert ein Anstieg von $f(x^h|a^h)$ einerseits den Erwartungswert $E(x|a^h)$ (siehe Zeile 10), so dass $i_{max} = \frac{(E(x|a^h) - E(x|a^l)) - (E(s)_{xy} - s^{FB}(a^l))}{b^{max}}$ gem. (5.79) und damit die Realisierbarkeit steigen (siehe Zeile 24). Andererseits resultiert die Erhöhung von i_{max} aber anders als beim hybriden FB-Vertrag auch noch aus einer Reduzierung der Entlohnung $E(s)_{xy}$ sowie des maximalen Bonus: $b^{max} = b^{lh}$. Hier kann ähnlich wie bei BGM (1994) (vgl. Abschnitt 3.2.1) der hybride Vertrag bzw. dessen Realisierbarkeit von einer Erhöhung der Genauigkeit des objektiven Maßes profitieren. Gleiches gilt auch für die Rückzugsposition einer Produktionseinstellung (siehe Anhang).

Einfluss der Kosten des Disnutzens bei hohem Arbeitseinsatz

Bei der Analyse in Abschnitt 5.3 stellte sich heraus, dass bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h eine Zunahme von c_h die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages erhöhte, da sich dadurch die Effektivität des formalen Vertrages und somit die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung verschlechterte (vgl. Satz 5.5, S. 227). Es erhöhte sich nämlich die Kosteneinsparung mit einer Steigerung von c_h. Denn die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages stieg wegen der inbegriffenen Risikoprämie stärker mit c_h als die erwartete Entlohnung des hybriden FB-Vertrages. Dieses Resultat ist sicherlich nicht durch die Annahme der perfekten Präzision des nichtverifizierbaren Maßes getrieben, sondern müsste allgemein gelten. Da der optimale hybride Vertrag bei Einbezug von y effektiver ist als der rein explizite Vertrag nur auf Basis von x (andernfalls entspräche der hybride Vertrag dem rein formalen Vertrag, da er nicht auf y konditioniert wäre), wird eine Zunahme von c_h die Entlohnung des rein expliziten Vertrages aufgrund der höheren Risikoprämie immer stärker erhöhen als die des hybriden Vertrages. Dadurch steigt die Kosteneinsparung, wodurch sich die Realisierbarkeit verbessert. Die Bonushöhe könnte wie beim hybriden FB-Vertrag mit c_h zunehmen (aber durch einen Wechsel von b^{max} zwischen den Boni wäre ggf. auch ein Absinken möglich), wobei auch hier anzunehmen ist, dass deren Effekt wie beim hybriden FB-Vertrag vom Effekt der Kosteneinsparung übertroffen wird. Bei den anderen beiden Rückzugspositionen führte eine Zunahme von c_h beim hybriden FB-Vertrag zu einer Reduzierung des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes und damit der Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages (vgl. Satz 5.6, S. 234), da sich mit einem Anstieg von c_h der implizite Bonus erhöhte. Für ein risikobehaftetes, subjektives Maß wäre zu erwarten, dass ein Ansteigen von c_h zu einer Erhöhung der erwarteten

Entlohnung des hybriden Vertrages und des maximalen Bonus führt und somit auch hier die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages beschränkt.

Die **numerische Analyse** zum Einfluss der Kosten des Disnutzens c_h ist Tabelle 5.6 zu entnehmen. Hier wird c_h von 50 auf 76 angehoben, wobei bis zu $c_h = 65$ die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h (siehe Spalten (1)-(3)) und von 70 bis 76 bei a^l (vgl. Spalten (4)-(6)) gilt. Eine ausführlichere Übersicht mit ergänzenden Beispielen für die Rückzugsposition Produktionseinstellung befindet sich wiederum im Anhang. Die nicht in Tabelle 5.6 angegebenen Eingangswerte sind die gleichen wie in Tabelle 5.5 und die angenommenen Wahrscheinlichkeiten entsprechen denen für das Beispiel in Spalte (4) in Tabelle 5.5. Das Zahlenbeispiel von Spalte (4) in Tabelle 5.5 ist in Tabelle 5.6 noch einmal in Spalte (1) aufgeführt.

	Eingangswerte:	**(1)**	**(2)**	**(3)**		**(4)**	**(5)**	**(6)**
1	Disnutzen ch	50	60	65		70	75	76
	Lösung hybrider Vertrag							
2	EUP (expl. V./ah)	12.719	7.175	4.230		1.169	-2.008	-2.657
3	EUP (expl. V./al)	1.500	1.500	1.500		1.500	1.500	1.500
4	EUP (hybr. Vertrag)	15.314	10.912	8.616		6.255	3.831	3.339
5	**Rückzugsposition**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.al**
6	sh	41.264	45.695	47.995		50.351	52.764	53.253
7	sl	13.848	12.368	11.660		10.972	10.305	10.175
8	bhh	3910,9	4954,2	5508,6		6084,7	6682,6	6804,7
9	bhl	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
10	blh	29894,5	36462,3	39819,8		43226,4	46682,0	47379,0
11	bll	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
12	E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40686,0	45087,9	47384,4		49744,6	52168,6	52661,0
13	E(Entl/expV)=E(s)x	43281,2	48825,0	51770,3		54831,3	58007,8	58657,0
14	Kosteneinsparung	2595,2	3737,1	4385,9		5086,6	5839,3	5996,0
15	**max. Diskontierungssatz**	**8,68%**	**10,25%**	**11,01%**		**11,00%**	**4,99%**	**3,88%**

Tabelle 5.6: Einfluss der Kosten des Disnutzens des hohen Arbeitseinsatzes

Bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages bei a^h (vgl. Spalten (1)-(3) in Tabelle 5.6) erhöht sich $i_{max} = \frac{(E(s)_x - E(s)_{xy})}{b^{max}}$ (vgl. Zeile 15) mit der Zunahme von c_h (vgl. Zeile 1). Hier steigt nämlich die Kosteneinsparung: $KE = E(s)_x - E(s)_{xy}$ (vgl. Zeile 14), da sich die erwartete Entlohnung des rein expliziten Vertrages (vgl. Zeile 13) stärker mit c_h erhöht als die des hybriden Vertrages (vgl. Zeile 12) und übertrifft den gegenläufigen Effekt des Anstiegs von $b^{max} = b^{lh}$ (siehe Zeile 10), so dass die Realisierbarkeit insgesamt steigt. Hier ergibt sich wieder ein ähnliches Ergebnis wie bei BGM (1994), dass Effektivitätsverschlechterungen des rein formalen Vertrages (in diesem Fall allerdings durch den höheren Disnutzen c_h) die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessern.[233] Bei den beiden anderen Rückzugspositionen spielt dagegen $E(s)_x$ keine Rolle für die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Hier verringert sich i_{max} mit einer Zunahme von c_h aufgrund der Steigerung der erwarteten Gesamtentlohnung des hybriden Vertrages $E(s)_{xy}$ (vgl. Zeile 12) sowie des maximalen Bonus (vgl. Zeile 10).

Einfluss des Reservationsnutzens des Agenten

Bei Annahme eines perfekt präzisen, subjektiven Maßes schränkte eine Erhöhung des Reservationsnutzens auch bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h die Realisierbarkeit des hybriden FB-Vertrages ein, da dies zu einer Zunahme der Bonushöhe führte (vgl. Abschnitt 5.3). Das war anders als in den Untersuchungen mit einem risikoneutralen Agenten (vgl. Abschnitt 3.2) sowie beim LEN-Modell in Kapitel 4, weil bei Annahme einer Wurzelnutzenfunktion des Agenten seine Präferenzen von seinem Wohlstand abhängen (vgl. Abschnitt 2.2.3, Fußnote 124, S. 47) und somit die Höhe der optimalen Gesamtentlohnungen und die Höhe der optimalen Boni auch vom Reservationsnutzen beeinflusst werden. Dieser Umstand ist unabhängig von der perfekten Präzision des nichtverifizierbaren Maßes, so dass auch bei einem stochastischen y ein Anstieg von U^R zur Erhöhung der erwarteten Entlohnungen beider Verträge und auch des maximalen Bonus und damit zu einer Einschränkung der Realisierbarkeit des hybriden Vertrages führen sollte. Bei den anderen beiden Rückzugspositionen müsste diese Einschränkung genau wie beim hybriden FB-Vertrag in Punkt 5.3 noch deutlicher ausfallen, da nicht mehr die relative Vorteilhaftigkeit im Vergleich zum rein formalen Vertrag ausschlaggebend ist, sondern die Erhöhung der Gesamtentlohnung des hybriden Vertrages direkt den maximal möglichen Diskontierungssatz reduziert. Bei der **numerischen Analyse** zum Einfluss des Reservationsnutzens, die in Tabelle 5.7 dargestellt ist, wurden wieder die gleichen Eingangswerte wie für Tabelle 5.5 verwendet und die angenommenen Wahrscheinlichkeiten sind ebenfalls die gleichen wie im Beispiel in Spalte (4) von Tabelle 5.5. Hier wird nun untersucht, wie sich ein Anstieg des Reservationsnutzens von $U^R = 150$ (siehe

[233] Der Einfluss der Kosten aus dem Disnutzen wurde im Modell von BGM (1994) nicht analysiert, da der Parameter c dort die marginale Veränderung der Grenzkosten darstellt und die Kosten auch noch von der Höhe des als stetige Variable modellierten Arbeitseinsatzes abhängen (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Zeile 1, Spalte (1)) auf $U^R = 185$ (Spalte (6)) auf den maximal möglichen Diskontierungssatz auswirkt, wobei bis zu einem Reservationsnutzen von 170 ein rein expliziter Vertrag bei a^h die Rückzugsposition bildet und danach nur noch eine Produktionseinstellung bleibt (vgl. Zeile 5 i. V. m. Zeilen 2-4). Im Anhang steht noch eine ausführlichere Version von Tabelle 5.7 mit weiteren Angaben und ergänzenden Beispielen, auch zur Rückzugsposition des formalen Vertrages bei a^l, zur Verfügung. Die Zahlenbeispiele in den Spalten (1) bis (3) zeigen, dass bei einer Erhöhung von U^R bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages bei a^h, die Kosteneinsparung (s. Zeile 14) konstant bleibt, da die erwarteten Entlohnungen beider Verträge mit einer Zunahme von U^R in gleichem Maße steigen (vgl. Zeile 12 und 13). Trotzdem sinkt der maximale Diskontierungssatz von 8,68 % (Spalte (1), Zeile 15) auf 7,73 % (Spalte (3)). Dies resultiert, wie erwartet, aus einer Erhöhung des maximalen Bonus, in dem Fall: $b^{max} = b^{lh}$ von 29.895 auf 33.553. Weitere Untersuchungen hatten hier gezeigt, dass der maximale Bonus auch z. B. von b^{lh} zu b^{hh} springen kann, aber auch solche Wechsel trotzdem immer mit einer Zunahme der Bonushöhe verbunden waren.

	Eingangswerte:	**(1)**	**(2)**	**(3)**		**(4)**	**(5)**	**(6)**
1	Reserv.nutzen U	150	160	170		180	183	185
	Lösung hybrider Vertrag							
2	EUP (expl. V./ah)	12.719	8.619	4.319		-181	-1.570	-2.506
3	EUP (expl. V./al)	1.500	-1.600	-4.900		-8.400	-9.489	-10.225
4	EUP (hybr. Vertrag)	15.314	11.214	6.914		2.414	1.025	89
5	**Rückzugsposition**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**
6	sh	41.264	45.427	49.790		54.352	55.760	56.709
7	sl	13.848	16.301	18.955		21.809	22.704	23.310
8	bhh	3910,9	4099,0	4287,2		4475,4	4531,8	4569,4
9	bhl	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
10	blh	29894,5	31723,9	33553,3		35382,7	35931,5	36297,4
11	bll	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
12	E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40686,0	44786,0	49086,0		53586,0	54975,0	55911,0
13	E(Entl/expV)=E(s)x	43281,2	47381,3	51681,3		56181,3	57570,3	58506,3
14	Kosteneinsparung	2595,2	2595,2	2595,2		2595,2	2595,2	2595,2
15	**max. Diskontierungssatz**	**8,68%**	**8,18%**	**7,73%**		**6,82%**	**2,85%**	**0,25%**

Tabelle 5.7: Einfluss des Reservationsnutzens des Agenten

Bei der Rückzugsposition einer Produktionseinstellung berechnet sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz gem. (5.80) mit: $i_{max} = \frac{(E(x|a^h) - E(s)_{xy})}{b^{max}}$. Mit einer Erhöhung von $U^R = 180$ auf 185 fällt i_{max} von 6,82% auf 0,25 % (vgl. Zeile 15, Spalten (4)-(6)). Dies ist auf den Anstieg von b^{max} (siehe Zeile 10) sowie $E(s)_{xy}$ (Zeile 12) zurückzuführen, so dass die Realisierbarkeit hier (wie auch bei der Rückzugsposition des formalen Vertrages bei a^l, siehe Anhang), wie vermutet, in größerem Maße eingeschränkt wird als bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei a^h.

Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Performancemaßes y

Die Untersuchung in Punkt 5.3 bezog sich auf eine perfekt präzise, subjektive Beurteilungsgröße mit $f(y^h|a^h) = 1$ und $f(y^h|a^l) = 0$, so dass der resultierende hybride Vertrag zur First-best-Lösung führte. Wenn y nun nicht mehr als perfekt präzise angenommen wird, sondern beide Beurteilungsgrößen y und x stochastisch voneinander abhängen, kann ein Anstieg von $f(y^h|a^h)$ nicht isoliert beurteilt werden. Dies zeigen die Zahlenbeispiele in Tabelle 5.4, wo ein Anstieg von $f(y^h|a^h)$ bereits schon einmal untersucht wurde. Dabei wurden allerdings die Wahrscheinlichkeiten so angepasst, dass der Informationsgehalt von y uneinheitlich verändert wurde und kein Einfluss auf die Realisierbarkeit erkennbar war. Es gilt allgemein, dass, wenn sich der Informationsgehalt von y in Gegenwart von x bzgl. a verbessert, der hybride Vertrag davon profitieren sollte. Denn dann sinkt die Gesamtentlohnung des hybriden Vertrages. Die Rückzugsposition sollte hiervon unbeeinflusst bleiben, da die Entlohnung des rein formalen Vertrages bei a^h von einer Zunahme von $f(y^h|a^h)$ an sich nicht tangiert wird. Die nachfolgende **numerische Untersuchung** (siehe Tabelle 5.8) orientiert sich an der Analyse zum Einfluss der Präzision des verifizierbaren Maßes x (siehe Tabelle 5.5). Auch hier werden jetzt im Unterschied zur Analyse in Tabelle 5.4 die bedingten Wahrscheinlichkeiten bei der Variation von $f(y^h|a^h)$ (siehe Zeile 6) konstant gehalten. Die gemeinsamen Wahrscheinlichkeiten bestimmen sich gem. der Formel: $f(x^p, y^q|a) = f(x^p|y^q, a) \cdot f(y^q|a)$. Neben $f(x^p|y^q, a)$ bleibt auch $f(y|a^l)$ unverändert, aber es lässt sich nicht vermeiden, dass sich die Einzelwahrscheinlichkeiten des objektiven Maßes gem. $f(x^p|a) = f(x^p, y^h|a) + f(x^p, y^l|a)$ mit dem Anstieg von $f(y^h|a^h)$ ebenfalls leicht anpassen (vgl. Zeilen 1 und 2). Allerdings bleibt die Differenz der bedingten Wahrscheinlichkeiten (siehe Zeile 5) als ein Indikator für den Informationsgehalt des nichtverifizierbaren Maßes konstant bei 0,4. Eine Erhöhung von $f(y^h|a^h)$ bewirkt, dass die Differenz von $f(y^h|a^h)$ und $f(y^l|a^h)$ ansteigt und die Varianz von y bei a^h abnimmt (für $f(y^h|a^h) > 0{,}5$) bzw. sich die Präzision von y erhöht (vgl. (5.69), S. 224). Außerdem erhöht sich mit einem Anstieg von $f(y^h|a^h)$ auch die Differenz zu $f(y^h|a^l)$ und dadurch müssten sich der Informationsgehalt von y bzgl. a nun anders als in Tabelle 5.4 und damit verbunden auch die Effektivität des hybriden Vertrages sowie dessen Realisierbarkeit für alle drei Rückzugspositionen verbessern. Die nicht in Tabelle 5.8 angegebenen Eingangswerte entsprechen weitestgehend den bisherigen Werten, nur die Wahrscheinlichkeiten sind hier etwas anders festgesetzt:

(Verifizierbares) Ergebnis: $x^h = 80.000; x^l = 0$
Persönlichen Kosten aus dem Disnutzen des Agenten: $C(a^h) = c_h = 50 > C(a^l) = c_l = 0$
Reservationsnutzen des Agenten: $U^R = 150$
Wahrscheinlichkeiten:
$f(y^h|a^l) = 0{,}3$ $\quad f(x^h|y^l, a^h) = 0{,}7$ $\quad f(x^h|y^l, a^l) = 0{,}1$

Die ausführliche Übersicht zur Tabelle 5.8 mit der Angabe aller Wahrscheinlichkeiten und weiterer Beispiele befindet sich im Anhang. In Tabelle 5.8 wird dargestellt, wie sich ein Anheben der Wahrscheinlichkeit $f(y^h|a^h)$ (siehe Zeile 6) von 0,6 auf 0,99 auf den maximal möglichen Diskontierungszinssatz des Prinzipals (s. Zeile 25) auswirkt. Bis zu $f(y^h|a^h) = 0{,}72$ (siehe Spalte (3)) ist die Rückzugsposition ein rein formaler Vertrag bei a^h und von 0,8 bis 0,99 (siehe Spalten (4)-(5)) ist sie nur noch eine Produktionseinstellung (vgl. Zeile 15). Hier ändert sich die Rückzugsposition, da der einperiodige Erwartungsnutzen des rein formalen Vertrages bei a^h (siehe Zeile 12) aufgrund der Anpassungen von $f(x^h|a^h)$ sowie $f(x^l|a^h)$ (siehe Zeilen 1 und 2) abnimmt. Bei $f(y^h|a^h) = 0{,}8$ (siehe Spalte (4)) beträgt $f(x^h|a^h)$ nur noch 0,54 und der erwartete Nutzen des rein formalen Vertrages wird negativ: $EU^P(a^h)_x = -8$, so dass der rein formale Vertrag hier keine Rückzugsmöglichkeit mehr darstellt. Bei der Rückzugsposition des rein expliziten Vertrages bei a^h steigt $i_{max} = \frac{(E(s)_x - E(s)_{xy})}{b^{max}}$ (vgl. Zeile 25) mit einer Zunahme von $f(y^h|a^h)$, so dass sich die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessert. Dies ist auf die Zunahme der Kosteneinsparung (s. Zeile 24) zurückzuführen, die ihrerseits hauptsächlich aus der Reduzierung von $E(s)_{xy}$ (s. Zeile 22) resultiert, aber zum Teil auch dadurch bedingt ist, dass das verifizierbare Maß x durch die Absenkung von $f(x^h|a^h)$ unpräziser wird und $E(s)_x$ somit steigt (siehe Zeile 23). Der maximale Bonus ist in den hier betrachteten Beispielen der Bonus: b^{lh} (siehe Zeile 20). Dieser verhält sich uneinheitlich - erst steigt er (s. Spalte (2)), um dann wieder zu fallen (s. Spalte (3)). Bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung berechnet sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz mit: $i_{max} = \frac{(E(x|a^h) - E(s)_{xy})}{b^{max}}$ (vgl. (5.80)). Anders als eingangs vermutet, sinkt i_{max} (vgl. Zeile 25) hier mit steigendem $f(y^h|a^h)$, obwohl sich der Bonus b^{max} reduziert (vgl. Zeile 20) und die erwartete Entlohnung: $E(s)_{xy}$ sinkt (siehe Zeile 22). Der maßgebende Effekt ist hier die Abnahme von $E(x|a^h)$ (vgl. Zeile 11), die darauf zurückzuführen ist, dass die Wahrscheinlichkeit des objektiven Maßes $f(x^h|a^h)$ mit dem Anstieg von $f(y^h|a^h)$ nicht konstant gehalten werden konnte, sondern nach unten angepasst werden musste (siehe Zeile 1). Insofern lässt sich bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung hier keine Aussage zum Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes treffen, da die verschiedenen Einflüsse sich nicht sauber trennen lassen.

	Eingangswerte:	**(1)**	**(2)**	**(3)**		**(4)**	**(5)**	**(6)**
	Einzelwahrsch. obj. Maß							
1	f(xh/ah)	0,58	0,56	0,56		0,54	0,52	0,50
2	f(xl/ah)	0,42	0,44	0,44		0,46	0,48	0,50
	Bedingte Wahrsch.							
3	f(xh/yh,ah)	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
4	f(xh/yh,al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
5	f(xh/yh,ah)-f(xh/yh,al)	0,400	0,400	0,400		0,400	0,400	0,400
	Einzelwahrsch. subj. Maß							
6	f(yh/ah)	0,6	0,7	0,72		0,8	0,9	0,99
7	f(yl/ah)	0,4	0,3	0,28		0,2	0,1	0,01
8	f(yh/al)	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
9	f(yl/al)	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
10	xh (bei xl=0)	80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000
11	E(x/ah)	46.400	44.800	44.480		43.200	41.600	40.160
	Lösung hybrider Vertrag							
12	EUP (expl. V./ah)	3.757	1.889	1.512		-8	-1.937	-3.707
13	EUP (expl. V./al)	-14.500	-14.500	-14.500		-14.500	-14.500	-14.500
14	EUP (hybr. Vertrag)	5.428	4.114	3.848		2.772	1.399	141
15	Rückzugsposition	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**
16	sh	46.047	43.742	43.317		41.732	40.000	38.649
17	sl	13.770	13.848	13.883		14.063	14.345	14.622
18	bhh	1260,5	1432,7	1452,9		1501,3	1511,7	1492,8
19	bhl	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
20	blh	27011,3	27416,4	27391,4		27058,8	26299,8	25446,5
21	bll	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
22	E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40972,4	40686,0	40632,1		40428,5	40200,6	40018,9
23	E(Entl/expV)=E(s)x	42643,2	42911,2	42968,0		43207,6	43537,4	43867,4
24	Kosteneinsparung	1670,8	2225,1	2335,9		2779,2	3336,8	3848,5
25	**max. Diskontierungssatz**	**6,19%**	**8,12%**	**8,53%**		**10,24%**	**5,32%**	**0,55%**

Tabelle 5.8: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes bei konstanten bedingten Wahrscheinlichkeiten

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich bei den ausgewählten Zahlenbeispielen der numerischen Analyse die Ergebnisse für den hybriden First-best-Vertrag (vgl. Satz 5.5, S. 227 sowie Satz 5.6, S. 234) bestätigt haben. Somit ist auch bei stochastischer Abhängigkeit von x und y der Einfluss der Modellparameter auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages in den betrachteten Beispielen im Wesentlichen der gleiche wie bei perfekter Präzision von y. Für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h ergaben sich die folgenden Resultate:

1. Der Anstieg der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ für das verifizierbare Maß x (und damit verbunden der Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^l|a^h)$ sowie des Unterschiedsbetrages von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$) beeinträchtigt die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da sich dadurch die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle eines Vertragsbruchs verbessert.
2. Die Zunahme der Kosten aus dem Disnutzen c_h (bzw. der Differenz von c_h und c_l) verbessert die Realisierbarkeit, da diese eine Verschlechterung der Rückzugsposition des Prinzipals bedingt.
3. Eine Erhöhung des Reservationsnutzens verringert die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da infolgedessen der maximale Bonus steigt.

Für die beiden anderen Rückzugspositionen, d. h. die eines rein expliziten Vertrag für a^l sowie einer Produktionseinstellung wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

1. Der Anstieg der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$ für das verifizierbare Maß x verbessert die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, wobei dies aber nicht nur auf eine Steigerung des Erwartungswertes $E(x|a^h)$ sondern anders als beim hybriden FB-Vertrag (vgl. Abschnitt 5.3) auch auf eine Reduzierung der erwarteten Entlohnung und des Bonus des hybriden Vertrages zurückzuführen ist.
2. Die Zunahme der Kosten aus dem Disnutzen c_h beschränkt die Realisierbarkeit, da diese zu einer Erhöhung der Gesamtentlohnung sowie des maximalen Bonus des impliziten Vertrages führt.
3. Eine Erhöhung des Reservationsnutzens reduziert die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da die erwartete Gesamtentlohnung des hybriden Vertrages sowie der maximale Bonus steigen.

Außerdem konnte gezeigt werden, dass ein Anstieg von $f(y^h|a^h)$ des nichtverifizierbaren Maßes bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h eine Erhöhung der Realisierbarkeit bewirkt. Die untersuchten Beispiele legen insgesamt den Schluss nahe, dass auch im hier betrachteten, diskreten Modell mit einem stochastischen, nichtverifizierbaren Performancemaß wie bei BGM (1994) ein hinreichend effektiver rein expliziter Vertrag (in dem Fall bedingt durch ein zu präzises und zu informatives verifizierbares Maß oder eine zu geringe Differenz der Kosten c_h und c_l) den hybriden Vertrag verhindern kann. Auch das zweite Resultat von BGM (1994), dass sich der rein explizite und der implizite Vertragsteil komplementär verhalten können, gilt im übertragenen Sinne ebenfalls für das betrachtete diskrete Modell. Denn ähnlich wie bei BGM (1994) zeigen die Ergebnisse der numerischen Analyse, dass der hybride Vertrag auch von einer Effektivitätssteigerung des expliziten Vertragsteils profitieren kann. Wenn nämlich ein rein formaler Vertrag zum Induzieren von a^h nicht als Rückzugsposition zur Verfügung steht, verbessert eine Erhöhung der Effektivität des expliziten Vertrages (durch den Anstieg von $f(x^h|a^h)$ oder die Reduzierung von c_h) die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages. Schließlich erlaubt die durchgeführte Analyse auch eine Einschätzung zur Gültigkeit des „Informativeness"-Prinzips (vgl. Punkt 2.2.4). Hier bedingt die Nichtverifizierbarkeit der subjektiven Größe erwartungsgemäß eine Einschränkung des „Informativeness"-Prinzips, denn immer wenn der optimale hybride Vertrag basierend auf beiden Performancemaßen nicht realisierbar ist, d. h. der Diskontierungszinssatz den zulässigen Schwellenwert i_{max} übersteigt, wird auf die Verwendung der informativen, nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße verzichtet.h

5.5 Diskussion der Ergebnisse

In diesem Kapitel wurde ergänzend zur Analyse in Kapitel 4 die Kombination nichtverifizierbarer und verifizierbarer Beurteilungsgrößen auf Basis des Modellierungsansatzes von BGM (1994) bei Vorliegen eines Risiko-Anreiz-Problems untersucht, wobei nun ein diskreter Modellrahmen gewählt wurde. Im **Modell von BGM (1994)** kann der risikoneutrale Agent den unsicheren Grenzbeitrag des Arbeitseinsatzes vor der Wahl seines Arbeitseinsatzes privat beobachten (vgl. Abschnitt 3.2.1, S. 86 sowie Abschnitt 3.4, S. 139). Hier besteht eine Art Kongruenzproblem, da der Arbeitseinsatz aufgrund des unsicheren Grenzbeitrages des objektiven Maßes nicht optimal über die Umweltzustände gesteuert werden kann. Dieses Kongruenzproblem lässt sich aber ggf. dadurch abschwächen, dass ein unverzerrtes, subjektives Signal im Rahmen eines impliziten Vertrages neben dem objektiven, verzerrten Signal in den Anreizvertrag einbezogen wird. BGM (1994) zeigen, dass sich im Falle der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages basierend auf dem objektiven Maß, der explizite und implizite Vertrag substitutiv verhalten. Eine Verbesserung des objektiven Maßes (durch eine Verringerung der Varianz des Grenzbeitrages) führt nämlich zu einer Reduzierung des impliziten und Erhöhung des expliziten Bonus und zudem können hinreichend effektive, explizite Verträge implizite Verträge verhindern. Daneben können sich beide Vertragstypen aber auch komplementär verhalten, wenn die Rückzugsposition des Prinzipals nur eine Produktionseinstellung bzw. Unternehmensschließung ist (vgl. Abschnitt 3.2.1). Im **betrachteten diskreten Modell** wird dagegen ein Risiko-Anreiz-Problem untersucht, wobei die Beteiligung des risikoscheuen, arbeitsaversen Agenten am stochastischen, objektiven Performancemaß eine suboptimale Risikoteilung bedingt. Durch den Einbezug eines zusätzlichen, nichtverifizierbaren Signals, das risikobehaftet (vgl. Abschnitt 5.4) oder auch perfekt präzise (siehe Abschnitt 5.3) sein kann, können nun durch dessen Informationsgehalt bzgl. des unbeobachtbaren Arbeitseinsatzes möglicherweise ein besserer Risiko-Anreiz-Tradeoff und somit Wohlfahrtssteigerungen erzielt werden. Anders als bei BGM (1994), die von einem linearen Entlohnungsvertrag ausgehen, bedingt das hier angenommene Vergütungschema immer eine komplementäre Wirkung beider Vertragstypen, sofern beide Beurteilungsgrößen stochastisch und die nichtverifizierbare Größe in Gegenwart der verifizierbaren informativ ist.[234] In dem Fall entsprechen die optimalen Gesamtentlohnungen bestehend aus der Zahlung des expliziten Vertrages und des impliziten Bonus nämlich der optimalen Lösung für den Fall, dass beide Größen verifizierbar wären und nur die Aufteilung der verschiedenen Gesamtvergütungen auf den expliziten und impliziten Vertrag ist das Ergebnis einer neuen Optimierung (siehe Abschnitt 5.2, (5.17)-(5.19), S. 209). Der im expliziten Vertrag festgelegte Grundbetrag variiert im verifizierbaren Maß und die zwei impliziten Boni beziehen sich nicht nur auf das nichtverifizierbare, sondern auch auf das verifizierbare Maß. Hierbei bestimmt der größere Bonus die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, da die Glaubwürdigkeits(GW)-Bedingung für diesen mit Gleichheit erfüllt ist (siehe Punkt 5.2). Aus der Umstellung der GW-Bedingung ermittelt sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz, der als Basis der Analyse für die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verwendet wurde. Für eine unpräzise, nichtverifizierbare Beurteilungsgröße, die vom objektiven Maß stochastisch abhängen kann, erfolgte die Untersuchung zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages mittels einer numerischen Analyse, deren Gültigkeit sich allerdings auf die betrachteten Zahlenbeispiele beschränkt. Das **Ergebnis der numerischen Analyse** deutet darauf hin, dass auch für ein risikobehaftetes, nichtverifizierbares Maß trotz des Einbezugs beider Maße in den impliziten Vertrag dasselbe Resultat gilt wie bei perfekter Präzision (siehe Satz 5.5 in Abschnitt 5.3). Auch hier zeigt sich nämlich, dass ein hinreichend effektiver rein formaler Vertrag bei a^h die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages genau wie bei BGM (1994) verhindern kann (siehe Tabelle 5.5, S. 250). Das ist anders als bei Budde (2007, 2008), in dessen Multitask-Modellen durch den Einbezug des verifizierbaren Maßes in den impliziten Vertrag dieses kontraintuitive Verhalten der beiden Vertragstypen verhindert werden kann (vgl. Abschnitte 3.2.2, 3.2.3 sowie 3.4). Bei Budde (2007) konnte der implizite Bonus unendlich klein werden, so dass der hybride Vertrag immer glaubwürdig war. Solch

[234] Wenn das subjektive Maß y als perfekt präzise angenommen wird, konditioniert der implizite Bonusvertrag nur auf y und der explizite Vertrag beinhaltet eine von x unabhängige Fixzahlung. Umgekehrt konditioniert der optimale Vertrag nur auf x, falls y in Gegenwart von x nicht informativ über den Arbeitseinsatz ist.

eine Lösung lässt sich aus der angenommenen diskreten Modellstruktur nicht ableiten. Die Ergebnisse des diskreten Modells, die sich aus den Untersuchungen in den Punkten 5.3 und 5.4 für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h ergeben, ähneln den **Resultaten von Rajan/Reichelstein (2009)**, die ebenfalls den Einbezug eines nichtverifizierbaren Signals im Rahmen eines diskreten Moral-Hazard-Modells untersuchen (siehe Abschnitt 3.3). Im Unterschied zur Analyse im Rahmen dieser Arbeit gehen sie aber nicht von einer unendlich oft wiederholten, einperiodigen Vertragsbeziehung aus, in der der implizite Vertrag selbstdurchsetzend sein muss. Stattdessen analysieren sie eine Bonuspool-Vereinbarung, mit Hilfe derer der Prinzipal perfekte Selbstbindungskraft (engl.: full commitment) erlangt. Darin wird der Bonuspool in Abhängigkeit des verifizierbaren Maßes festgelegt und der Prinzipal verpflichtet sich vertraglich zur vollständigen Auszahlung des jeweiligen Bonusbetrages. Ergänzend dazu wird eine implizite Vereinbarung zur Aufteilung des Bonusbetrages zwischen dem Agenten und einer externen dritten Partei (z. B. einer Wohlfahrtseinrichtung) basierend auf der nichtverifizierbaren Größe abgeschlossen. Hier stellt die mögliche Zahlung an die externe Partei Kosten dar, die aus der Selbstverpflichtung des Prinzipals und somit der Nichtverifizierbarkeit der subjektiven Größe resultieren. RR (2009) zeigen, dass auf das von x stochastisch unabhängige und somit immer informative, nichtverifizierbare Signal teilweise verzichtet wird, so dass der optimale Gleichgewichtsvertrag dann nicht auf das nichtverifizierbare Signal konditioniert (vgl. Satz 3.11, S. 135). Bei ihnen ist der Einbezug der subjektiven Beurteilungsgröße umso wahrscheinlicher:

1. je präziser und informativer das subjektive Maß y wird, d. h. wenn die Wahrscheinlichkeit $f(y^h|a^h)$ gegen eins strebt;
2. je größer die Differenz von c_h und c_l und damit je signifikanter das Anreizproblem wird;
3. je weniger informativ das objektive Maß ist, d. h. je geringer die Differenz von $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$ ausfällt.

Ähnliche Ergebnisse ergeben sich aus der Analyse in 5.3 und 5.4 für die Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrages bei a^h (siehe Satz 5.5, S. 227). Hier erhöhen sich der maximal mögliche Diskontierungszinssatz und damit die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, in den entweder nur das subjektive (siehe Punkt 5.3) oder beide Maße (vgl. 5.4) einbezogen sind:

1. mit einem Anstieg von c_h und damit einer Zunahme der Differenz von c_h und c_l;
2. je weniger informativ und präzise das verifizierbare Maß wird, d. h. je mehr $f(x^h|a^h)$ reduziert wird.

Diese beiden Resultate sind im unendlich oft wiederholten Spiel darauf zurückzuführen, dass sich mit der Zunahme von $\boldsymbol{c}_{\square}$ und der Reduzierung von $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}^{\square}|\boldsymbol{a}^{\square})$ die Effektivität des rein formalen Vertrages, der die Rückzugsposition des Prinzipals im Falle des Bruchs des hybriden Vertrages bildet, verschlechtert. Dagegen ergaben sich für die anderen beiden Rückzugspositionen die entgegengesetzten Ergebnisse (siehe Satz 5.6). Der Grund für die teilweise Übereinstimmung der Ergebnisse von RR (2009) sowie des hier analysierten diskreten Modells bei der Rückzugsposition rein expliziter Vertrag bei $\boldsymbol{a}^{\square}$ liegt darin, dass die Nichtkontrahierbarkeit des subjektiven Maßes in beiden Fällen mit Kosten verbunden ist. Der Bonuspool im Modell von RR (2009) impliziert diese Kosten durch die potentielle Zahlung an eine externe Partei, so dass die aus dem Einbezug des nichtverifizierbaren Maßes resultierenden Vorteile diese Kosten übersteigen müssen. Im Unterschied dazu stellen bei dem hier untersuchten dynamischen Anreizproblem die im Falle eines Vertragsbruchs zu erzielenden Überschüsse des Prinzipals (der möglicherweise einzubehaltende Bonus sowie die Summe der barwertigen, erwarteten Überschüsse aus dem rein expliziten Vertrag, vgl. (5.2), S. 204) eine Art Opportunitätskosten dar, die ebenfalls übertroffen werden müssen. Insofern erhöht bei der Rückzugsposition des rein formalen Vertrages bei $\boldsymbol{a}^{\square}$ der aus diesem Vertrag erwartete, einperiodige Überschuss die Opportunitätskosten. Dagegen bedingt das Fehlen dieser Option, d. h. bei den anderen beiden Rückzugspositionen, dass die Opportunitätskosten unabhängig von der Effektivität des rein expliziten Vertrages bei hohem Arbeitseinsatz sind, so dass dann der hybride Vertrag von der Verbesserung des expliziten Vertrages profitiert (vgl. Satz 5.6). Eine weitere Gemeinsamkeit zu den Ergebnissen von RR (2009) betrifft den Einfluss von $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{y}^{\square}|\boldsymbol{a}^{\square})$, denn das Resultat der numerischen Analyse deutet darauf hin, dass ein Anstieg von $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{y}^{\square}|\boldsymbol{a}^{\square})$ die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verbessert (siehe Tabelle 5.8). Dagegen wird das Ergebnis von RR (2009), dass die optimalen Entlohnungszahlungen komprimiert sind, d. h. nur bei der niedrigen Realisation der verifizierbaren Größe im subjektiven Maß variieren (vgl.
Beobachtung 3.1, S. 136), hier nicht erzielt. Wie Ederhof (2010) zeigt, beruht die Komprimierung bei RR (2009) auf der Annahme, dass die beiden Beurteilungsgrößen stochastisch unabhängig voneinander sind.[235] Letztendlich stimmen die Ergebnisse beider Modellanalysen darin überein, dass es durch die Nichtverifizierbarkeit von Beurteilungsgrößen zu einer Einschränkung des für verifizierbare Maße geltenden „Informativeness"-Prinzip (vgl. Satz 2.7, S.

[235] Proposition 1 in Ederhof (2010) sagt aus, dass die optimale Entlohnung bei stochastisch abhängigen Signalen auch bei der hohen Realisation des objektiven Maßes im nichtverifizierbaren Maß variieren kann. Die dafür angegebene Bedingung resultiert allerdings aus einer Übertragung der MLRP-Bedingung auf bedingte Wahrscheinlichkeiten, die so vermutlich nicht zulässig ist.

49) kommt. Diese äußert sich bei RR (2009) darin, dass das subjektive (und stets informative) Maß nur in den optimalen Gleichgewichtsvertrag einbezogen wird, wenn die damit verbundenen Vorteile aus einem besseren Risiko-Anreiz-Tradeoff die mit der potentiellen Zahlung an eine externe Partei verbundenen Kosten übertrifft. Dagegen zeigt sich die Einschränkung im hier betrachteten Modell immer dann, wenn der optimale hybride Vertrag, der i. d. R. auch auf das subjektive Maß konditioniert (sofern es in Gegenwart von x informativ ist), nicht zustande kommt. Dies geschieht, wenn der Diskontierungszinssatz des Prinzipals den maximal erlaubten Wert zur Sicherstellung der Glaubwürdigkeit der implizit vereinbarten Bonuszahlung, übersteigt. Auch die Analyse auf Basis des **LEN-Modells in Kap. 4** kam zu vergleichbaren Ergebnissen. Hier ergab sich, dass einerseits das verifizierbare, unpräzise Signal neben dem perfekt informativen, nichtverifizierbaren Signal im hybriden Vertrag Verwendung findet (sofern die First-best-Lösung von $v_x^{**} = 1$ nicht realisiert werden kann (vgl. Satz 4.1, S. 164)). Andererseits muss immer dann auf das perfekt informative, nichtverifizierbare Signal verzichtet werden, wenn der hybride Vertrag nicht realisierbar ist. Die Struktur der optimalen Lösung ist beim LEN-Modell so ähnlich wie bei BGM (1994), d. h. auch hier verhalten sich der implizite und explizite Vertrag bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages größtenteils substitutiv. Denn ein Anstieg der Beteiligungsrate des impliziten Vertrages resultierend aus der Zunahme der Varianz des objektiven Maßes oder des Risikoaversionsparameters des Agenten ist bspw. mit einer gleichzeitigen Reduzierung der Beteiligungsrate des expliziten Vertrages verbunden (vgl. Ergebnisse der komparativen Statik in (4.31) mit (4.39), S. 168). Dagegen können sich bei der Rückzugposition Produktionseinstellung auch beide Verträge komplementär verhalten (siehe Auswertung der Berechnungen in (4.48) und (4.49), S. 181). Das substitutive Verhalten resultiert auch hier aus einer Verbesserung der Effektivität des rein formalen Vertrages, der die Rückzugsposition beim Bruch der impliziten Vereinbarung darstellt, so dass die Entlohnung des impliziten Vertrages zur Einhaltung der Glaubwürdigkeitsbedingung entsprechend reduziert werden muss. Dabei kann ein hinreichend effektiver, rein expliziter Vertrag auch jegliche hybride Verträge verhindern (vgl. Abschnitt 4.3.2). Allerdings wurde festgestellt, dass für den allgemeineren Fall einer unpräzisen, nichtverifizierbaren Größe nur eine hinreichend hohe Effektivität bezogen auf eine hinreichend geringe Varianz, nicht aber eine zu geringe Risikoaversion, den hybriden Vertrag verhindern kann. Denn bei zwei stochastischen Maßen wird eine Erhöhung der Risikoaversion des Agenten beide Vertragstypen – den rein expliziten und den hybriden Vertrag – in nahezu gleicher Weise beeinflussen (siehe Punkt 5.4). Zur empirischen Überprüfung des Ergebnisses wurde deshalb die folgende Hypothese empfohlen:

Je risikobehafteter die verifizierbaren Performancemaße sind, desto eher erfolgt der Rückgriff auf nichtverifizierbare Größen.

Im **diskreten Modell** ergab sich ebenfalls das Resultat von BGM (1994), dass zu effektive rein formale Verträge das Zustandekommen hybrider Verträge unmöglich machen können (vgl. Satz 5.5, S. 227). Die Effektivität des rein expliziten Vertrages bei a^h ist hier allerdings im Wesentlichen von dem Informationsgehalt des verifizierbaren Maßes abhängig.[236] Anders als im LEN-Modell in Kap. 4, in dem der Informationsgehalt von der Varianz bzw. Präzision des verifizierbaren Maßes bestimmt wird, war der im diskreten Modell von verschiedenen Einflüssen geprägt und nicht quantitativ zu erfassen. Die Effektivität des rein expliziten Vertrages verbesserte sich hier mit einem Anstieg von $f(x^h|a^h)$, da sich dadurch die Differenz aus $f(x^h|a^h)$ und $f(x^l|a^h)$ bzw. die Präzision erhöhte (sofern $f(x^h|a^h) > 0{,}5$) sowie durch die gleichzeitige Zunahme der Differenz aus $f(x^h|a^h)$ und $f(x^h|a^l)$, die ein direktes Maß für den Informationsgehalt bzgl. des Arbeitseinsatzes darstellt. Die Ergebnisse für die Rückzugsposition des rein formalen Vertrages bei hohem Arbeitseinsatz (als der für die Praxis relevantere Fall) führen zu der folgenden Hypothese:

Ein Einbezug nichtverifizierbarer Größen zur Anreizgestaltung ist umso wahrscheinlicher, je weniger informativ die verifizierbaren Maße über den Arbeitseinsatz der Mitarbeiter sind.

Hier ergibt sich allerdings das erwähnte Problem, dass der Informationsgehalt der Beurteilungsgrößen nur sehr schwierig zu definieren und zu quantifizieren ist. Im Vergleich zum LEN-Modell leiten sich aus den Resultaten des diskreten Modells etwas andere **Praxisimplikationen** ab. **Im LEN-Modell** war die Zielgröße des Prinzipals analog zur Analyse von BGM (1994) das nichtverifizierbare Maß, so dass es sich dabei beispielsweise um den Unternehmenswert einer nichtbörsennotierten Gesellschaft, ggf. eines Tochterunternehmens in einem größeren Konzern handeln könnte. Diese Größe wäre als Performancemaß des Geschäftsführers vorstellbar. Andererseits könnte das nichtverifizierbare Maß aber z. B. auch den Beitrag eines anderen leitenden Angestellten zum Unternehmenswert repräsentieren und ggf. die nichtverifizierbare Einschätzung eines erzielten Bereichs- oder Projekterfolgs darstellen. Als weiteres Performancemaß gibt es daneben das verifizierbare bzw. objektive Maß, das eine Größe aus dem Rechnungswesen sein könnte. Hier legt das im LEN-Modell erzielte Ergebnis die Vermutung nahe, dass auf den Einbezug des nichtverifizierbaren Beitrags des Managers zum Unternehmenswert bei der Leistungsbemessung verzichtet werden muss, wenn die verifizierbare Rechnungswesen-Größe zu präzise ist. **Im diskreten Modell** wurde dagegen ange-

[236] Außerdem wird die Effektivität auch noch von der Differenz der Disnutzen bei hohem und niedrigen Arbeitseinsatz geprägt, die aufgrund der gewählten, einfachen Modellstruktur anders als bei BGM (1994) analysiert werden konnte.

nommen, dass das verifizierbare Maß (als binäre Größe) die Zielgröße des Prinzipals repräsentiert, so dass es sich bei diesem um die Größe aus dem Rechnungswesen wie z. B. den Gewinn oder Verlust der Gesellschaft (als Beitrag zum Unternehmenswert) handeln könnte. Das nichtverifizierbare Maß ist nun unabhängig von der Zielgröße des Prinzipals und kann einen breiteren Bereich möglicher Signale umfassen, z. B. auch subjektive Beurteilungen des Vorgesetzten zu unterschiedlichen Leistungsmerkmalen des Mitarbeiters. Somit lässt sich das diskrete Modell auf einen breiteren Kontext übertragen, so dass es nicht nur Aussagen zur optimalen Anreizsetzung für Spitzenmanager sondern auch für Mitarbeiter unterer Hierarchieebenen zulässt.[237] Das Resultat der Analyse des diskreten Modells kann nun so interpretiert werden, dass, wenn die verifizierbare Rechnungswesen-Größe sehr ungenau bzw. unpräzise und wenig informativ über den Arbeitseinsatz ist, der ergänzende Einbezug einer subjektiven Beurteilung zur Leistungsbemessung wahrscheinlicher wird. Hieraus kann man die Vermutung ableiten, dass subjektive Beurteilungen (z. B. durch den direkten Vorgesetzten) eher für Mitarbeiter auf untergeordneten Hierarchieebenen vorgenommen werden, da es für diese i. d. R. schwieriger sein dürfte, präzise, verifizierbare Maße zu finden, da z. B. die unternehmensweiten Kennzahlen aus dem Jahresabschluss die Leistung dieser Mitarbeiter nur sehr ungenau widerspiegeln. **Abschließend** lässt sich konstatieren, dass mit dem untersuchten diskreten Modell zwar ebenfalls das Hauptergebnis von BGM (1994) erzielt wurde, aber hier ein anderer Untersuchungsgegenstand als bei BGM (1994) und auch im LEN-Modell in Kapitel 4 gewählt wurde, woraus sich neue Implikationen für die Praxis ergeben. Im Rahmen des diskreten Modells bildet die Analyse für stochastisch abhängige Maße die Realität teilweise besser ab als im LEN-Modell, wobei allerdings zu beachten ist, dass die Ergebnisse der numerischen Analyse nur für die jeweiligen Zahlenbeispiele Gültigkeit besitzen.

[237] Falls umgekehrt im betrachteten diskreten Modell angenommen werden würde, dass das nichtverifizierbare Maß die Zielgröße des Prinzipals sein soll, würden sich nur kleinere Änderungen bei den Ergebnissen zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages bei der Rückzugsposition eines rein expliziten Vertrag bei a^l und der einer Produktionseinstellung ergeben, die nicht weiter ins Gewicht fallen. Dagegen ist im LEN-Modell in Kap. 4 die hergeleitete Lösung für den optimalen hybriden Vertrag von der Annahme abhängig, dass das nichtverifizierbare Signal die Zielgröße des Prinzipals darstellt.

6 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde aufbauend auf dem Modell von Baker/Gibbons/Murphy (1994) die gemeinsame Verwendung einer verifizierbaren (objektiven) und einer nichtverifizierbaren (subjektiven) Beurteilungsgröße zur Anreizsetzung in einer langfristigen Prinzipal-Agent-Beziehung untersucht, wobei im Unterschied zur Analyse von BGM (1994) der Standardfall eines risikoaversen Agenten betrachtet wurde. Wie bei BGM (1994) wurde ebenfalls davon ausgegangen, dass aus der mangelnden Kontrahierbarkeit der nichtverifizierbaren Größe ein Anreiz des Prinzipals zum Bruch der impliziten Vereinbarung resultiert. Ein Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Betrachtung unterschiedlicher Modellstrukturen u. a. zur Analyse der aus den Modellen abgeleiteten Ergebnisse und zur Beurteilung und Interpretation der darüber abgebildeten Unternehmenskontexte und Praxisimplikationen.

Die modelltheoretischen Grundlagen zur Moral-Hazard-Problematik wurden in **Kapitel 2** erläutert. Hier wurden wichtige, für verifizierbare Performancemaße abgeleitete, Resultate der Prinzipal-Agenten-Theorie (PAT) vorgestellt. Das Kapitel begann mit einem einführenden Überblick, in dem die Grundlagen der PAT und der Bezug der Untersuchung zum Controlling dargelegt wurden. Anschließend wurde das Grundmodell der Prinzipal-Agenten-Theorie und die diesem Ansatz zugrundeliegende Risiko-Anreiz-Problematik in den Abschnitten 2.2.1-2.2.3 erläutert. Das Grundmodell wurde in allgemeiner Form (vgl. Abschnitt 2.2.1) sowie in einer einfacheren, diskreten Variante (vgl. 2.2.2) und auch im Rahmen des LEN-Modells (vgl. 2.2.3) vorgestellt, wobei die diskrete Modellvariante später in den Untersuchungen zu Kap. 5 und das LEN-Modell in Kap. 4 wieder aufgegriffen wurde. In Abschnitt 2.2.4 wurde auf den Beitrag von Holmström (1979) zum Einbezug einer zusätzlichen (verifizierbaren) Beurteilungsgröße in den optimalen Anreizvertrag und das sich daraus ableitende „Informativeness“-Prinzip eingegangen. Die Untersuchung von Baker (1992) zur verzerrten Performancemessung wurde in Punkt 2.2.5 präsentiert, da sich der Beitrag von BGM (1994) darauf bezieht. Anschließend erfolgte eine knappe Vorstellung zweier Modelle mit mehrdimensionalem Arbeitseinsatz des Agenten in Punkt 2.3, nämlich des Multitask-Modells von Holmström/Milgrom (1991) und das darauf aufbauende Modell von Feltham/Xie (1994). Die Analyse des letztgenannten Aufsatzes beschränkte sich allerdings auf die Herausstellung der Ergebnisse, die für die weiteren Untersuchungen in Kapitel 3, insbesondere für den Beitrag von Budde (2007), relevant waren.

Zu Beginn von **Kapitel 3** erfolgte ein knapper Literaturüberblick, der einen Ausschnitt aus der Forschung zu nichtverifizierbaren Beurteilungsgrößen präsentierte. Anschließend wurde das Modell von BGM (1994) in Abschnitt 3.2.1 ausführlich analysiert, da es den Ausgangspunkt für weitere Literaturbeiträge und auch für die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit bildete und nachfolgend als wichtige Vergleichsbasis zur Beurteilung der erzielten Modellergebnisse dienen sollte. Daran schloss sich in Punkt 3.2.2 die Vorstellung der Untersuchung von Budde (2007), der das Modell von BGM (1994) auf eine Multitask-Situation überträgt, wobei er den Modellansatz von Feltham/Xie (1994), allerdings für einen risikoneutralen Agenten, anwendet. Während in Budde (2007) die Anreizsetzung auf Basis einer endlichen Anzahl verifizierbarer und nichtverifizierbarer, perfekt präziser Performancemaße im Rahmen einer Balanced Scorecard analysiert wurde, bezieht sich die Untersuchung in Budde (2008) auf die Kombination zweier Maße, ein nichtverifizierbares und ein verifizierbares Maß, wobei die Annahme der perfekten Präzision für die verifizierbare Beurteilungsgröße aufgehoben werden konnte (siehe Abschnitt 3.2.3). In den Beiträgen von Budde (2007, 2008) leistet der risikoneutrale Agent einen mehrdimensionalen Arbeitseinsatz bzw. erfüllt mehrere Aufgaben, wobei hier die optimale Vertragsgestaltung bei einem bestehenden Kongruenzproblem[238] im Mittelpunkt steht. In der von BGM (1994) durchgeführten Untersuchung wird zwar von einem eindimensionalen Arbeitseinsatz des Agenten ausgegangen, allerdings wird das von ihnen analysierte Problem der verzerrten Performancemessung als nah verwandt zu den in Multitask-Modellen untersuchten Thematik angesehen.[239] Insofern kann die Untersuchung von BGM (1994), in der ebenfalls von einem risikoneutralen Agenten ausgegangen wird, auch mit als Auseinandersetzung mit der Kongruenzproblematik im weiteren Sinne gerechnet werden. Neben diesen drei Beiträgen, die die Kongruenzthematik für einen risikoneutralen Agenten in einer langfristigen Vertragsbeziehung zum Gegenstand haben, wird in Abschnitt 3.3 die Anreizgestaltung für einen risikoscheuen Agenten mittels eines (kurzfristigen) Bonuspools auf Basis des Aufsatzes von Rajan/Reichelstein (2009) analysiert. Das Kapitel schließt mit einem Zwischenfazit in 3.4, das eine vergleichende Beurteilung einschließlich der Bewertung der möglichen Praxisimplikationen der vier Analysen enthält.

Die neuen Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden in **Kapitel 4 und 5** dargelegt und sind thematisch zwischen der Untersuchung von BGM (1994) und der Analyse

[238] Ein Kongruenzproblem bzw. Problem mangelnder Übereinstimmung besteht darin, dass über eine (ggf. aggregierte) Beurteilungsgröße, die nicht perfekt kongruent zur Zielgröße des Prinzipals ist, keine optimale Verteilung des Arbeitseinsatzes auf die einzelnen Aufgaben bzw. Dimensionen der Arbeitsaufgabe erreicht werden kann und daraus Wohlfahrtsverluste resultieren. (Vgl. Definition 2.3 und Satz 2.10, S. 75).

[239] Vgl. z. B. Holmström/Milgrom (1991), Fußnote 11, S. 34-35.

von Rajan/Reichelstein (2009) angesiedelt. Es besteht ein enger Bezug zum Modell von BGM (1994), da die langfristige Anreizbeziehung im Rahmen des von BGM (1994) entwickelten Modellrahmens eines unendlich oft wiederholten (statischen) Spiels analysiert wird, wohingegen wie bei Rajan/Reichelstein (2009) ein risikoscheuer Agent unterstellt wird. Im Unterschied zum Ansatz von Rajan/Reichelstein (2009) wird von einer dynamischen Anreizbeziehung mit einem selbstdurchsetzenden Vertrag ausgegangen und anders als bei BGM (1994) wird anstelle eines Kongruenzproblems (im weiteren Sinne) hier ein Risiko-Anreiz-Problem untersucht.

Zur Analyse des Risiko-Anreiz-Problems für nichtverifizierbare Maße wurde in **Kapitel 4** auf den LEN-Ansatz zurückgegriffen, wobei dieser in den Modellrahmen von BGM (1994) übertragen wurde. Bei der Bestimmung des optimalen Gleichgewichts-Vertrages und dessen Analyse wurde von zwei verschiedenen Rückzugspositionen des Prinzipals im Falle eines Bruchs der impliziten Vereinbarung ausgegangen. Analog zu den Annahmen bei BGM (1994) wurde als erste Rückzugsposition ein rein expliziter Vertrag nur auf Basis der verifizierbaren Größe betrachtet. Diese Rückzugsposition besteht, sofern ein rein expliziter (einperiodiger) Vertrag für sich allein effektiv ist, d. h. zu einem positiven, erwarteten Überschuss des Prinzipals führt. Als zweite Rückzugsposition wurde die Produktionseinstellung (bzw. Unternehmensschließung) berücksichtigt für den Fall, dass der rein formale Vertrag für sich allein nicht effektiv ist.

Bei der **Rückzugsposition rein formaler Vertrag** ergab die durchgeführte komparativ-statische Analyse das Resultat, dass mit dem Absinken der Präzision des objektiven Maßes (d. h. einem Anstieg der Varianz), das Gewicht bzw. die Beteiligungsrate der nichtverifizierbaren, subjektiven Größe stieg. Wenn umgekehrt die Varianz des objektiven Maßes einen gewissen Schwellenwert unterschreitet, kann die subjektive, nichtverifizierbare Größe nicht verwendet werden, denn der hybride Vertrag kommt dann nicht zustande, da die Rückzugsposition des Prinzipals in dem Fall zu gut ist. Die Nichtverifizierbarkeit der subjektiven Größe führt dazu, dass wegen der nötigen Selbstdurchsetzung des impliziten Vertrages der aus einem (möglichen) Vertragsbruch resultierende Nutzen des Prinzipals eine Art Opportunitätskosten (siehe Glaubwürdigkeits-Bedingung z. B. in (4.12), S. 158) darstellt. Mit einer höheren Präzision der verifizierbaren Größe verbessert sich die Effektivität des rein expliziten Vertrages und erhöht darüber die Opportunitätskosten. Als weiteres Resultat ergab sich, dass sich mit einem Anstieg der Risikoaversion des Agenten, das Gewicht des subjektiven, nichtverifizierbaren Maßes erhöhte, wobei dieses Ergebnis allerdings von der Annahme der perfekten Präzision des nichtverifizierbaren Maßes getrieben war. Die Erkenntnisse ließen sich so interpretieren, dass der Einbezug der nichtverifizierbaren Größe empfehlenswert ist, sofern das objektive Maß nur sehr ungenau beobachtet werden kann. Hier wurde gezeigt, dass die durch den Einbezug subjektiver Signale realisierbaren Vorteile (im Sinne von Wohlfahrtssteigerungen) sich aufgrund des Informationsgehalts der subjektiven, nichtverifizierbaren Größe generieren lassen. Der höhere Informationsgehalt der nichtverifizierbaren Größe[240] führte im Vergleich zum rein expliziten Vertrag, der nur auf der objektiven, verifizierbaren Größe beruht, zu einem besseren Risiko-Anreiz-Tradeoff im hybriden Gleichgewichtsvertrag.

Andere Ergebnisse ergaben sich für die **Rückzugsposition Produktionseinstellung.** Hier konnte eine zu hohe Varianz des objektiven Maßes der Grund dafür sein, dass kein hybrider Vertrag zustande kam, falls der erwartete (einperiodige) Überschuss des Prinzipals dadurch negativ wurde. Dagegen beschränkte eine Erhöhung der Varianz aber nicht die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages, wenn der explizite Vertrag nur ein geringes Gewicht innerhalb des hybriden Vertrages besaß. Dann näherte sich mit einem Anstieg der Varianz des verifizierbaren Maßes dessen Beteiligungsrate dem Grenzwert von null, wodurch gleichzeitig ein rein impliziter Vertrag nur basierend auf der subjektiven Größe angenähert wurde. Die Beteiligungsraten für beide Maße verhielten sich bei der Rückzugsposition Produktionseinstellung uneinheitlich, aber eine Erhöhung der Varianz der objektiven Größe reduzierte immer den erwarteten, einperiodigen Überschuss des hybriden Vertrages.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Einbezug der nichtverifizierbaren Größe zur Erzielung eines verbesserten Risiko-Anreiz-Tradeoffs von Vorteil sein kann.[241] Ihre Verwendung ist aber nur möglich, wenn die (Opportunitäts-)Kosten aus der Nichtverifizierbarkeit gedeckt bzw. die Zahlung des impliziten Bonus glaubwürdig versichert werden kann.

In **Kapitel 5** wurde zur Untersuchung des Risiko-Anreiz-Problems ein diskretes Modell mit binärem Arbeitseinsatz verwendet, das zur Analyse des optimalen Entlohnungsvertrages unter Berücksichtigung des nichtverifizierbaren Maßes ebenfalls in den Modellrahmen von BGM (1994) übertragen wurde. Das Ziel der Modellierung war hier v. a. die Abschwächung einiger

---

[240] Im Modell wurde der Spezialfall einer perfekt informativen, nichtverifizierbaren Beurteilungsgröße betrachtet.

[241] In der vorgenommenen, modelltheoretischen Untersuchung war die Verwendung der nichtverifizierbaren Größe allerdings immer vorteilhaft, da sie als perfekt präzise und somit perfekt informativ angenommen worden war.

einschränkender Annahmen im Vergleich zum LEN-Modell, so dass z. B. die nichtverifizierbare Größe auch unpräzise (risikobehaftet) sein konnte und somit auch eine Untersuchung zur Gültigkeit des „Informativeness“-Prinzips erlaubte. Im LEN-Modell konnte solch eine Betrachtung nicht durchgeführt werden, da dort die nichtverifizierbare Größe als perfekt präzise angenommen werden musste. Weiterhin wurde die nichtverifizierbare Größe nun nicht als Zielgröße des Prinzipals modelliert, um somit einen breiteren Bereich möglicher subjektiver Beurteilungen abbilden zu können. Die formale Analyse gestaltete sich hierbei allerdings äußerst schwierig, so dass deswegen in einem ersten Schritt wieder vereinfachend auf die Annahme eines perfekt präzisen, subjektiven Maßes zurückgegriffen wurde. Die Aussagekraft der mit Hilfe des diskreten Modells erzielten Ergebnisse ist teilweise geringer als die aus dem LEN-Modell abgeleiteten Resultate, denn im diskreten Modell lässt sich z. B. die Präzision und Sensitivität der Beurteilungsgrößen nicht isoliert erfassen, so dass deren Einfluss auch nicht mittels einer komparativen Statik untersucht werden konnte. Der im diskreten Modell ermittelte, optimale hybride Vertrag entsprach weitestgehend dem optimalen Gleichgewichts-Vertrag für zwei verifizierbare Maße. Nur die Bonushöhe war das Ergebnis einer (neuen) Optimierung. Unter der Annahme eines perfekt präzisen, subjektiven Leistungsmaßes konditionierte der optimale hybride Vertrag nur auf das subjektive Maß und führte zur First-best-Lösung. Das verifizierbare, objektive Maß wurde gar nicht verwendet. Sein Vorhandensein beschränkte in diesem Fall nur die Realisierbarkeit des hybriden First-best-Vertrages. Die Analyse zur Realisierbarkeit des hybriden Vertrages konzentrierte sich hier auf den maximal möglichen Diskontierungszinssatz des Prinzipals i^{max}, bis zu dem der hybride Gleichgewichtsvertrag noch zustande kam. Für diesen Schwellenwert wurde die komparative Statik hinsichtlich der einzelnen Modellparameter durchgeführt. Für eine risikobehaftete, subjektive Größe konnte dagegen der Einfluss der Modellparameter auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages nur mittels einer numerischen Analyse (vgl. Abschnitt 5.4) untersucht werden. In diesem Fall basierte der hybride Anreizvertrag auf der objektiven, verifizierbaren Größe und das nichtverifizierbare Maß wurde in den Gleichgewichtsvertrag einbezogen, sofern es in Gegenwart des objektiven Performancemaßes informativ war. Der erwartete, einperiodige Überschuss des Prinzipals des hybriden Vertrages entsprach hier dem eines (expliziten) Vertrages, wenn beide Größen verifizierbar wären. Doch aufgrund des implizit versprochenen Bonus war im Unterschied zu einem solchen expliziten Vertrag der hybride Vertrag wieder nur bis zu einem gewissen Schwellenwert i^{max} des Diskontierungszinssatzes des Prinzipals realisierbar. In Zahlenbeispielen wurde geprüft, wie sich die Variation der Eingangsgrößen auf i^{max} auswirkte.

Im Gegensatz zu den Analysen von BGM (1994) und die des LEN-Modells in Kap. 4 wurde im diskreten Modell noch eine dritte Rückzugsposition des Prinzipals berücksichtigt. Diese stellte ein rein formaler Vertrag auf Basis des niedrigen Arbeitseinsatzes dar. Dieser Fall wurde der Vollständigkeit halber mit abgebildet, v. a. um die Zahlenbereiche bei der Durchführung der numerischen Analyse nicht unnötig einschränken zu müssen und dadurch eine bessere Anschaulichkeit der Ergebnisse zu ermöglichen.

Bei den aus der Analyse des diskreten Modells erzielten **Resultaten** zum Einfluss des Reservationsnutzens und der persönlichen Kosten aus dem Disnutzen auf die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages ergaben sich einige Unterschiede im Vergleich zu den Ergebnissen des LEN-Modells und den Untersuchungen für einen risikoneutralen Agenten in Kapitel 3. Diese waren bedingt durch die andere Modellstruktur. Die Analyse für ein perfekt präzises (risikoloses), subjektives Maß ergab bei der Rückzugsposition rein expliziter Vertrag bei a^h, dass eine Erhöhung des Informationsgehalts der objektiven Größe die Realisierbarkeit des hybriden Vertrages verschlechterte. Der Einfluss des Informationsgehalts der verifizierbaren Größe x wurde hier mittels komparativer Statik für die Einzelwahrscheinlichkeit der hohen Wertrealisierung bei hohem Arbeitseinsatz: $f(x^h|a^h)$ untersucht. Bei den Rückzugspositionen Produktionseinstellung sowie rein expliziter Vertrag bei a^l führte ein Anstieg von $f(x^h|a^h)$ dagegen zu einer verbesserten Realisierbarkeit. Die Ergebnisse der numerischen Analyse legen den Schluss nahe, dass die Resultate für ein perfekt präzises, subjektives Maß auch im Fall einer stochastischen, subjektiven Größe gelten, da sich diese Resultate in den untersuchten Zahlenbeispielen bestätigt haben. Darüber hinaus kann man hier direkt von einer Einschränkung des für verifizierbare Größen geltenden **„Informativeness"-Prinzips** sprechen.[242] Nämlich in allen Fällen, in denen der hybride Vertrag auf Basis von x und y aufgrund eines Überschreitens des maximal möglichen Diskontierungszinssatzes nicht realisierbar ist, wird das „Informativeness"-Prinzip eingeschränkt. Hier kann die subjektive Größe nicht verwendet werden, obwohl sie bei Verifizierbarkeit im optimalen Anreizvertrag enthalten wäre. Es entstehen dann bei Abschluss keines oder eines rein expliziten Vertrages nur auf Basis des objektiven Performancemaßes (d. h. bei Eintreten der jeweiligen Rückzugsposition) Wohlfahrtsverluste. Diese ergeben sich daraus, dass in diesen Fällen ein geringerer erwarteter (einperiodiger) Überschuss erzielt wird als aus dem Vertrag, wenn beide Größen verifizierbar wären bzw.

[242] Vergleichbare Ergebnisse wurden zwar auch im LEN-Modell und für das perfekt präzise Maß im diskreten Modell erzielt, allerdings bezieht sich das „Informativeness"-Prinzip auf stochastische Größen und im LEN-Modell war das nichtverifizierbare Maß eine risikolose Größe.

wenn der hybride Vertrag zustande käme. Die Wohlfahrtsverluste resultieren somit aus der Nichtkontrahierbarkeit der subjektiven Größe.

Auch aus der Analyse des diskreten Modells kann die **Empfehlung** abgeleitet werden, subjektive, nichtverifizierbare Maße zusätzlich zu objektiven Leistungsmaßen zur Anreizgestaltung von Mitarbeitern einzusetzen, sofern diese informativ über deren Arbeitseinsatz sind.[243] Gute Möglichkeiten zur Ausnutzung von Vorteilen aus einem verbesserten Risiko-Anreiz-Tradeoff durch den Einbezug nichtverifizierbarer Größen sind insbesondere dann zu erwarten, wenn die vorhandenen, verifizierbaren Maße nur einen geringen Informationsgehalt besitzen (da in der modelltheoretischen Betrachtung der hybride Vertrag dann eher möglich war). Das diskrete Modell erlaubte einen etwas allgemeineren Anwendungsbereich auf praktische Problemstellungen als das LEN-Modell. Wenn die subjektive Beurteilungsgröße nämlich der Zielgröße des Prinzipals entspricht (so wie bei BGM (1994) und im LEN-Modell), erscheint die Modellsituation eher die obere Hierarchieebene in Unternehmen abzubilden, da für Geschäftsführer der Beitrag zum Unternehmenswert (als typische Zielgröße des Prinzipals) als leichter (subjektiv) beurteilbar erscheint als für Mitarbeiter unterer Hierarchieebenen. Im diskreten Modell war dagegen die verifizierbare Größe die Zielgröße (bzw. das Ergebnis) des Prinzipals, also z. B. eine aus dem Rechnungswesen oder dem Aktienkurs abgeleitete Kennzahl. Demgegenüber könnte die nichtverifizierbare Größe nun subjektive Beurteilungen zu beliebigen Leistungsmaßen des Agenten (wie z. B. Qualitätsmerkmalen, Kundenfreundlichkeit, Engagement usw.) darstellen. Das Modellergebnis bei der Rückzugsposition eines rein formalen Vertrages bei a^h, dass ein zu hoher Informationsgehalt verifizierbarer Maße die Realisierbarkeit eines hybriden Vertrages unter Einbezug subjektiver Beurteilungsgrößen einschränkt, kann nun so interpretiert werden, dass Vorteile aus dem Einbezug subjektiver Größen eher bei Vorhandensein verifizierbarer Größen mit niedrigem Informationsgehalt bezüglich des Arbeitseinsatzes des Mitarbeiters genutzt werden können. Typische verifizierbare Performancemaße sind z. B. Kennzahlen aus dem Jahresabschluss des Unternehmens. Während diese sicherlich informativ über den Arbeitseinsatz der Geschäftsleitung sind, ist ihr Informationsgehalt bezüglich des Arbeitseinsatzes von Mitarbeitern unterer Hierarchieebenen vermutlich als eher gering einzuschätzen. Insofern könnte man das Modellergebnis so interpretieren, dass der Einbezug subjektiver Beurteilungen zusätzlich zu verifizierbaren Leistungsmaßen v. a. für

[243] Dabei muss allerdings beachtet werden, dass in der vorliegenden Arbeit unterstellt wurde, dass die Beobachtung der Beurteilungsgrößen mit keinerlei Kosten verbunden ist. Insofern sind mögliche Informationskosten bei der praktischen Umsetzung noch gesondert zu berücksichtigen.

Mitarbeiter untergeordneter Hierarchieebenen zu empfehlen ist, da für diese meist nur verifizierbaren Maße mit geringem Informationsgehalt zur Verfügung stehen dürften.

Die Untersuchungen im Rahmen der Arbeit haben u. a. verdeutlicht, dass Vorteile im Sinne von Wohlfahrtssteigerungen durch die Verwendung nichtverifizierbarer Beurteilungsgrößen in langfristigen Anreizverträgen nicht nur bei bestehenden Kongruenzproblemen bzw. dem Problem einer verzerrten Performancemessung wie bei BGM (1994)[244], sondern auch bei Vorliegen eines Risiko-Anreiz-Problems generiert werden können. Bei der Anwendung der modelltheoretischen Erkenntnisse auf praktische Problemstellungen und auch einer möglichen empirischen Überprüfung muss allerdings u. a. beachtet werden, dass die Gefahr des Vertragsbruchs von Seiten des Prinzipals nur einen potentiellen Problembereich darstellt, der im Zusammenhang mit subjektiven Leistungsbeurteilungen eine Rolle spielen kann. Weitere relevante Probleme sind z. B. Beeinflussungsmaßnahmen (Schmeicheleien) von Seiten des Agenten, um eine bessere Beurteilung zu erlangen, Kosten aus Streitigkeiten zwischen den Akteuren oder auch komprimierte Beurteilungen durch den Vorgesetzten (vgl. Abschnitt 3.1). Die daraus zu erwartenden Auswirkungen und möglichen Kosten sollten dann ebenfalls berücksichtigt werden.

[244] Die Verzerrung der objektiven Beurteilungsgröße im Modell von BGM (1994) wurde in der Literatur auch teilweise als Manipulierbarkeit der verifizierbaren Größe aufgefasst, z. B. von Gibbs et al. (2004)), S. 412 (vgl. Abschnitt 3.4).

Anhang A

Herleitungen zu Kapitel 2

A.1 Herleitungen zu Abschnitt 2.2.5

A 1.1 Herleitung von (2.65)

Ausgehend von der in (2.64) formulierten Zielfunktion: $\max EU^P = E\big(x(a,\theta)\big) - E\big(C(a)\big) - U^R$ ergibt sich die die Optimalitätsbedingung erster Ordnung als:

$$\frac{\partial(\,EU^P)}{\partial v_y} = \frac{\partial E(x\big(a^*(v_y)\big))}{\partial v_y} - \frac{\partial E(C(a^*(v_y))}{\partial v_y} = 0$$

Diese wird unter Anwendung der Kettenregel folgendermaßen gelöst:

$$E\left[\frac{\partial x\big(a(v_y)\big)}{\partial a} * \frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y}\right] - E\left[\frac{\partial C(a(v_y))}{\partial a} * \frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y}\right] = 0$$

Für die partielle Ableitung von $a(v_y)$ nach v_y wird die Variable a_v definiert: $\frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y} \equiv a_v$, so dass die Bedingung dann angegeben werden kann als:

$$E(x_a a_v) - E[C^{'}(a)a_v] = 0 \qquad \text{A.1.1}$$

Aus der in (2.63) angegebenen Anreizbedingung: $v_y y_a\left(a^*(v_y)\right) = C^{'}\left(a^*(v_y)\right)$ wird die linke Seite für $C^{'}(a)$ in A.1.1 substituiert:

$$E(x_a a_v) - E\big(v_y y_a a_v\big) = 0$$

Diese wird dann nach v_y umgestellt und man gelangt zu Formel (2.65): $v_y{}^* = \frac{E(x_a a_v^*)}{E(y_a a_v^*)}$.

A 1.2 Herleitung von (2.66)

Die Differenzierung der in (2.63) angegebenen Anreizbedingung: $v_y y_a\left(a^*(v_y)\right) = C^{'}\left(a^*(v_y)\right)$ führt zu:

$$\frac{\partial v_y y_a\big(a^*(v_y)\big)}{\partial v_y} = \frac{\partial C^{'}(a\big(v_y\big))}{\partial v_y}$$

Dabei wird die partielle Ableitung der linken Seite unter Anwendung der Produktregel und die der rechten Seite mit Hilfe der Kettenregel gebildet, so dass man zu folgender Gleichung gelangt:

$$1 * y_a + v_y * \frac{\partial y_a(a\big(v_y\big))}{\partial v_y} = \frac{\partial C^{'}(a\big(v_y\big))}{\partial a} * \frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y}$$

$$\leftrightarrow \quad y_a + v_y * \left[\frac{\partial y_a(a)}{\partial a} * \frac{\partial a(v_y)}{\partial v_y}\right] = C''(a) * a_v$$

$$\leftrightarrow \quad y_a + v_y y_{aa} a_v = C''(a) * a_v$$

$$\leftrightarrow \quad y_a = a_v(C''(a) - v_y y_{aa}) \qquad \text{A. 1.2}$$

Die Umstellung von A.1.2 nach a_v führt dann zu der in (2.66) angegebenen Gleichung: $a_v = \frac{y_a}{C''-v_y y_{aa}}$.

A.2 Herleitungen zu Abschnitt 2.3.2

A 2.1 Herleitung von (2.92)

Das in (2.91) dargestellte Optimierungsproblem: $\max_v CEP = \boldsymbol{d}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v})'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}) - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\sum\boldsymbol{v}$ lässt sich unter Anwendung der Matrixoperation $(AB)' = B'A'$ folgendermaßen umformen:

$$\begin{aligned}\max_v CEP &= \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} - \tfrac{1}{2}\boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}')\boldsymbol{v} - \tfrac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\sum\boldsymbol{v} \\ &= (\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d})'\boldsymbol{v} - \tfrac{1}{2}\boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}')\boldsymbol{v} - \tfrac{1}{2}\boldsymbol{r}\boldsymbol{v}'\sum\boldsymbol{v} \qquad \text{A.1.3}\end{aligned}$$

Für die Differentiation linearer Funktionen gilt: $\frac{\partial a'z}{\partial z} = a$ und falls die Matrix A symmetrisch ist: $\frac{\partial z'Az}{\partial z} = 2Az$.[245]

Sowohl die Kovarianzmatrix $\sum$ als auch die Matrix $\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}'$ sind symmetrisch, so dass sich die ausgehend von A.1.3 erstellte Bedingung erster Ordnung folgendermaßen ergibt:

$$\frac{\partial CEP}{\partial v} = \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} - \boldsymbol{r}\sum\boldsymbol{v} = 0 \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v} + r\sum\boldsymbol{v}$$

Anschließend wird $\boldsymbol{v}$ ausgeklammert: $\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d} = (\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\sum)\boldsymbol{v}$ und man erhält nach der Matrizen-Multiplikation beider Seiten mit der inversen Matrix von $(\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\sum)$ den in Formel (2.92) angegebenen Vektor der optimalen Beteiligungsraten: $\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{SB}} = (\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\sum)^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d}$**.**

A 2.2 Herleitung von (2.94)

Ausgehend von der in (2.85) angegebenen Definition für den erwarteten Gesamtüberschuss: $\pi = E(x(\boldsymbol{a})) - C(\boldsymbol{a}) - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\sum\boldsymbol{v} = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}r\boldsymbol{v}'\sum\boldsymbol{v}$ ergibt sich nach Substitution von $\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{SB}} = (\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{\mu}' + r\sum)^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}\boldsymbol{d}$ **(**vgl. (2.92)) und $\boldsymbol{a}^{\boldsymbol{SB}} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{SB}}$ (vgl. (2.93)) folgender Ausdruck:

[245] Vgl. von Auer (2013), S. 159.

$$\pi = \boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d} - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d})'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$
$$- \frac{1}{2}r[(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}]'\Sigma(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$

Unter Anwendung der Matrixoperation $(AB)' = B'A'$ ergibt sich:

$$\pi = \boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d} - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu d})'[\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}]'\boldsymbol{\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$
$$- \frac{1}{2}r(\boldsymbol{\mu d})'((\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1})'\Sigma(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$

Da für eine symmetrische Matrix gilt: $A = A'$, entspricht: $((\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1})' = (\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1})$, somit folgt:

$$\pi = \boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$
$$- \frac{1}{2}r\boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}\Sigma(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$$

Der Term $\boldsymbol{d'\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}$ kann ausgeklammert werden und es ergibt sich:

$$\pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\left[\boldsymbol{1} - \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{\mu\mu'}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1} - \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{r}\Sigma(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\right]\boldsymbol{\mu d}$$

Als nächstes kann der Term: $(\mu\mu' + r\Sigma)^{-1}$ in der eckigen Klammer ebenfalls ausgeklammert werden:

$$\pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\left[\boldsymbol{1} - \frac{\boldsymbol{1}}{\boldsymbol{2}}(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}\right]\boldsymbol{\mu d}$$

Die Matrix-Multiplikation von $(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)(\boldsymbol{\mu\mu'} + r\Sigma)^{-1}$ führt zur Einheitsmatrix I, so dass sich der erwartete Second-best-Gesamtüberschuss der Agency-Beziehung zu dem in Formel (2.94) angegebenen Ausdruck: $\pi^{SB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu\mu}' + r\Sigma)^{-1}\boldsymbol{\mu d}$ verkürzt.

A 2.3 Herleitung von (2.103)

Ausgehend von (2.102): $max_v\, CEP = d'\mu'v - \frac{1}{2}v'(\mu\mu')v$ soll im Folgenden gezeigt werden, wie diese Zielfunktion in der Schreibweise mit Summenzeichen dargestellt wird. Dabei wird wie im Text von einer Situation mit zwei Beurteilungsgrößen und beispielhaft von zwei möglichen Aktionen des Agenten ausgegangen. Die ausführliche Form der Darstellung gestaltet sich wie folgt:

$$\max_{v} CEP = (d_1 \quad d_2)\begin{pmatrix}\mu_{11} & \mu_{21}\\ \mu_{12} & \mu_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix} - \frac{1}{2}(v_1 \quad v_2)\begin{pmatrix}\mu_{11} & \mu_{12}\\ \mu_{21} & \mu_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\mu_{11} & \mu_{21}\\ \mu_{12} & \mu_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}$$

$$\max_{v} CEP = \big((d_1\mu_{11} + d_2\mu_{12}) \quad (d_1\mu_{21} + d_2\mu_{22})\big)\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}$$
$$- \frac{1}{2}(v_1 \quad v_2)\begin{pmatrix}(\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2) & (\mu_{11}\mu_{21} + \mu_{12}\mu_{22})\\ (\mu_{21}\mu_{11} + \mu_{22}\mu_{12}) & (\mu_{21}^2 + \mu_{22}^2)\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v_1\\ v_2\end{pmatrix}$$

$$max_v\, CEP = v_1(d_1\mu_{11} + d_2\mu_{12}) + v_2\big(d_1\mu_{21} + d_2\mu_{22}\big) - \tfrac{1}{2}(v_1(v_1(\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2) +$$
$$v_2(\mu_{11}\mu_{21} + \mu_{12}\mu_{22}) + v_2(v_1(\mu_{21}\mu_{11} + \mu_{22}\mu_{12}) + \ v_2(\mu_{21}^2 + \mu_{22}^2))$$

Bei der Schreibweise mit Summenzeichen bezeichnet wie zuvor p den Laufindex für die Performancemaße, $m = 2$ die Anzahl der Performancemaße und der Laufindex für die Aktionen ist q und die Anzahl der Aktionen bzw. Aufgaben wird wie bisher mit n bezeichnet:

$$\max_{v} CEP = \sum_{p=1}^{2} v_p \sum_{q=1}^{n} d_q\mu_{pq} - \frac{1}{2}\big(v_1^2(\mu_{11}^2 + \mu_{12}^2) + v_1v_2(\mu_{11}\mu_{21} + \mu_{12}\mu_{22})\big)$$
$$+ (v_2v_1(\mu_{21}\mu_{11} + \mu_{22}\mu_{12}) + \ v_2^2(\mu_{21}^2 + \mu_{22}^2))$$

$$\max_{v} CEP = \sum_{p=1}^{2} v_p \sum_{q=1}^{n} d_q\mu_{pq} - \frac{1}{2}\big((v_1^2\mu_{11}^2 + v_1^2\mu_{12}^2) + 2v_1v_2(\mu_{11}\mu_{21})\big) + 2v_2v_1\mu_{22}\mu_{12}$$
$$+ \ (v_2^2\mu_{21}^2 + v_2^2\mu_{22}^2))$$

$$\max_{v} CEP = \sum_{p=1}^{2} v_p \sum_{q=1}^{n} d_q\mu_{pq} - \frac{1}{2}\Big(\big(v_1\ \mu_{11} + v_1\ \mu_{12}\big)^2\Big) + (v_2\ \mu_{21} + v_2\ \mu_{22})^2)$$

Letztlich ergibt sich der Ausdruck in (2.103):

$$\max_{v_p} CEP = \sum_{p=1}^{2} v_p \sum_{q=1}^{n} d_q\mu_{pq} - \frac{1}{2}\sum_{p=1}^{2}\left(\sum_{q=1}^{n} v_p\ \mu_{pq}\right)^2$$

A 2.4 Herleitung von (2.100)[246]

Den Ausgangspunkt der Herleitung von (2.100) bildet die in (2.103) angegebene Zielfunktion. Durch eine Umgruppierung der Summenzeichen von (2.103) gelangt man zu:

$$\max_{v_p} CEP = \sum_{q=1}^{n} d_q \sum_{p=1}^{2} v_p\mu_{pq} - \frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}\left(\sum_{p=1}^{2} v_p\ \mu_{pq}\right)^2$$

[246] Vgl. Datar/Kulp/Lambert (2001), S. 89.

Zur besseren Übersichtlichkeit definiert man im Folgenden: $\sum_{p=1}^{2} v_p \mu_{pq} \equiv h_q$, so dass sich das Optimierungsproblem nun folgendermaßen gestaltet:

$$\max_{v_p} CEP = \sum_{q=1}^{n} d_q\, h_q - \frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n} {h_q}^2$$
$$= \sum_{q=1}^{n}(d_q\, h_q - \frac{1}{2}{h_q}^2) = -\frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}(-2d_q\, h_q + {h_q}^2)$$
$$\max_{v_p} CEP = -\frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}({h_q}^2 - 2d_q h_q)$$

Im nächsten Schritt erfolgt die Erweiterung zur binomischen Formel:

$$\max_{v_p} CEP = -\frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}({h_q}^2 - 2d_q h_q + {d_q}^2 - {d_q}^2)$$
$$\max_{v_p} CEP = -\frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}({h_q}^2 - 2d_q h_q + {d_q}^2) + \frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n} {d_q}^2$$

$$\max_{v_p} CEP = -\frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n}(h_q - d_q)^2 + \frac{1}{2}\sum_{q=1}^{n} {d_q}^2 \qquad A.1.4$$

Da der letzte Term unabhängig von v_p ist, kann er somit weggelassen werden und auch die Konstante ½ spielt für die Optimierung keine Rolle und wird im Weiteren außer Acht gelassen. Die Maximierung der Zielfunktion in A.1.4 ist äquivalent zur Minimierung der mit (-1) multiplizierten Zielfunktion, insofern ergibt sich nun (nach einem Rücktausch von $\sum_{p=1}^{2} v_p \mu_{pq} \equiv h_q$):

$$\min_{v_p} \sum_{q=1}^{n}(d_q - h_q)^2 = \min_{v_p} \sum_{q=1}^{n}\left[d_q - \sum_{p=1}^{2} v_p \mu_{pq}\right]^2$$

Man erhält somit das in (2.100) angegebene Maß der Inkongruenz.

Anhang B

Herleitungen zu Kapitel 3

B.1 Herleitungen zu Abschnitt 3.2.1

B 1.1 Herleitung von (3.14)

In die in (3.12) angegebene Zielfunktion: $\max_{v_y} \; EU^P(v_y) = E_\mu\left(a(\mu, v_y) - \frac{c}{2}a(\mu, v_y)^2 - U^R\right)$ wird die Anreizbedingung in (3.13) : $a^{SB} = \frac{\mu v_y}{c}$ substituiert und man erhält das folgende unbeschränkte Optimierungsproblem:

$$\max_{v_y} \; EU^P(v_y) = E_\mu\left[\frac{\mu v_y}{c} - \frac{c}{2} * \left(\frac{\mu v_y}{c}\right)^2 - U^R\right]$$

Aus dem Verschiebungssatz ergibt sich für $E(\mu^2) = E(\mu)^2 + var(\mu)$ und außerdem muss die Annahme: $E(\mu) = 1$ berücksichtigt werden. Mithin erhält man:

$$\max_{v_y} EU^P(v_y) = \frac{v_y}{c} - v_y^2 \frac{c}{2}\frac{(1+\sigma_\mu^2)}{c^2} - U^R = \frac{v_y}{c} - \frac{v_y^2}{2c}(1+\sigma_\mu^2) - U^R \qquad \text{B1.1}$$

Aus der Optimalitätsbedingung erster Ordnung: $\frac{\partial EU^P(v_y)}{\partial v_y} = \frac{1}{c} - \frac{1}{c}(1+\sigma_\mu^2)v_y = 0$

ergibt sich der in (3.14) angegebene optimale Bonus des rein expliziten Vertrages: $v_y^* = \frac{1}{1+\sigma_\mu^2}$.

B 1.2 Herleitung von (3.15)

Wenn man den Bonus des expliziten Vertrages: $v_y^* = \frac{1}{1+\sigma_\mu^2}$ (vgl. (3.14)) in Gleichung B1.1 einsetzt, ergibt sich daraus (3.15):

$$EU^P(v_y) = \frac{1}{(1+\sigma_\mu^2)c} - \frac{1}{(1+\sigma_\mu^2)2c} - U^R = \frac{1}{(1+\sigma_\mu^2)2c} - U^R$$

B1.3 Herleitung von (3.21) und (3.22)

Das Optimierungsprogramm, das aus der Zielfunktion in (3.11), der Anreizbedingung in (3.7) sowie der in (3.20) gegebenen GW-Bedingung besteht, mithin:

$$\max_{v_x, v_y} EU^P(v_x, v_y) = E_\mu\left(a(\mu, v_x, v_y) - \frac{c}{2}a(\mu, v_x, v_y)^2 - U^R\right)$$

$$u.d.N. \quad a^{SB} = \frac{v_x + \mu v_y}{c}$$

$$EU^P(v_x, v_y) - EU^P(v_y) \geq i v_x$$

wird im ersten Schritt durch Substitution von a^{SB} (vgl. (3.7)) in die Zielfunktion wie folgt vereinfacht:

$$\max_{v_x,v_y} EU^P(v_x,v_y) = E_\mu\left[\frac{v_x+\mu v_y}{c} - \frac{c}{2}\frac{(v_x+\mu v_y)^2}{c^2} - U^R\right]$$

$$\leftrightarrow \max_{v_x,v_y} EU^P(v_x,v_y) = E_\mu\left[\frac{(v_x+\mu v_y)}{c} - \frac{(v_x^2+2\mu v_x v_y+\mu^2 v_y^2)}{2c} - U^R\right]$$

Bei der Bildung der Erwartungswerte berücksichtigt man wieder den Verschiebungssatz und die Annahme $E(\mu)=1$, so dass gilt: $E(\mu^2)=1+\sigma_\mu^2$, somit erhält man:

$$max_{v_x,v_y}\, EU^P(v_x,v_y) = \frac{v_x+v_y}{c} - \frac{v_x^2+2v_xv_y+(1+\sigma_\mu^2)v_y^2}{2c} - U^R \qquad \text{B1.2}$$

Zur Lösung von B1.2 unter Beachtung der GW-Bedingung: $EU^P(v_x,v_y) - EU^P(v_y^*) = iv_x$ (vgl. (3.20)) wird die Lagrangefunktion aufgestellt und $EU^P(v_y^*) = \frac{1}{2c(1+\sigma_\mu^2)} - U^R$ (vgl. (3.15)) eingesetzt:

$$L = \frac{v_x+v_y}{c} - \left(\frac{v_x^2+2v_xv_y+(1+\sigma_\mu^2)v_y^2}{2c}\right) - U^R + \lambda\left[\frac{v_x+v_y}{c} - \left(\frac{v_x^2+2v_xv_y+(1+\sigma_\mu^2)v_y^2}{2c}\right) - U^R - \frac{1}{2c(1+\sigma_\mu^2)} + U^R - iv_x\right] \qquad \text{B1.3}$$

Man erhält aus B1.3 die folgende Optimalitätsbedingung für v_x (Annahme: $v_x > 0$):

$$\frac{\partial L}{\partial v_x} = \frac{1}{c} - \frac{v_x}{c} - \frac{2v_y}{2c} + \frac{\lambda}{c} - \frac{2\lambda v_x}{2c} - \frac{2\lambda v_y}{2c} - \lambda i = 0 \quad /*\, c$$

$$\leftrightarrow\; 1 - v_x - v_y + \lambda - \lambda v_x - \lambda v_y - \lambda ic = 0$$

Durch Ausklammern des Lagrange-Multiplikators ergibt sich schließlich (3.21**)**: $\frac{\partial L}{\partial v_x} = 0: (1+\lambda)(1-v_x-v_y) = \lambda ic.$

Die Optimalitätsbedingung für v_y in (3.22) ermittelt sich analog durch Nullsetzen der partiellen Ableitung der Lagrangefunktion in B1.3 nach v_y (Annahme: $v_y > 0$):

$$\frac{\partial L}{\partial v_y} = \frac{1}{c} - \frac{2v_x}{2c} - \frac{2(1+\sigma_\mu^2)v_y}{2c} + \frac{\lambda}{c} - \frac{2\lambda v_x}{2c} - \frac{2\lambda(1+\sigma_\mu^2)v_y}{2c} = 0 \quad /*\, c$$

$$\leftrightarrow 1 - v_x - (1+\sigma_\mu^2)v_y + \lambda - \lambda v_x - \lambda v_y(1+\sigma_\mu^2) = 0$$

Nach Ausklammern von λ ergibt sich dann (3.22): $\frac{\partial L}{\partial v_y} = 0$: $(1+\lambda)\big(1 - v_x - \big(1 + \sigma_\mu^2\big)v_y\big) = 0$.

B1.4 Herleitung von (3.25)

Die Herleitung erfolgt ausgehend von der in (3.24) angegebenen vereinfachten GW-Bedingung: $\frac{v_x(2-v_x)}{2c} * \frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} \geq v_x i$. Die Division der Ungleichung durch v_x auf beiden Seiten führt zu: $\frac{2-v_x}{2c} * \frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} \geq i$ (B1.4). Das First-best-Niveau $\boldsymbol{v_x^{**}} = \mathbf{1}$ wird erreicht, wenn diese Bedingung als Ungleichung erfüllt ist: $\frac{2-v_x}{2c}\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} > i$. Durch Einsetzen von $v_x = 1$ ergibt sich: $\frac{1}{2c}\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} > i$, was dann folgendermaßen umgestellt werden kann:

$\leftrightarrow \sigma_\mu^2 > i\big(2c + 2c\sigma_\mu^2\big) \qquad /-2ci\sigma_\mu^2$

$\leftrightarrow (1-2ci)\sigma_\mu^2 > 2ci$

$\leftrightarrow \sigma_\mu^2 > \frac{2ci}{1-2ci}$ und somit den Gültigkeitsbereich für $v_x^{**} = 1$ in (3.25**)** angibt.

Wenn die Bedingung in (3.24) bindet, ist die sich daraus ergebende Lösung für v_x nur second-best. Aus der Umstellung der oben angegebenen Formel B1.4 erhält man:

$$\leftrightarrow \left(\frac{1}{c} - \frac{v_x}{2c}\right)\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} = i$$

$$\frac{1}{c}\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) - i = \frac{v_x}{2c}\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) \qquad /* \frac{2c}{\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}}$$

$$\frac{2c\left[\frac{1}{c}\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) - i\right]}{\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}} = v_x$$

$$2 - \frac{2ci\big(1+\sigma_\mu^2\big)}{\sigma_\mu^2} = v_x^{**}$$

Falls die Nebenbedingung (3.24) nicht erfüllt ist, ist kein impliziter Vertrag möglich, so dass $v_x^{**} = 0$. Durch Substitution von $v_x^{**} = 0$ in die nicht erfüllte Bedingung B1.4 ermittelt sich der entsprechende Bereich (vgl. (3.25**))** wie folgt:

$$\frac{2-0}{2c}*\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}<i$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{c}*\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}<i$$

$$\leftrightarrow \sigma_\mu^2 < i\left(c+c\sigma_\mu^2\right) \quad /-ci\sigma_\mu^2$$

$$\leftrightarrow (1-ci)*\sigma_\mu^2 < ci$$

$$\leftrightarrow \frac{1-ci}{ci}<\frac{1}{\sigma_\mu^2}$$

$$\leftrightarrow \sigma_\mu^2 < \frac{ci}{1-ci}$$

B1.5 Herleitung von (3.28)

In die in (3.27) aufgeführte GW-Bedingung: $EU^P\left(v_x, v_y\right) \geq iv_x$ wird gem. B1.2: $EU^P\left(v_x, v_y\right) = \frac{v_x+v_y}{c} - \frac{v_x^2+2v_xv_y+\left(1+\sigma_\mu^2\right)v_y^2}{2c} - U^R$ eingesetzt:

$$\frac{v_x+v_y}{c} - \frac{v_x^2+2v_xv_y+\left(1+\sigma_\mu^2\right)v_y^2}{2c} - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{2v_x+2v_y-v_x^2-2v_xv_y-\left(1+\sigma_\mu^2\right)v_y^2}{2c} - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{2v_x-v_x^2+2v_y(1-v_x)-\left(1+\sigma_\mu^2\right)v_y^2}{2c} - U^R \geq iv_x$$

Einsetzen von $v_y^{**} = \frac{1-v_x}{1+\sigma_\mu^2}$ (vgl. (3.23) führt zu:

$$\frac{2v_x - v_x^2 + 2\frac{(1-v_x)(1-v_x)}{1+\sigma_\mu^2} - \frac{\left(1+\sigma_\mu^2\right)(1-v_x)^2}{\left(1+\sigma_\mu^2\right)^2}}{2c} - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{v_x(2-v_x)+\frac{(1-v_x)^2}{1+\sigma_\mu^2}}{2c} - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2c}\left(-v_x^2+2v_x+\frac{(1-v_x)^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2c}\left(\frac{-v_x^2\left(1+\sigma_\mu^2\right)+2v_x\left(1+\sigma_\mu^2\right)+(1-v_x)^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) - U^R \geq iv_x$$

Der Zähler des Bruchs in Klammern vereinfacht sich folgendermaßen: $-v_x^2 - v_x^2\sigma_\mu^2 + 2v_x + 2v_x\sigma_\mu^2 + 1 - 2v_x + v_x^2 = -v_x^2\sigma_\mu^2 + 2v_x\sigma_\mu^2 + 1$ und somit ergibt sich:

$$\leftrightarrow \frac{1}{2c}\left(\frac{-v_x^2\sigma_\mu^2 + 2v_x\sigma_\mu^2 + 1}{1+\sigma_\mu^2}\right) - U^R \geq iv_x$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2c}\left(-v_x^2\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) + 2v_x\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right) + \frac{1}{1+\sigma_\mu^2}\right) - U^R \geq iv_x$$

Im letzten Schritt wird der Bruch $\frac{1}{1+\sigma_\mu^2}$ noch so umgeformt, dass er auch den Ausdruck: $\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}$ enthält, da dieser dann als Variable k definiert werden soll:

$$\frac{1}{1+\sigma_\mu^2} = \frac{1+\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} - \frac{(1+\sigma_\mu^2)-1}{1+\sigma_\mu^2} = 1 - \frac{(1+\sigma_\mu^2)-1}{1+\sigma_\mu^2} = 1 - \frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}$$

Nach Substitution dieses umgeformten Bruchs ergibt sich (3.28):

$$\frac{1}{2c}\left(-v_x^2\underbrace{\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right)}_{\equiv k} + 2v_x\underbrace{\left(\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}\right)}_{\equiv k} + 1 - \underbrace{\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2}}_{\equiv k<1}\right) - U^R \geq v_x i$$

B1.6 Herleitung von (3.29)

Wenn die Ungleichung in (3.28) als Gleichung erfüllt ist, kann man diese nach dem Bonus v_x lösen. Nach Substitution von $\frac{\sigma_\mu^2}{1+\sigma_\mu^2} \equiv k$ ergibt sich die quadratische Gleichung:

$$\frac{1}{2c}(-v_x^2 k + 2v_x k + 1 - k) - U^R = v_x i \quad /*\,2c$$

$$\leftrightarrow -v_x^2 k + 2v_x k + 1 - k - 2cU^R = 2v_x ci$$

$$\leftrightarrow -v_x^2 k + \underbrace{(2k - 2ci)}_{\equiv C} v_x + \underbrace{1 - k - 2cU^R}_{\equiv D} = 0 \quad /\div(-k)$$

$$\leftrightarrow v_x^2 - \left(\frac{2k-2ci}{k}\right)v_x - \frac{(1-k-2cU^R)}{k} = 0$$

$$\leftrightarrow v_x^2 - \frac{C}{k}v_x - \frac{D}{k} = 0$$

$$v_{x_{1/2}} = \frac{C}{2k} \pm \sqrt{\frac{C^2}{4k^2} + \frac{D}{k}}$$

Der optimale Bonus ist der höchste Wert, der sich für v_x im Bereich von null bis eins ergibt, somit erhält man als Lösung die in (3.29) angegebene Gleichung:

$$v_x^{**} = \frac{C + \sqrt{C^2 + 4kD}}{2k} \quad mit \quad C \equiv 2k - 2ci \quad und \quad D \equiv 1 - k - 2cU^R$$

B.2 Herleitungen zu Abschnitt 3.2.2

B2.1 Herleitung von (3.36)

In die in (3.35) angegebenen Zielfunktion: $\max_v U^P = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a} - U^R$ wird $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{\mu v}$ gem. (3.34) substituiert und nach Anwendung der Matrixoperation $(AB)' = B'A'$ ergibt sich:

$$\max_v U^P = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu v} - \frac{1}{2}\boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})\boldsymbol{v} = (\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu})\boldsymbol{v} - \frac{1}{2}\boldsymbol{v}'(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})\boldsymbol{v}$$

Für die Differentiation linearer Funktionen gilt: $\frac{\partial a'z}{\partial z} = a$ und falls die Matrix A symmetrisch ist: $\frac{\partial z'Az}{\partial z} = 2Az$. Da die Matrix $\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}$ symmetrisch ist, ermittelt sich die Bedingung erster Ordnung wie folgt:

$$\frac{\partial U^P}{\partial v} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu v} = 0 \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu v}$$

Anschließend führt die Matrizen-Multiplikation beider Seiten mit der inversen Matrix von $(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})$ zu dem in (3.36**)** angegebenen Vektor der optimalen Beteiligungsraten: $\boldsymbol{v^0} = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$**.**

B2.2 Herleitung von (3.37)

Nach Substitution von: $\boldsymbol{v^0} = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$ **(**vgl. (3.36)) und $\boldsymbol{a^0} = \boldsymbol{\mu v^0} = \boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$ (gem. (3.34)) in den erwarteten Gesamtüberschuss: $\pi \equiv \boldsymbol{d}'\boldsymbol{a} - \frac{1}{2}\boldsymbol{a}'\boldsymbol{a}$ erhält man:

$$\pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})'(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-1}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}) \qquad \text{B1.5}$$

Unter mehrfacher Anwendung der Matrixoperation $(AB)' = B'A'$ ergibt sich:

$$\leftrightarrow \pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})'(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}})'(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})$$

$$\leftrightarrow \pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}\prime}\boldsymbol{\mu}'(\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})$$

$$\leftrightarrow \pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}\prime}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$$

Der Term: $\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}$ vereinfacht sich zur Einheitsmatrix I und $(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}\prime} = ((\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})')^{-\boldsymbol{1}} = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}$, so dass man folgenden Ausdruck erhält:

$$\pi = \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} - \tfrac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d} \quad \text{B1.6}$$

und dieser vereinfacht sich zu der in (3.37) angegebenen Gleichung**:** $\pi^0 = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$**.**

B2.3 Herleitung von (3.39)

Der verkürzte Ausdruck in (3.39): $\pi^0 = \boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}}/\boldsymbol{2}$ wird unter Verwendung von (3.38): $\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} \equiv \boldsymbol{\mu}\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}}$ und (3.36): $\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}} = (\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$ in die folgende ausführliche Form überführt:

$$\pi^0 = (\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d})'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}/\boldsymbol{2} \quad \text{B1.7}$$

Der in B1.7 angegebene Term stimmt mit dem in Gleichung B1.5 angegebenen rechten Term überein (bis auf das Minuszeichen). Aus der Herleitung in Punkt B2.2 ist ersichtlich, wie die Umformung zu dem rechten Term in B1.6 erfolgt. Der rechte Term in B1.6 entspricht nun bis auf das Minuszeichen dem in Gleichung (3.37) angegebenen erwarteten Gesamtüberschuss: $\pi^0 = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{\mu})^{-\boldsymbol{1}}\boldsymbol{\mu}'\boldsymbol{d}$**,** so dass beide Ausdrücke demnach äquivalent sind.

B2.4 Herleitung von (3.53)

Den Ausgangspunkt der Herleitung bildet (3.52): $B \geq \frac{1}{2}\boldsymbol{v_v}{}'\boldsymbol{\mu_v}'\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} - \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} + \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} \equiv \hat{B}$

Einsetzen von: $\boldsymbol{v_v} = \boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}}$ (vgl. (3.36)**)** sowie $\boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v_v} = \boldsymbol{\mu_v}\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}} = \boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}}$ **(**vgl. (3.38)) führt zu:

$$\hat{B} = \frac{1}{2}\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}}{}'\boldsymbol{\mu_v}'\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} + \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}$$

Aus der Umformung von: $\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}}{}'\boldsymbol{\mu_v}' = (\boldsymbol{\mu_v}\,\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}})'$ und der Substitution von: $\boldsymbol{d}'\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} = \boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}}$ (siehe (3.37)- (3.39)) ergibt sich:

$$\hat{B} = \frac{1}{2}(\boldsymbol{\mu_v}\,\boldsymbol{v}^{\boldsymbol{0}})'\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} + \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}$$

$$\leftrightarrow \hat{B} = \frac{1}{2}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} - \boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}} + \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d} - \frac{1}{2}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}\prime}\boldsymbol{\mu}^{\boldsymbol{0}}$$

Gem. (2.86): $\pi^{FB} = \frac{1}{2}\boldsymbol{d}'\boldsymbol{d}$ und (3.39): $\pi^0 = \boldsymbol{\mu^0}'\boldsymbol{\mu^0}/\mathbf{2}$ ergibt sich der in (3.53) angegebene Bonus: $\hat{B} = \pi^{FB} - \pi^0$.

Anhang C

Herleitungen zu Kapitel 4

C.1 Herleitungen zu Abschnitt 4.2

C 1.1 Herleitung von (4.10)

In die Zielfunktion in (4.5) : $CEP^0 = da^0 - \frac{c}{2}(a^0)^2 - \frac{r}{2}(v_y^0)^2\sigma^2 - CEA_0$ werden a^0 gem. (4.9): $a^0 = \frac{\mu}{c}\frac{d\mu}{(\mu^2+cr\sigma^2)}$ und v_y^0 gem. (4.8): $v_y^0 = \frac{d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}$ eingesetzt, so dass sich folgender Term ergibt:

$$CEP^0 = \frac{d\mu}{c}\frac{d\mu}{(\mu^2+cr\sigma^2)} - \frac{c}{2}\left(\frac{\mu}{c}\frac{d\mu}{(\mu^2+cr\sigma^2)}\right)^2 - \frac{r\sigma^2}{2}\left(\frac{d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}\right)^2$$

$$\leftrightarrow CEP^0 = \frac{d^2\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} - \frac{1}{2}\frac{d^2\mu^4}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2} - \frac{1}{2}\frac{r\sigma^2 d^2\mu^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)^2} - CEA_0$$

Als nächstes werden die Brüche gleichnamig gemacht und im Zähler wird d^2 ausgeklammert, so dass sich der obenstehende Ausdruck folgendermaßen umformt:

$$\leftrightarrow CEP^0 = \left(\frac{\mu^2(\mu^2+cr\sigma^2)}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2} - \frac{1}{2}\frac{\mu^4}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2} - \frac{1}{2}\frac{cr\sigma^2\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2}\right)d^2 - CEA_0$$

$$\leftrightarrow CEP^0 = \left(\frac{\mu^2(\mu^2+cr\sigma^2) - \frac{1}{2}\mu^4 - \frac{1}{2}cr\sigma^2\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2}\right)d^2 - CEA_0$$

$$\leftrightarrow CEP^0 = \left(\frac{\mu^2(\mu^2+cr\sigma^2) - \frac{1}{2}\mu^2(\mu^2+cr\sigma^2)}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2}\right)d^2 - CEA_0$$

$$\leftrightarrow CEP^0 = \frac{\frac{1}{2}\mu^2(\mu^2+cr\sigma^2)}{c(\mu^2+cr\sigma^2)^2}d^2 - CEA_0$$

Nach Kürzung des Terms $(\mu^2 + cr\sigma^2)$ ergibt sich der in Gleichung (4.10) angegebene Ausdruck: $CEP^0 = \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} - CEA_0$.

C1.2 Herleitung von (4.11)

Die Agency-Kosten ergeben sich als Differenz von $CEP^{FB} = \frac{d^2}{2c} - CEA_0$ (siehe (2.47), S. 43) und $CEP^0 = \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0$ (vgl. (4.10)) :

$$CEP^{FB} - CEP^0 = \left(\frac{d^2}{2c} - CEA_0\right) - \left(\frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0\right) = \frac{d^2(\mu^2 + cr\sigma^2) - \mu^2 d^2}{2c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$
$$= \frac{d^2(\mu^2 + cr\sigma^2 - \mu^2)}{2c(\mu^2 + cr\sigma^2)} = \frac{d^2 cr\sigma^2}{2c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Somit erhält man den in (4.11) angegebenen Term: $CEP^{FB} - CEP^0 = \frac{d^2 r\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)}$.

C.2 Herleitungen zu Abschnitt 4.3.1

C 2.1 Herleitung von (4.26)

Durch das Einsetzen von $a = \frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}$ gem. (4.25) und $v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$ gem. (4.22) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (4.24):

$$da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 - \left(\frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0\right) \geq iv_x da$$

erhält man:

$$d\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right) - \frac{c}{2}\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right)^2 - \frac{r}{2}\left(\frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}\right)^2 \sigma^2 - CEA_0$$
$$- \left(\frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0\right) \geq iv_x d\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right)$$

Diese Ungleichung wird mit Hilfe der Software Maple 17 vereinfacht zu:

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 v_x^2 + 2cr\sigma^2 v_x + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - \frac{1}{2}\frac{\mu^2 d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} \geq \frac{iv_x d^2(\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Weitere Umformungen mit Maple 17 führen zur Bedingung in (4.26):

$$-\frac{1}{2}\frac{rv_x\sigma^2(v_x-2)cd^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} \geq \frac{iv_xd^2(\mu^2+v_xcr\sigma^2)}{c(\mu^2+cr\sigma^2)}$$

C2.2 Herleitung von (4.27)

Zuerst wird die Lösung von v_x für den Fall bestimmt, dass die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (4.26) als Gleichung erfüllt ist:

$$-\frac{1}{2}\frac{rv_x\sigma^2(v_x-2)cd^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} = \frac{iv_xd^2(\mu^2+v_xcr\sigma^2)}{c(\mu^2+cr\sigma^2)}$$

Zur Lösung der obigen Gleichung nach v_x werden beide Seiten zuerst mit 2 multipliziert und danach werden die ausmultiplizierten Zähler der beiden Brüche so angeordnet, dass v_x^2 und v_x ausgeklammert werden können:

$$v_x^2 * \left(\frac{2id^2r\sigma^2+r\sigma^2d^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)}\right) + v_x * \left(\frac{2id^2\mu^2-2cr\sigma^2d^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)}\right) = 0 \quad /\div \frac{2id^2r\sigma^2+r\sigma^2d^2}{(\mu^2+cr\sigma^2)}$$

$$v_x^2 + v_x * \left(\frac{2i\mu^2-2cr\sigma^2}{c}\right)\left(\frac{1}{2ir\sigma^2+r\sigma^2}\right) = 0$$

$$v_x^2 + v_x * \left(\frac{2i\mu^2-2cr\sigma^2}{cr\sigma^2(2i+1)}\right) = 0 \Rightarrow v_x\left(v_x + \left(\frac{2i\mu^2-2cr\sigma^2}{cr\sigma^2(2i+1)}\right)\right) = 0$$

Aus der obigen quadratischen Gleichung ergeben sich die beiden Lösungen:

$v_x = 0$ und

$$v_x = -\frac{(2i\mu^2-2cr\sigma^2)}{cr\sigma^2(2i+1)} = \frac{2(cr\sigma^2-i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)} \qquad \text{C1.1}$$

Im nächsten Schritt müssen die Grenzen bestimmt werden, innerhalb derer die Lösungen gültig sind. Wenn sich für v_x eine Lösung von $v_x \leq 0$ ergeben würde, kommt **kein hybrider Vertrag** zustande. Dies wäre dann der Fall, wenn der Zähler in C1.1 null ergeben oder negativ werden würde:

$$cr\sigma^2 - i\mu^2 \leq 0$$

Die Umstellung dieser Ungleichung nach dem Diskontierungszinssatz i des Prinzipals führt zu folgendem Ergebnis:

$$i \geq \frac{cr\sigma^2}{\mu^2} \qquad \text{C1.2}$$

Immer wenn diese Relation gilt, muss die Beteiligungsrate v_x null gesetzt werden, da die Bonuszahlung in diesem Fall nicht glaubwürdig ist.

Andererseits kann die GW-Bedingung in (4.26) aber auch als Ungleichung erfüllt sein, so dass diese Restriktion gar nicht bindet und die **First-best-Lösung** von $v_x = 1$ (vgl. (4.23)) realisiert werden kann:

$$-\frac{1}{2}\frac{rv_x\sigma^2(v_x - 2)cd^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} > \frac{iv_xd^2(\mu^2 + v_xcr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Zur Ermittlung des relevanten Lösungsbereiches wird $v_x = 1$ in die Ungleichung substituiert:

$$-\frac{1}{2}\frac{r\sigma^2(1 - 2)cd^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} > \frac{id^2(\mu^2 + cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Auf der linken Seite wird anschließend der Zähler vereinfacht und die Variable c gekürzt und auf der rechten Seite kürzt sich $(\mu^2 + cr\sigma^2)$ heraus:

$$\frac{1}{2}\frac{r\sigma^2d^2}{(\mu^2 + cr\sigma^2)} > \frac{id^2}{c}$$

Diese Ungleichung wird dann ebenfalls nach dem Diskontierungszinssatz i umgestellt:

$$\frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2 + cr\sigma^2)} > i \qquad \text{C1.3}$$

Wenn diese Bedingung erfüllt ist, ist der optimale Anreizvertrag ein rein impliziter Vertrag mit $v_x = 1$, der zur First-best-Lösung führt. Aus den beiden Bedingungen C1.2 und C1.3 ergibt sich abschließend der Gültigkeitsbereich für die Lösung von v_x in C1.1 mit: $\frac{cr\sigma^2}{2(\mu^2+cr\sigma^2)} \leq i < \frac{cr\sigma^2}{\mu^2}$.

C2.3 Herleitung von (4.28)

Ausgangspunkt bildet die Formel für den Arbeitseinsatz in (4.25): $a = \frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} + \frac{v_xd}{c}$. In diese wird $v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2-i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$ (siehe (4.27), mittlerer Lösungsbereich) eingesetzt und es ergibt sich:

$$a = \left(1 - \frac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}\right)\frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}\frac{\mu}{c} + \frac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}\frac{d}{c}$$

Vereinfachungen mit der Mathematiksoftware Maple 17 führen dann zu:

$$a = \frac{cr\sigma^2(d\mu^2 - 2d\mu^2 + 2d\mu^2 + 2dcr\sigma^2)}{(\mu^2 + cr\sigma^2)c * cr\sigma^2(2i+1)} = \frac{(d\mu^2 + 2dcr\sigma^2)}{(\mu^2 + cr\sigma^2)c * (2i+1)}$$

Und daraus erhält man die Gleichung in (4.28):

$$a = \frac{d(2cr\sigma^2 + \mu^2)}{c(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

C2.4 Herleitung von (4.29)

Ausgangspunkt der Bestimmung des Gleichgewichtsüberschusses CEP ist die Zielfunktion in (4.19): $CEP = da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0$

In diese werden der optimale Arbeitseinsatz: $a = \frac{d(2cr\sigma^2+\mu^2)}{c(2i+1)(\mu^2+cr\sigma^2)}$ (siehe (4.28)) sowie $v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2-i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$ (vgl. (4.27)) und $v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}$ gem. (4.22) eingesetzt, so dass man die folgende Funktion erhält:

$$CEP = d\frac{d(2cr\sigma^2 + \mu^2)}{c(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)} - \frac{c}{2}\left(\frac{d(2cr\sigma^2 + \mu^2)}{c(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)}\right)^2 - \frac{r}{2}\left(\frac{(1 - v_x)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}\right)^2\sigma^2 - CEA_0$$

Dieser Ausdruck wird mit Hilfe von Maple 17 zu folgendem Term vereinfacht:

$$CEP = -\frac{1}{2}\frac{(-8c^2ir^2\sigma^4 + 4\mu^2ci^2r\sigma^2 - 8\mu^2cir\sigma^2 + 4\mu^4i^2 - \mu^2cr\sigma^2)d^2}{r\sigma^2(cr\sigma^2 + \mu^2)(2i+1)^2c^2} - CEA_0$$

C.3 Herleitung zu Abschnitt 4.3.2

Herleitung von (4.32)

Nach Substitution von $v_x^{**} = \frac{2(cr\sigma^2-i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}$ in $v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}$ (vgl. Satz 4.1) erhält man:

$$v_y = \frac{\left(1 - \frac{2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)}\right)d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$$

Der Term wird dann durch verschiedene Umformungen weiter vereinfacht:

$$\leftrightarrow v_y = \frac{cr\sigma^2(2i+1) - 2(cr\sigma^2 - i\mu^2)}{cr\sigma^2(2i+1)} * \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$$

$$\leftrightarrow v_y = \frac{2icr\sigma^2 + cr\sigma^2 - 2cr\sigma^2 + 2i\mu^2}{cr\sigma^2(2i+1)} * \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$$

$$\leftrightarrow v_y = \frac{2icr\sigma^2 - cr\sigma^2 + 2i\mu^2}{cr\sigma^2(2i+1)} * \frac{d\mu}{\mu^2 + cr\sigma^2}$$

$$\leftrightarrow v_y = \frac{2(icr\sigma^2 - \frac{1}{2}cr\sigma^2 + i\mu^2)d\mu}{cr\sigma^2(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Somit kommt man auf die in (4.32) angegebene Gleichung:

$$v_y = \frac{2d\mu\left(cr\sigma^2\left(i - \frac{1}{2}\right) + i\mu^2\right)}{cr\sigma^2(2i+1)(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

C.4 Herleitungen zu Abschnitt 4.4.1

C4.1 Herleitung von (4.41)

Die Substitution von $a = \frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}$ gem. (4.25) und der Beteiligungsrate $v_y(v_x) = \frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}$ (siehe (4.22)) in die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (4.40): $da - \frac{c}{2}a^2 - \frac{r}{2}v_y^2\sigma^2 - CEA_0 \geq iv_x da$ ergibt:

$$d\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right) - \frac{c}{2}\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right)^2 - \frac{r}{2}\left(\frac{(1-v_x)d\mu}{\mu^2+cr\sigma^2}\right)^2 \sigma^2 - CEA_0 \geq iv_x d\left(\frac{(1-v_x)d\mu^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)} + \frac{v_x d}{c}\right)$$

Vereinfachungen mit der Maple-Software führen zu der in (4.41) angegebenen Ungleichung:

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 v_x^2 + 2cr\sigma^2 v_x + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 \geq \frac{iv_x d^2(\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

C4.2 Herleitung von (4.42)

Zuerst wird die Lösung von v_x für den Fall bestimmt, dass die Glaubwürdigkeits-Bedingung in (4.41) als Gleichung erfüllt ist:

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 v_x^2 + 2cr\sigma^2 v_x + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 = \frac{iv_x d^2(\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Aus dieser quadratischen Gleichung ergeben sich unter Verwendung der Mathematiksoftware Maple 17 für v_x die beiden folgenden Lösungen:

$$v_x = \frac{dcr\sigma^2 - d\mu^2 i \mp \sqrt{-4\left(CEA_0\left(i+\frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2\right)c^2r^2\sigma^4 - 4\left(CEA_0\left(i+\frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2\right)\mu^2 cr\sigma^2 + d^2\mu^4 i^2}}{cr\sigma^2(2i+1)d}$$

Da v_x größer als null sein muss (ansonsten wäre der erwartete Gleichgewichtsüberschuss des Prinzipals CEP kleiner als null und der Vertrag käme nicht zustande) gibt es nur die in (4.42) angegebene Lösung:

$$v_x = \frac{dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k(2i+1)d}$$

Hierbei sind m und k als Verkürzungsvariablen wie folgt definiert:

$$m \equiv CEA_0\left(i+\frac{1}{2}\right)c - \frac{1}{4}d^2$$
$$k \equiv cr\sigma^2$$

Andererseits kann die GW-Bedingung in (4.41) aber auch als Ungleichung erfüllt sein, so dass diese Restriktion gar nicht bindet und die **First-best-Lösung** von $v_x = 1$ (vgl. (4.23)) realisiert werden kann:

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 v_x^2 + 2cr\sigma^2 v_x + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 > \frac{iv_x d^2(\mu^2 + v_x cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Zur Ermittlung des relevanten Lösungsbereiches wird $v_x = 1$ in die Ungleichung substituiert:

$$\frac{1}{2}\frac{(-cr\sigma^2 + 2cr\sigma^2 + \mu^2)d^2}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)} - CEA_0 > \frac{id^2(\mu^2 + cr\sigma^2)}{c(\mu^2 + cr\sigma^2)}$$

Das vereinfacht sich zu:

$$\frac{1}{2}\frac{(cr\sigma^2+\mu^2)d^2}{c(\mu^2+cr\sigma^2)}-CEA_0>\frac{id^2}{c}$$

$$\leftrightarrow \frac{1}{2}\frac{d^2}{c}-CEA_0>\frac{id^2}{c}$$

Man erhält dann die nachfolgende Restriktion für i, bei deren Erfüllung die First-best-Beteiligungsrate $v_x = 1$ möglich ist.

$$\frac{1}{2}-\frac{c}{d^2}CEA_0>i$$

Weitere Lösungen sind hier nicht möglich, denn ein rein expliziter Vertrag stellt hier keine Option für den Prinzipal dar.

C.5 Herleitungen zu Abschnitt 4.4.2

C5.1 Herleitung zur komparativen Statik von v_y nach k

Ausgehend von Formel (4.44):

$$v_y = \left(1-\frac{dk-d\mu^2 i+\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}}{k(2i+1)d}\right)\frac{d\mu}{\mu^2+k}$$

Wurde die partielle Ableitung von v_y nach k mit Hilfe von Maple 17 wie folgt berechnet:

$$\frac{\partial v_y}{\partial k}=\frac{2(-(\frac{1}{2}\mu^4+k\mu^2+k^2))di\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}+(\frac{1}{2}\mu^2+k)(-2mk^2-2m\mu^2k+d^2\mu^4i^2))\mu}{\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}\,k^2(2i+1)(\mu^2+k)^2}$$

(Datei: Komp-Statik-vy-Prodstopp-v2.mw)

C5.2 Herleitung von (4.51)

Für $v_x = \frac{dk-d\mu^2i+\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}}{k(2i+1)d}$ (vgl. Satz 4.3) wird für $m < 0$ der Grenzwert für $k \to \infty$ folgendermaßen bestimmt:

$$\lim_{k\to\infty}\frac{dk-d\mu^2i+\sqrt{-4mk^2-4m\mu^2k+d^2\mu^4i^2}}{k(2i+1)d}$$

$$\leftrightarrow \lim_{k\to\infty} \frac{dk - d\mu^2 i + \sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k}) \frac{1}{(2i+1)d}$$

$$\leftrightarrow \lim_{k\to\infty} (\frac{dk}{k} + \frac{-d\mu^2 i}{k} + \frac{\sqrt{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}}{k}) \frac{1}{(2i+1)d}$$

$$\leftrightarrow \lim_{k\to\infty} (d + \frac{-d\mu^2 i}{k} + \sqrt{\frac{-4mk^2 - 4m\mu^2 k + d^2\mu^4 i^2}{k^2}}) \frac{1}{(2i+1)d}$$

$$\leftrightarrow \lim_{k\to\infty} (d + \frac{-d\mu^2 i}{k} + \sqrt{-4m + \frac{-4m\mu^2}{k} + \frac{d^2\mu^4 i^2}{k^2}}) \frac{1}{(2i+1)d}$$

Daraus ergibt sich dann der in (4.51) angegebene Grenzwert für v_x:

$$\lim_{k\to\infty} v_x = \left(d + \sqrt{-4m}\right) \frac{1}{(2i+1)d}$$

Anhang D

D.1 Herleitungen zu Abschnitt 5.3

D 1.1 Herleitung von (5.25), (5.26), (5.27) und (5.28)

Den Ausgangspunkt bildet das in (5.22)-(5.24) angegebenen Optimierungsproblem:

$$\min_{s^p, b^{pq}} E(s)_{xy} = f(x^h|a^h)(s^h + b^{hh}) + (1 - f(x^h|a^h))(s^l + b^{lh})$$

$$u.d.N.\ EU^A(a^h)$$
$$= f(x^h|a^h)u(s^h + b^{hh}) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^l + b^{lh}) - c_h$$
$$\geq U^R$$

$$f(x^h|a^h)u(s^h + b^{hh}) + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u(s^l + b^{lh}) - c_h$$
$$\geq f(x^h|a^l)u(s^h + b^{hl}) + \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u(s^l + b^{ll}) - c_l$$

Nach der Überführung dieses Programms in ein Maximierungsproblem mit Kleiner-gleich-Restriktionen wird das Optimierungsproblem ähnlich wie in Abschnitt 2.2.2 transformiert, indem die Funktion $u(s^p + b^{pq})\ f\ddot{u}r\ alle\ p,q \in \{h,l\}$ durch die ex post erreichten Nutzen-niveaus des Agenten ersetzt wird, in diesem Fall: $u^{hh}, u^{hl}, u^{lh}, u^{ll}$. Dementsprechend werden auch die folgenden Variablen getauscht: $(s^p + b^{pq}) = h(u(s^p + b^{pq})) = h(u^{pq})$. Mit dieser

Transformation wird deutlich, dass es sich bei dem betrachteten Optimierungsproblem um ein konkaves Programm handelt, für das die lokalen Kuhn-Tucker-Bedingungen nötig und ausreichend zur Charakterisierung des Maximums sind:

$$\max_{u^{pq}} -E(s)_{xy} = -f\left(x^h\middle|a^h\right)h\left(u^{hh}\right) - \left(1 - f\left(x^h\middle|a^h\right)\right)h\left(u^{lh}\right)$$
$$u.d.N.$$
$$-f\left(x^h\middle|a^h\right)u^{hh} - \left(1 - f\left(x^h\middle|a^h\right)\right)u^{lh} + c_h \leq -U^R$$
$$-f\left(x^h\middle|a^h\right)u^{hh} + f\left(x^h\middle|a^l\right)u^{hl} - \left(1 - f\left(x^h\middle|a^h\right)\right)u^{lh} + c_h + \left(1 - f\left(x^h\middle|a^l\right)\right)u^{ll} - c_l \leq 0$$

$$u^{hh}, u^{hl}, u^{lh}, u^{ll} \geq 0$$

Zur Lösung dieses nichtlinearen Optimierungsprogramms wird die Lagrangefunktion aufgestellt:

$$\begin{aligned} L = {} & -f(x^h|a^h)h(u^{hh}) - \left(1 - f(x^h|a^h)\right)h(u^{lh}) \\ & + \lambda_1\left(f(x^h|a^h)u^{hh} + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^{lh} - c_h - U^R\right) \\ & + \lambda_2\left(f(x^h|a^h)u^{hh} + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)u^{lh} - f(x^h|a^l)u^{hl} \right. \\ & \left. - \left(1 - f(x^h|a^l)\right)u^{ll} - c_h + c_l\right) \end{aligned}$$

Daraus leiten sich die folgenden Bedingungen erster Ordnung ab:

$$\frac{\partial L}{\partial u^{hh}} = -f(x^h|a^h)h'(u^{hh}) + \lambda_1 f(x^h|a^h) + \lambda_2 f(x^h|a^h) = 0$$
$$\frac{\partial L}{\partial u^{lh}} = -\left(1 - f(x^h|a^h)\right)h'(u^{lh}) + \lambda_1\left(1 - f(x^h|a^h)\right) + \lambda_2\left(1 - f(x^h|a^h)\right) = 0$$
$$\frac{\partial L}{\partial u^{hl}} = -\lambda_2 f(x^h|a^l) = 0 \ \rightarrow \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial u^{ll}} = -\lambda_2\left(1 - f(x^h|a^l)\right) = 0 \ \rightarrow \lambda_2 = 0$$

Nach Anwendung der Regel für die Umkehrfunktion: $u^{-1'}(u) = \frac{1}{u'(u^{-1}(u))}$ bzw. $h'(u) = \frac{1}{u'(h(u))} = \frac{1}{u'(s)}$ ergeben sich die in (5.25)-(5.28) angegebenen Optimalitätsbedingungen, wobei die Variable $s^{pq}\ \mathit{für\ alle}\ p, q\ \in\ \{h, l\}$ hier die Gesamtvergütung $s^{pq} = s^p + b^{pq}$ repräsentiert.

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{hh})} = -f(x^h|a^h)\frac{1}{u'(s^{hh})} + \lambda_1 f(x^h|a^h) + \lambda_2 f(x^h|a^h) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{lh})} = -\left(1 - f(x^h|a^h)\right)\frac{1}{u'(s^{lh})} + \lambda_1\left(1 - f(x^h|a^h)\right) + \lambda_2\left(1 - f(x^h|a^h)\right) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{hl})} = -\lambda_2 f(x^h|a^l) = 0 \ \rightarrow \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial u(s^{ll})} = -\lambda_2\left(1 - f(x^h|a^l)\right) = 0 \ \rightarrow \lambda_2 = 0$$

D 1.2 Herleitung von (5.53)

Die Formel für die Kosteneinsparung wird in (5.51) definiert als: $KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h)$. Nach Substitution von $E(s)_x$ sowie $s^{FB}(a^h)$ erhält man den folgenden Ausdruck:

$$E(s)_x - s^{FB}(a^h) = f(x^h|a^h)\left(\frac{(1 - f(x^h|a^l)c_h + (f(x^h|a^h) - 1)c_l)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2 + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)\left(-\frac{(f(x^h|a^h)c_l - f(x^h|a^l)c_h)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2 - (c_h + U^R)^2$$

Diese Gleichung wird mit Hilfe der Mathematiksoftware Maple 17 zu dem in (5.53) aufgeführten Term vereinfacht:

$$KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h) = -\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2}$$

D 1.3 Herleitung von (5.54)

In die aus der GW-Bedingung abgeleitete Formel für den Grenzwert des Diskontierungszinssatzes: $i \leq \frac{(E(s)_x - s^{FB}(a^h))}{b^*}$ (vgl. (5.48)) werden die Kosteneinsparung gem. (5.53):

$$KE \equiv E(s)_x - s^{FB}(a^h) = -\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2}$$

sowie der Bonus: $b^* = (c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2$ substituiert. Daraus ermittelt sich der folgende Ausdruck für i_{max} :

$$GW: i \leq \frac{(E(s)_x - s^{FB}(a^h))}{b^*} = -\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2((c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2)\right)}$$
$$\equiv i_{max}$$

Umformungen mit der Software Maple 17 führen zu dem in (5.54) angegebenen Term:

$$i_{max} = -\frac{1}{2}\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2\left(\frac{1}{2}c_h + U^R + \frac{1}{2}c_l\right)}$$

D 1.4 Herleitung von (5.55)

In die Formel für die erwartete Entlohnung: $E(s)_x = f(x^h|a^h)s^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)s^L$ werden die optimalen Werte für s^H und s^L eingesetzt, d. h.:

$$s^H = \left(\frac{(1 - f(x^h|a^l)c_h + (f(x^h|a^h) - 1)c_l)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2$$

$$s^L = \left(\frac{\left(f(x^h|a^h)c_l - f(x^h|a^l)c_h\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)} + U^R\right)^2$$

Die partielle Ableitung dieser Funktion nach $f(x^h|a^h)$ wurde mit Maple 17 durchgeführt und ergab das folgende Resultat:

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial f(x^h|a^h)} = \frac{2(c_h - c_l)^2\left(\left(f(x^h|a^l) - \frac{1}{2}\right)f(x^h|a^h) - \frac{1}{2}f(x^h|a^l)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3} < 0$$

Die Ableitung nach $f(x^h|a^h)$ ist unter den getroffenen Modellannahmen negativ. Der Nenner ist nämlich größer als null, da vorausgesetzt wurde, dass $f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$. Im Zähler der Term $(c_h - c_l)^2$ ist positiv, wohingegen der restliche Term im Zähler immer negativ ist, wie durch die folgende Umformung gezeigt werden kann:

$$\leftrightarrow \left(2f(x^h|a^h)f(x^h|a^l) - f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)$$

Der Ausdruck ist negativ, denn die Wahrscheinlichkeiten sind kleiner als eins, so dass das Zweifache ihres Produkts immer kleiner ist als ihre Summe. Somit ist die Ableitung insgesamt negativ.

D 1.5 Herleitung von (5.56)

Die erwartete Entlohnung wird wie in (5.54) beschrieben bestimmt, und davon dann die partielle Ableitung nach $f(x^h|a^l)$ gebildet. Die Berechnung erfolgte auch hier mit Maple 17.

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial f(x^h|a^l)} = -\frac{2f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3} > 0$$

D 1.6 Herleitung von (5.60)

Ausgehend von der Formel für die Kosteneinsparung (KE) in (5.53) führt die komparative Statik mittels Maple 17 zu folgendem Resultat:

$$\frac{\partial KE}{\partial f(x^h|a^h)} = \frac{(c_h - c_l)^2\left(2f(x^h|a^h)f(x^h|a^l) - f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3} < 0$$

Die Ableitung ist negativ, denn im Zähler befindet sich der gleiche Ausdruck wie in: $\frac{\partial E(s)_x}{\partial f(x^h|a^h)}$, so dass hier die gleiche Begründung gilt wie bei der Herleitung von (5.55).

D 1.7 Herleitung von (5.61)

Die partielle Ableitung der Kosteneinsparung gem. (5.53) nach der Wahrscheinlichkeit $f(x^h|a^l)$ unter Verwendung von Maple 17 führte zu folgendem, positivem Term:

$$\frac{\partial KE}{\partial f(x^h|a^l)} = \frac{-2f(x^h|a^h)(c_h - c_l)^2 + \left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3} > 0$$

D 1.8 Herleitung von (5.64)

Die komparative Statik des maximal möglichen Diskontierungssatzes gem. (5.54) nach $f(x^h|a^h)$ wurde ebenfalls mit Maple 17 durchgeführt und ergibt:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h|a^h)} = \frac{2(c_h - c_l)\left(\left(f(x^h|a^l) - \frac{1}{2}\right)f(x^h|a^h) - \frac{1}{2}f(x^h|a^l)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3(c_h + 2U + c_l)} < 0$$

Auch das Vorzeichen dieser Ableitung erklärt sich wieder mit dem negativen Term im Zähler (siehe Herleitung für (5.55)) sowie den Annahmen: $c_h > c_l$ und: $f(x^h|a^h) > f(x^h|a^l)$.

D 1.9 Herleitung von (5.65)

Die partielle Ableitung des Diskontierungssatzes i_{max} gem. (5.54) nach $f(x^h|a^l)$ führt zu folgendem Resultat:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial f(x^h|a^l)} = -\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^3 \left(\frac{1}{2}c_h + U^R + \frac{1}{2}c_l\right)} > 0$$

D 1.10 Herleitung von (5.57)

In die Formel für die erwartete Entlohnung: $E(s)_x = f(x^h|a^h)s^H + \left(1 - f(x^h|a^h)\right)s^L$ werden die optimalen Werte für s^H und s^L eingesetzt (siehe Herleitung für (5.55)). Daraus wurde wieder mit Maple 17 die folgende Ableitung nach c_h bestimmt:

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial c_h} = \frac{f(x^h|a^h)^2(2U^R + 2c_l) + \left((-4U^R - 4c_h)f(x^h|a^l) + 2c_h - 2c_l\right)f(x^h|a^h) + 2f(x^h|a^l)^2(U^R + c_h)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2}$$

Aus dem Term ist nicht erkennbar, ob die Ableitung positiv oder negativ ist. Allerdings ergab die Lösung des Optimierungsproblems in (2.25)-(2.26), dass sowohl die Teilnahme- als auch die Anreizbedingung binden (vgl. (2.31) und (2.32), S. 36). Bei bindender Teilnahmebedingung (siehe (2.25)) muss sich mit einem Anstieg von c_h bei konstantem Reservationsnutzen U^R auch immer der Erwartungswert der Entlohnung erhöhen, da eine steigende (additiv-separable) Nutzenfunktion angenommen wurde: $u' > 0$. Aus dieser Überlegung folgt das in (5.57) angegebene Resultat:

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial c_h} > 0$$

D 1.11 Herleitung von (5.58)

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial c_l} = \frac{2f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2} < 0$$

D 1.12 Herleitung von (5.62)

Die partielle Ableitung der Kosteneinsparung gem. (5.53) nach c_h unter Verwendung von Maple 17 führte zu folgendem, positivem Term:

$$\frac{\partial KE}{\partial c_h} = -\frac{2f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2} > 0$$

D 1.13 Herleitung von (5.63)

Die partielle Ableitung der Kosteneinsparung gem. (5.53) nach c_l unter Verwendung von Maple 17 führte zu folgendem, negativem Term:

$$\frac{\partial KE}{\partial c_l} = \frac{2f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2} < 0$$

Die Ableitung der Kosteneinsparung (KE) bzgl. c_l ist kleiner als null, da angenommen wurde, dass: $c_h > c_l$ und: $f(x^h|a^h) < 1$.

D 1.14 Herleitung von (5.66)

Die komparative Statik des maximal möglichen Diskontierungssatzes gem. (5.54) nach c_h wurde ebenfalls mit Maple 17 durchgeführt und ergibt:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} = -\frac{2f(x^h|a^h)(U^R + c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2 (c_h + 2U^R + c_l)^2} > 0$$

D 1.15 Herleitung von (5.67)

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} = \frac{2f(x^h|a^h)(U^R + c_h)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2 (c_h + 2U^R + c_l)^2} < 0$$

D 1.16 Herleitung von (5.59)

$$\frac{\partial E(s)_x}{\partial U^R} = 2U^R + 2c_h > 0$$

D 1.17 Herleitung von (5.68)

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} = \frac{1}{2}\frac{f(x^h|a^h)(c_h - c_l)\left(-1 + f(x^h|a^h)\right)}{\left(f(x^h|a^h) - f(x^h|a^l)\right)^2 \left(\frac{1}{2}c_h + U^R + \frac{1}{2}c_l\right)^2} < 0$$

Die Ableitung von i_{max} bzgl. U^R ist kleiner als null, da angenommen wurde, dass: $c_h > c_l$ und: $f(x^h|a^h) < 1$.

D 1.18 Herleitung von (5.70)

Ausgehend von der Formel für i_{max} gem. (5.49) :

$$i_{max} = \frac{(E(x/a^h) - E(x|a^l)) - (s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l))}{b^*}$$

ergibt sich nach Substitution des optimalen impliziten Bonus $b^* = (c_h + U^R)^{\,2} - (c_l + U^R)^{\,2} = s^{FB}(a^h) - s^{FB}(a^l)$ (hier beispielhaft für die Wurzelnutzenfunktion) i_{max} wie folgt:

$$i_{max} = \frac{(E(x/a^h) - E(x|a^l)) - ((c_h + U^R)^{\,2} - (c_l + U^R)^{\,2})}{(c_h + U^R)^{\,2} - (c_l + U^R)^{\,2}} \qquad \text{D1.1}$$

Die partielle Ableitung von D1.1 nach c_h führt dann zu folgendem Ergebnis:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} = -\frac{(E(x/a^h) - E(x/a^l))(2c_h + 2U^R)}{((c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2)^2} < 0$$

Der Term ist negativ, da aus der Annahme der stochastischen Dominanz 1. Ordnung: $f(x^h/a^h) > f(x^h/a^l)$ (siehe auch Kap. 2.2.2) sowie $x^h > x^l$ folgt, dass: $E(x/a^h) - E(x/a^l) > 0$.

D 1.19 Herleitung von (5.71)

Ausgehend von der in D1.1 angegebenen Formel für i_{max} ermittelt sich sich die partielle Ableitung nach c_l wie folgt:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} = -\frac{(E(x/a^h) - E(x/a^l))(-2c_l - 2U^R)}{((c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2)^2} > 0$$

D 1.20 Herleitung von (5.72)

Hier wird ebenfalls von Formel D.1.1 ausgegangen, so dass sich die Ableitung nach U^R folgendermaßen darstellt:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} = -\frac{(E(x/a^h) - E(x/a^l))(2c_h - 2c_l)}{((c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2)^2} < 0$$

D 1.21 Herleitung von (5.74)

In die Formel für i_{max} gem. (5.50) werden die optimalen Werte für $s^{FB}(a^h)$ sowie b^* (gem. (5.46)) für die Wurzelnutzenfunktion eingesetzt, so dass sich der Term dann folgendermaßen darstellt:

$$i_{max} = \frac{(E(x/a^h) - s^{FB}(a^h))}{b^*} = \frac{(E(x/a^h) - (c_h + U^R)^2)}{(c_h + U^R)^2 - (U^R + c_l)^2} \qquad \text{D1.2}$$

Die partielle Ableitung von D1.2 nach c_h führt zu folgendem Ergebnis:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_h} = \frac{1}{2} \frac{(c_h + U^R)\left((U^R + c_l)^2 - E(x/a^h)\right)}{(c_h - c_l)^2 \left(\frac{1}{2} c_h + U^R + \frac{1}{2} c_l\right)^2} < 0$$

Die Ableitung ist negativ, da $(U^R + c_l)^2$ kleiner ist als $E(x/a^h)$ ist. Der Term $(U^R + c_l)^2 = s^*$ entspricht nämlich dem Grundgehalt des hybriden Vertrages, das bei y^h und y^l gleichermaßen gezahlt wird. Dieses muss kleiner sein als $E(x/a^h)$, da der hybride FB-Vertrag andernfalls keinen positiven Erwartungsnutzen für den Prinzipal besäße und nicht zustande käme.

D 1.22 Herleitung von (5.75)

Für die komparative Statik bzgl. c_l ergibt sich ausgehend von der Formel für i_{max} in D1.2 das folgende Resultat:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial c_l} = -\frac{(E(x/a^h) - (c_h + U^R)^2)(-2c_l - 2U^R)}{((c_h + U^R)^2 - (c_l + U^R)^2)^2} > 0$$

Die Ableitung ist positiv, weil $E(x/a^h)$ größer sein muss als: $(c_h + U^R)^2 = s^{FB}(a^h)$, da der Erwartungsnutzen des Prinzipals aus dem hybriden Vertrag ansonsten nicht positiv wäre und der Vertrag nicht abgeschlossen werden würde.

D 1.23 Herleitung von (5.76)

Die partielle Ableitung von i_{max} (vgl. D1.2) nach U^R führt zu folgendem Ergebnis:

$$\frac{\partial i_{max}}{\partial U^R} = -\frac{1}{2}\frac{(c_l + U^R)c_h + (U^R)^2 + c_l U^R + E(x/a^h)}{(c_h - c_l)\left(\frac{1}{2}c_h + U^R + \frac{1}{2}c_l\right)^2} < 0$$

D.2 Excel-Tabellen zu Abschnitt 5.4

Ergebnis x (Zielgröße)

xh	80000		Reservationsnutzen U	150
xl	0		Disnutzen cH (bei aH)	50
E(x) bei ah	56000		Disnutzen cL (bei aL)	0
E(x) bei al	24000			

Randwahrscheinlichkeiten

subjektives Maß	yh	yl		objektives Maß	xh	xl	
f(y/ah)	0,56	0,44	1	f(x/ah)	0,7	0,3	1
f(y/al)	0,10	0,9	1	f(x/al)	0,3	0,7	1

Gemeinsame Wahrscheinlichkeiten

	xh,yh	xh,yl	xl,yh	xl,yl	
f(x,y/ah)	0,35	0,35	0,21	0,09	1
f(x,y/al)	0,03	0,27	0,07	0,63	1

Bedingte Wahrscheinlichkeiten des subj. Maßes gegeben das obj. Maß

f(y/x,aH)	xh	xl	f(y/x,aL)	xh	xl
yh	0,50	0,70	yh	0,10	0,1
yl	0,50	0,30	yl	0,90	0,9
	1	1		1	1

Modellergebnisse

(Annahme: ah soll motiviert werden)

1) Beide Performancemaße, x und y sind verifizierbar und werden verwendet:

shh:	45.175,1	slh:	43.742,5	E(Entlohnung)=E(s)xy	40.686
shl:	41.264,3	sll:	13.847,9		
		erwarteter Nutzen für Prinzipal:	15.314	*(für aL:*	*1500,00*

2) Nur das Performancemaß x wird verwendet:

sH:	56.406	sL:	12.656	E(Entlohnung)=E(s)x	43.281
				Entl. aL	*22500*
		erwarteter Nutzen für Prinzipal:	12.719		
		erwarteter Nutzen bei aL	*1500*		

3) Hybrider Vertrag, x und y werden verwendet:

sh:	41.264	sl:	13.848	E(Entlohnung) = E(s)xy	40.686
bhh:	3910,9	blh:	29894,5		
bhl:	0,0	bll:	0,0	bmax:	29894,5

Maximaler Diskontierungssatz

Kosteneinsparung:	2.595,23	maximaler Bonus:	29894,53

		gültig?
Rückzugspos. expl. V.(ah), max. Disk.satz:	8,68%	ja
Rückzugspos. expl. V.(al), max. Disk.satz:	46,21%	nein
Rückzugspos. Prod.stopp, max. Disk.satz:	51,23%	nein

Tabelle D.1: Excel-Tabellenblatt von Beispiel I

Eingangswerte:	Rückzugsposition: rein expliziter Vertrag auf Basis des hohen Arbeitseinsatzs ah									
Einzelwahrsch. obj. Maß										
f(xh/ah)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
f(xl/ah)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
f(xh/al)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
f(xl/al)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Bedingte Wahrsch.										
f(yh/xh,ah)	0,25	0,32	0,40	0,57	0,73	0,90	0,95	0,98	0,99	0,997
f(yh/xl,ah)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
f(yh/xh,al)	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
f(yh/xl,al)	0,2	0,2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	-0,62	-0,55	-0,47	-0,30	-0,13	0,03	0,08	0,12	0,12	0,130
f(yh/ah)	0,51	0,55	0,6	0,7	0,8	0,9	0,93	0,95	0,951	0,958
f(yl/ah)	0,49	0,45	0,4	0,3	0,2	0,1	0,07	0,05	0,049	0,042
f(yh/al)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
f(yl/al)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Reserv.nutzen U	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Disnutzen ch	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Disnutzen cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lösung hybrider Vertrag										
Rückzugsposition	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**
sh	38.029	38.991	39.768	40.661	41.168	40.952	39.062	32.068	30.989	6.134
sl	12.443	12.187	11.985	11.761	11.644	11.611	11.667	11.954	12.002	13.630
bhh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	533,6	2492,0	9507,2	10585,3	35326,7
bhl	4489,0	3536,1	2745,9	1765,0	985,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
blh	29237,4	29515,3	29734,9	29978,5	30106,5	30142,7	30081,1	29769,5	29716,7	27951,0
bll	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
shh	38029,1	38990,7	39768,2	40661,0	41167,6	41485,3	41554,1	41575,6	41573,8	41461,0
shl	42518,1	42526,8	42514,1	42426,0	42153,5	40951,7	39062,1	32068,4	30988,6	6134,3
slh	41680,5	41702,6	41720,2	41739,4	41750,4	41753,4	41748,3	41723,0	41718,8	41580,8
sll	12443,1	12187,3	11985,4	11760,9	11643,9	11610,7	11667,3	11953,5	12002,1	13629,8
E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40340,2	40344,6	40348,2	40352,1	40354,2	40354,8	40353,8	40348,7	40347,9	40320,2
E(Entl/expV)=E(s)x	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7	46666,7
Kosteneinsparung	6326,5	6322,0	6318,5	6314,5	6312,5	6311,9	6312,9	6317,9	6318,8	6346,5
max. Diskontierungssatz	**21,64%**	**21,42%**	**21,25%**	**21,06%**	**20,97%**	**20,94%**	**20,99%**	**21,22%**	**21,26%**	**17,97%**

Tabelle D.2: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes bei konstanter Einzelwahrscheinlichkeit $f(x^h|a^h)$; ausführliche Darstellung zu Tabelle 5.4

Eingangswerte:													
Einzelwahrsch. obj. Maß	Rückzugspos.: rein expl. Vertrag (ah)				Rückz.pos.: rein expl. Vertrag (al)			Rückzugspos.:rein expl. Vertrag (ah)			Rückzugspos.: Prod.stopp		
f(xh/ah)	0,7	0,75	0,8	0,9	0,55	0,58	0,6	0,7	0,8	0,9	0,6	0,61	0,63
f(xl/ah)	0,3	0,25	0,2	0,1	0,45	0,42	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,39	0,37
f(xh/al)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
f(xl/al)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Bedingte Wahrsch.													
f(yh/xh,ah)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
f(yh/xl,ah)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
f(yh/xh,al)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
f(yh/xl,al)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	0,700	0,700	0,700	0,700	0,40	0,40	0,40	0,4	0,4	0,4	0,40	0,40	0,40
Einzelwahrsch. subj. Maß													
f(yh/ah)	0,62	0,65	0,68	0,74	0,59	0,584	0,58	0,56	0,54	0,52	0,58	0,578	0,574
f(yl/ah)	0,38	0,35	0,32	0,26	0,41	0,416	0,42	0,44	0,46	0,48	0,42	0,422	0,426
f(yh/al)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
f(yl/al)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Reserv.nutzen U	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Disnutzen ch	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Disnutzen cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
xh (bei xl=0)	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	80.000	70.000	70.000	70.000
E(x/ah)	56.000	60.000	64.000	72.000	44.000	46.400	48.000	56.000	64.000	72.000	42.000	42.700	44.100
Lösung hybrider Vertrag													
EUP (expl. V./ah)	12.719	17.685	22.400	31.375	-5.900,0	-1.367,9	1.333,3	12.718,8	22.400,0	31.375,0	-4.666,7	-3.488,9	-1.251,2
EUP (expl. V./al)	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	-1.500	-1.500	-1.500
EUP (hybr. Vertrag)	14.012	18.408	22.786	31.458	2.875,9	5.367,4	7.027,6	15.314,0	23.571,5	31.799,4	1.027,6	1.757,4	3.216,3
Rückzugsposition	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**
sh	26.597	30.458	33.604	37.861	40.164	40.572	40.782	41.264	41.122	40.644	40.776	40.870	41.016
sl	18.333	17.300	16.565	15.744	13.821	13.781	13.770	13.848	14.063	14.345	13.771	13.769	13.773
bhh	29868,3	22559,2	16183,9	6401,9	8249,6	7177,1	6525,8	3910,9	2111,8	867,2	6531,9	6218,0	5636,0
bhl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
blh	19060,5	17766,9	16484,9	14150,5	33479,4	32759,8	32276,7	29894,5	27669,3	25655,4	32280,1	32034,9	31552,6
bll	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
E(Entl/hybrV)=E(s)xy	41987,7	41592,4	41213,5	40542,0	41124,1	41032,6	40972,4	40686,0	40428,5	40200,6	40972,4	40942,6	40883,7
E(Entl/expV)=E(s)x	43281,2	42314,8	41600,0	40625,0	49900,0	47767,9	46666,7	43281,2	41600,0	40625,0	46666,7	46188,9	45351,2
Kosteneinsparung	1293,6	722,5	386,5	83,0	8775,9	6735,3	5694,3	2595,2	1171,5	424,4	5694,3	5246,3	4467,5
max. Diskontierungssatz	**4,33%**	**3,20%**	**2,34%**	**0,59%**	**4,11%**	**11,81%**	**17,13%**	**8,68%**	**4,23%**	**1,65%**	**3,18%**	**5,49%**	**10,19%**

Tabelle D.3: Einfluss der Präzision des verifizierbaren Maßes; ausführliche Darstellung zu Tabelle 5.5

Eingangswerte:											
Einzelwahrsch. obj. Maß	Rückzugspos.: rein expl. Vertrag - ah				Rückz.pos.: expl. Vertrag al				Rückzugspos.:Prod.stopp		
f(xh/ah)	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
f(xl/ah)	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
f(xh/al)	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
f(xl/al)	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
Bedingte Wahrsch.											
f(yh/xh,ah)	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
f(yh/xl,ah)	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
f(yh/xh,al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yh/xl,al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	0,40	0,40	0,40		0,40	0,40	0,40		0,40	0,40	0,40
Einzelwahrsch. subj. Maß											
f(yh/ah)	0,56	0,56	0,56		0,56	0,56	0,56		0,56	0,56	0,56
f(yl/ah)	0,44	0,44	0,44		0,44	0,44	0,44		0,44	0,44	0,44
f(yh/al)	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yl/al)	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9
Reserv.nutzen U	150	150	150		150	150	150		180	180	180
Disnutzen ch	50	60	65		70	75	76		50	51	53
Disnutzen cl	0	0	0		0	0	0		0	0	0
xh (bei xl=0)	80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000
E(x/ah)	56.000	56.000	56.000		56.000	56.000	56.000		56.000	56.000	56.000
Lösung hybrider Vertrag											
EUP (expl. V./ah)	12.719	7.175	4.230		1.169	-2.008	-2.657		-181	-775	-1.976
EUP (expl. V./al)	1.500	1.500	1.500		1.500	1.500	1.500		-8.400	-8.400	-8.400
EUP (hybr. Vertrag)	15.314	10.912	8.616		6.255	3.831	3.339		2.414	1.925	940
Rückzugsposition	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.al**		**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**
sh	41.264	45.695	47.995		50.351	52.764	53.253		54.352	54.849	55.849
sl	13.848	12.368	11.660		10.972	10.305	10.175		21.809	21.618	21.240
bhh	3910,9	4954,2	5508,6		6084,7	6682,6	6804,7		4475,4	4587,1	4813,1
bhl	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
blh	29894,5	36462,3	39819,8		43226,4	46682,0	47379,0		35382,7	36140,4	37661,7
bll	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40686,0	45087,9	47384,4		49744,6	52168,6	52661,0		53586,0	54074,7	55059,8
E(Entl/expV)=E(s)x	43281,2	48825,0	51770,3		54831,3	58007,8	58657,0		56181,3	56774,8	57975,8
Kosteneinsparung	2595,2	3737,1	4385,9		5086,6	5839,3	5996,0		2595,2	2700,1	2916,0
max. Diskontierungssatz	**8,68%**	**10,25%**	**11,01%**		**11,00%**	**4,99%**	**3,88%**		**6,82%**	**5,33%**	**2,50%**

Tabelle D.4: Einfluss des Disnutzens des hohen Arbeitseinsatzniveaus c_h; ausführliche Darstellung zu Tabelle 5.6

Eingangswerte:												
Einzelwahrsch. obj. Maß	Rückzugspos.: rein expl. Vertrag - ah					Rückkzugspos.:Prod.stopp				R.pos.: rein expl. Vertrag (al)		
f(xh/ah)	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,55	0,55	0,55
f(xl/ah)	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3		0,45	0,45	0,45
f(xh/al)	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
f(xl/al)	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
Bedingte Wahrsch.												
f(yh/xh,ah)	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5
f(yh/xl,ah)	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7
f(yh/xh,al)	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yh/xl,al)	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yh/xh,ah)-f(yh/xh,al)	0,40	0,40	0,40	0,40		0,40	0,40	0,40		0,40	0,40	0,40
Einzelwahrsch. subj. Maß												
f(yh/ah)	0,56	0,56	0,56	0,56		0,56	0,56	0,56		0,59	0,59	0,59
f(yl/ah)	0,44	0,44	0,44	0,44		0,44	0,44	0,44		0,41	0,41	0,41
f(yh/al)	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1
f(yl/al)	0,9	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9
Reserv.nutzen U	150	160	170	179		180	183	185		150	151	154
Disnutzen ch	50	50	50	50		50	50	50		50	50	50
Disnutzen cl	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0
xh (bei xl=0)	80.000	80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000
E(x/ah)	56.000	56.000	56.000	56.000		56.000	56.000	56.000		44.000	44.000	44.000
Lösung hybrider Vertrag												
EUP (expl. V./ah)	12.719	8.619	4.319	278		-181	-1.570	-2.506		-5900	-6301	-7516
EUP (expl. V./al)	1.500	-1.600	-4.900	-8.041		-8.400	-9.489	-10.225		1.500	1.199	284
EUP (hybr. Vertrag)	15.314	11.214	6.914	2.873		2.414	1.025	89		2875,858	2474,858	1259,857
Rückzugsposition	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**		**expl.V.al**	**expl.V.al**	**expl.V.al**
sh	41.264	45.427	49.790	53.887		54.352	55.760	56.709		40.164	40.553	41.803
sl	13.848	16.301	18.955	21.514		21.809	22.704	23.310		13.821	14.060	14.773
bhh	3910,9	4099,0	4287,2	4456,5		4475,4	4531,8	4569,4		8249,6	8319,6	8358,8
bhl	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
blh	29894,5	31723,9	33553,3	35199,8		35382,7	35931,5	36297,4		33479,4	33670,0	34293,1
bll	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
E(Entl/hybrV)=E(s)xy	40686,0	44786,0	49086,0	53127,0		53586,0	54975,0	55911,0		41124,1	41525,1	42740,1
E(Entl/expV)=E(s)x	43281,2	47381,3	51681,3	55722,3		56181,3	57570,3	58506,3		49900,0	50301,0	51516,0
Kosteneinsparung	2595,2	2595,2	2595,2	2595,2		2595,2	2595,2	2595,2		8775,9	8775,9	8775,9
max. Diskontierungssatz	**8,68%**	**8,18%**	**7,73%**	**7,37%**		**6,82%**	**2,85%**	**0,25%**		**4,11%**	**3,79%**	**2,85%**

Tabelle D.5: Einfluss des Reservationsnutzens; ausführliche Darstellung zu Tabelle 5.7

Eingangswerte:											
Einzelwahrsch. obj. Maß		Rückzugspos.: rein expl. Vertrag (ah)						Rückzugspos.: Prod.einstellung			
f(xh/ah)		0,62	0,6	0,58	0,56	0,56		0,54	0,52	0,51	0,50
f(xl/ah)		0,38	0,4	0,42	0,44	0,44		0,46	0,48	0,49	0,50
f(xh/al)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1
f(xl/al)		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		0,9	0,9	0,9	0,9
Bedingte Wahrsch.											
f(xh/yh,ah)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5
f(xh/yl,ah)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7	0,7
f(xh/yh,al)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1
f(xh/yl,al)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		0,1	0,1	0,1	0,1
f(xh/yh,ah)-f(xh/yh,al)		0,400	0,400	0,400	0,400	0,400		0,400	0,400	0,400	0,400
Einzelwahrsch. subj. Maß											
f(yh/ah)		0,4	0,5	0,6	0,7	0,72		0,8	0,9	0,95	0,99
f(yl/ah)		0,6	0,5	0,4	0,3	0,28		0,2	0,1	0,05	0,01
f(yh/al)		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,3
f(yl/al)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7		0,7	0,7	0,7	0,7
Reserv.nutzen U		150	150	150	150	150		150	150	150	150
Disnutzen ch		50	50	50	50	50		50	50	50	50
Disnutzen cl		0	0	0	0	0		0	0	0	0
xh (bei xL=0)		80.000	80.000	80.000	80.000	80.000		80.000	80.000	80.000	80.000
E(x/ah)		49.600	48.000	46.400	44.800	44.480		43.200	41.600	40.800	40.160
Lösung hybrider Vertrag											
EUP (expl. V./ah)		7.422	5.600	3.757	1.889	1.512		-8	-1.937	-2.917	-3.707
EUP (expl. V./al)		-14.500	-14.500	-14.500	-14.500	-14.500		-14.500	-14.500	-14.500	-14.500
EUP (hybr. Vertrag)		8.023	6.721	5.428	4.114	3.848		2.772	1.399	703	141
Rückzugsposition		**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**	**expl.V.ah**		**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**	**P.stopp**
sh		51.201	48.602	46.047	43.742	43.317		41.732	40.000	39.227	38.649
sl		14.682	13.963	13.770	13.848	13.883		14.063	14.345	14.497	14.622
bhh		238,1	906,2	1260,5	1432,7	1452,9		1501,3	1511,7	1503,6	1492,8
bhl		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
blh		21025,4	25222,4	27011,3	27416,4	27391,4		27058,8	26299,8	25838,5	25446,5
bll		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0
E(Entl/hybrV)=E(s)xy		41576,6	41278,6	40972,4	40686,0	40632,1		40428,5	40200,6	40097,1	40018,9
E(Entl/expV)=E(s)x		42178,3	42400,0	42643,2	42911,2	42968,0		43207,6	43537,4	43716,5	43867,4
Kosteneinsparung		601,6	1121,4	1670,8	2225,1	2335,9		2779,2	3336,8	3619,5	3848,5
max. Diskontierungssatz		**2,86%**	**4,45%**	**6,19%**	**8,12%**	**8,53%**		**10,24%**	**5,32%**	**2,72%**	**0,55%**

Tabelle D.6.: Einfluss der Präzision des nichtverifizierbaren Maßes; ausführliche Darstellung zu Tabelle 5.8

Literaturverzeichnis

Akerlof, G. (1970), The Market for Lemons: Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism, in: Quarterly Journal of Economics, 84. Jg., S. 488-500.

Alchian, A. A. (1965), Some Economics of Property Rights, in: Il Politico, 30. Jg., S. 816-829.

Allen, F., Gale, D. (1992), Measurement Distortion and Missing Contingencies in Optimal Contracts, in: Economic Theory, 2. Jg., S. 1-26.

Antle, R., Demski, J. S. (1988), The Controllability Principle in Responsibility Accounting, in: The Accounting Review, 58. Jg., S. 700-718**.**

Arrow, K. J. (1962), Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention, in: National Bureau of Economic Research, Inc. (Hrsg.), The Rate and Direction of Inventive Activitiy: Economic and Social Factors, Princeton: Princeton University Press, S. 609-626.

Ballwieser, W. (1991), Das Rechnungswesen im Lichte ökonomischer Theorie, in: Ordelheide, D., Rudolph, B., Büsselmann, E. (Hrsg.), Betriebswirtschaftslehre und Ökonomische Theorie, Stuttgart: Poeschel, S. 97-124.

Baiman, S., Rajan M. V. (1995), The Informational Advantages of Discretionary Bonus Schemes, in: The Accounting Review, 70. Jg., S. 557-579.

Baker, G. P. (1992), Incentive Contracts and Performance Measurement, in: Journal of Political Economy, 100. Jg., S. 598-614.

Baker, G. (2000), The Use of Performance Measures in Incentive Contracting, in: American Economic Review, 90. Jg., S. 415-420.

Baker, G. (2002), Distortion and Risk in Optimal Incentive Contracts, in: The Journal of Human Resources, 37. Jg., S. 728-751.

Baker, G., Gibbons, R., Murphy, K. J. (1994), Subjective Performance Measures in Optimal Incentive Contracts, in: The Quarterly Journal of Economics, 109. Jg., S. 1125-1156.

Baker, G., Gibbons, R., Murphy, K. J. (2002), Relational Contracts and the Theory of the Firm, in: Quarterly Journal of Economics, 117. Jg., S. 39-83.

Banker, R. D., Datar, S. M. (1989), Sensitivity, Precision, and Linear Aggregation of Signals for Performance Evaluation, in: Journal of Accounting Research, 27. Jg., S. 21-39.

Berle, A., Means, G. (1932), The Modern Corporation and Private Property, New York: Macmillan.

Bol, J. C. (2008), Subjectivity in Compensation Contracting, in: Journal of Accounting Literature, 27. Jg., S. 1-24.

Budde, J. (2000), Effizienz betrieblicher Informationssysteme - Vergleich unter Anreizaspekten, Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., Gabler.

Budde, J. (2007), Performance Measure Congruity and the Balanced Scorecard, in: Journal of Accounting Research, 45. Jg., S. 515-539.

Budde, J. (2008), Distorted Performance Measurement and Relational Contracts, in: sbr, 60. Jg., S. 251-273.

Bull, C. (1987), The Existence of Self-Enforcing Implicit Contracts, in: Quarterly Journal of Economics, 102. Jg., S. 147-160.

Bushman, R. M., Indjejikian, R. J., Smith, A. (1996), CEO compensation: The role of individual performance evaluation, in: Journal of Accounting Economics, 21. Jg., S. 161-193.

Christensen, J. (2002), Agency Theory, in: Küpper, H.-U., Wagenhofer, A. (Hrsg.), Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, 4. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, Sp. 28-39.

Christensen, J. A., Demski, J. S. (2003), Accounting Theory - An Information Content Perspective, New York: McGraw-Hill/Irwin.

Christensen, P. O., Feltham, G. A. (2005), Economics of Accounting - Volume II, Performance Evaluation, New York: Springer.

Coase, R. (1937), The Nature of the Firm, in: Economica, 4. Jg., S. 386-405.

Coase, R. H. (1960), The Problem of Social Cost, in: Journal of Law and Economics, 3. Jg., S. 1-44.

Datar, S., Kulp, S. C., Lambert, R. A. (2001), Balancing Performance Measures, in: Journal of Accounting Research, 39. Jg., S. 75-92.

Demsetz, H. (1967), Toward a Theory of Property Rights, in: American Economic Review, 57. Jg., S. 347-359.

Dierkes, S., Harreiter, B. (2010), Profit-Center-Steuerung unter Berücksichtigung von sozialen Präferenzen, BFuP – Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis, 62. Jg., S. 534-557.

Dikolli, S. S. (2001), Agent Employment Horizons and Contracting Demand for Forward-Looking Performance Measures, in: Journal of Accounting Research, 39. Jg., S. 75-92.

Ederhof, M. (2010), Discretion in Bonus Plans, in: The Accounting Review, 85. Jg., S. 1921-1949.

Ederhof, M., Rajan, M. V., Reichelstein, S. (2011), Discretion in Managerial Bonus Pools, in: Foundations and Trends® in Accounting, 5. Jg., S. 243-316.

Eisenhardt, K. (1989), Agency Theory: An Assessment and Review, in: Academy of Management Review, 14. Jg., S. 57-74.

Englmaier, F., Wambach, A. (2010), Optimal Incentive Contracts under Inequity Aversion, in: Games and Economic Behavior, 69. Jg., S. 312-328.

Ewert, R., Stefani, U. (2001), Wirtschaftsprüfung, in: Jost, P.-J. (Hrsg.): Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 148-182.

Ewert, R., Wagenhofer, A. (2008), Interne Unternehmensrechnung, 7. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Fama, E. (1980), Agency problems and the theory of the firm, in: Journal of Political Economy, 88. Jg., S 288-307.

Fama, E., Jensen, M. (1983), Separation of Ownership and Control, in: Journal of Law and Economics, 26. Jg., S. 301-325.

Feltham, G. A., Xie J. (1994), Performance Measure Congruity and Diversity in Multi-Task Principal/Agent Relations, in: The Accounting Review, 69. Jg., S. 429-453.

Gibbs, M. et al. (2004), Determinants and Effects of Subjectivity in Incentives, in: The Accounting Review, 79. Jg., S. 409-436.

Gillenkirch, R. (1997), Gestaltung optimaler Anreizverträge, Wiesbaden: Gabler Verlag.

Grossman, S. J., Hart, O. D. (1983), An Analysis of the Principal-Agent-Problem, in: Econometrica, 51. Jg., S. 7-45.

Grossman, S., Stiglitz, J. (1976), Information and Competitive Price System, in: American Economic Review, 66. Jg., S. 246-253.

Hartmann-Wendels, T. (2001), Finanzierung, in: Jost, P.-J. (Hrsg.): Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 117-146.

Hax, H. (1991), Theorie der Unternehmung – Information, Anreize und Vertragsgestaltung, in: Ordelheide, D., Rudolph, B., Büsselmann, E. (Hrsg.), Betriebswirtschaftslehre und Ökonomische Theorie, Stuttgart: Poeschel, S. 51-72.

Hayes, R. M., Schaefer, S. (2000), Implicit Contracts and the Explanatory Power of Top Executive Compensation for Future Performance, in: RAND Journal of Economics, 31. Jg., S. 273-293.

Hemmer, T. (2004), Lessons Lost in Linearity: A Critical Assessment of the General Usefulness of LEN Models in Compensation Research, in: Journal of Management Accounting Research, 16. Jg., S. 149-162.

Hermalin, B. E., Katz, M. L. (1991), Moral Hazard and Verifiability: The Effects of Renegotiation in Agency, in: Econometrica, 59. Jg., S. 1735-1753.

Herzberg, F. (1959), The Motivation to Work, 2. Aufl., New York: Wiley.

Hofmann, C. (2002), Anreizsysteme, in: Küpper, H.-U., Wagenhofer, A. (Hrsg.), Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, 4. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, Sp. 1033-1041.

Holmström, B. (1979), Moral hazard and observability, In: The Bell Journal of Economics, 10. Jg., S. 74-91.

Holmström, B. (1982), Managerial Incentive Problems - A Dynamic Perspective, in: Walross, B. (Hrsg.), Essays in Economics and Management in Honor of Lars Wahlbeck, Helsinki: Swedish School of Economics, S. 209-230.

Holmström, B., Milgrom, P. (1987), Aggregation and Linearity in the Provision of Intertemporal Incentives, in: Econometrica, 55. Jg., S. 303-328.

Holmström, B., Milgrom, P. (1991), Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design, in: The Journal of Law, Economics, & Organizations, 7. Jg., S. 24-52.

Höppe, F., Moers, F. (2011), The Choice of Different Types of Subjectivity in CEO Annual Bonus Contracts, in: The Accounting Review, 86. Jg., S. 2023-2046.

Indjejikian, R. J. (1999), Performance Evaluation and Compensation Research: An Agency Perspective, in: Accounting Horizons, 13. Jg., S. 147-157.

Intriligator, M. D. (2002), Mathematical Optimization and Economic Theory, Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Ittner, C. D, Larcker, D. F., Meyer, M. W. (2003), Subjectivity and the Weighting of Performance Measures: Evidence from a Balanced Scorecard, in: The Accounting Review, 78. Jg., S. 725-758.

Ittner, C. D., Larcker, D. F., Rajan, M. V. (1997), The Choice of Performance Measures in Annual Bonus Contracts, in: The Accounting Review, 72. Jg., S. 231-255.

Jensen, M., Meckling, W. (1976), Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs, and Ownership Structure, in: Journal of Financial Economics, 3. Jg., S. 305-360.

Joffe, J. (2013), Brauchen wir ein Gesetz gegen Gier?, in: ZEIT ONLINE, 07.03.2013, abrufbar unter: http://www.zeit.de/2013/11/Contra-Begrenzung-Managergehaelter-Bonuszahlung (Stand: 10.12.2014).

Jost, P.-J. (2001), Die Prinzipal-Agenten-Theorie im Unternehmenskontext, in: Jost, P.-J. (Hrsg.), Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 11-43.

Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1992), The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance, in: Harvard Business Review, 70. Jg., S. 71-79.

Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1996), Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System, in: Harvard Business Review, 74. Jg., S. 75-87.

Kopel, M. (1998), Zur verzerrten Performancemessung in Agency-Modellen, in: zfbf, 50. Jg., S. 531-550.

Küpper, H.-U. (2005), Controlling, in: Bitz, M. et al. (Hrsg.), Vahlens Kompendium der Betriebswirtschaftslehre – Band 2, 5. Aufl., München: Verlag Franz Vahlen.

Kusolitsch, N. (2011), Maß- und Wahrscheinlichkeitstheorie – Eine Einführung, Wien: Springer.

Laffont, J.-J., Martimort, D. (2002), The Theory of Incentives – The Principal-Agent Model, Princeton: Princeton University Press.

Lambert, R. A. (2001): Contracting theory and accounting, in: Journal of Accounting and Economics, 32. Jg., S. 3-87.

Landy, F., Farr, J. (1980), Performance Rating, in: Psychological Bulletin, 87. Jg., S. 72-107.

Langerfeldt, M. (2003), Neue Institutionenökonomik, WISU - Das Wirtschaftsstudium, 32. Jg., S. 55-58.

Langhorst, C., Schäfer, M. (2009), Fragen und Antworten zur Finanz- und Wirtschaftskrise, in: Konrad-Adenauer-Stiftung e.V. (Hrsg.), abrufbar unter: http://www.kas.de/wf/de33.16827/ (Stand: 10.12.2014).

Laux, H. (1990), Risiko, Anreiz und Kontrolle: Principal-Agent-Theorie - Einführung und Verbindung mit dem Delegationswert-Konzept, Berlin et al.: Springer.

Leuz, C. (2002), Informationstheorie, in: Küpper, H.-U., Wagenhofer, A. (Hrsg.), Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, 4. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, Sp. 732-740.

Levin, J. (2003), Relational Incentive Contracts, in: The American Economic Review, 93. Jg., S. 835-847.

Luhmer, A. (2002): Koordination, in: Küpper, H.-U., Wagenhofer, A. (Hrsg.), Handwörterbuch Unternehmensrechnung und Controlling, 4. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, Sp. 1033-1041.

Macho-Stadler, I., Pérez-Castrillo, J.D. (2001), An Introduction to the Economics of Information – Incentives and Contracts, 2. Aufl., Oxford et al.: Oxford University Press.

MacLeod, B. W. (2003), Optimal contracting with subjective evaluation, in: The American Economic Review, 93. Jg., S. 216-240.

Mas-Colell, A., Whinston, M. D., Green, J. R. (1995), Microeconomic Theory, New York: Oxford University Press.

Maslow, A. H. (1954), Motivation and Personality, New York: Harper.

Mayer, B., Pfeiffer, T. (2004), Prinzipien der Anreizgestaltung bei Risikoaversion und sozialen Präferenzen, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 74. Jg., S. 1047-1075.

Milgrom, P. (1988), Employment Contracts, Influence Activity and Efficient Organization, in: Journal of Political Economy, 96. Jg., S. 42-60.

Milgrom, P., Roberts, J. (1988), An Economic Approach to Influence Activities in Organizations, in: American Journal of Sociology (Supplement), 94. Jg., S. S154-S179.

Milgrom, P., Roberts, J. (1992), Economics, Organizations, and Management, Englewood Cliffs, NJ et al.: Prentice-Hall.

Mirrlees, J. (1974), Notes on Welfare Economics, Information, and Uncertainty, in: Balch, M., McFadden, D., Wu, S. (Hrsg.), Essays on Economic Behavior under Uncertainty, Amsterdam: North Holland Publishing Co.

Mirrlees, J. (1976), The Optimal Structure of Incentives and Authority within an Organization, in: The Bell Journal of Economics, 7. Jg., S. 105-131.

Mirrlees, J. **A. (1999),** The Theory of Moral Hazard and Unobservable Behavior – Part I, in: Review of Economic Studies, 66. Jg., S. 3-21.

Murphy, K. R., Cleveland, J. (1991), Performance Appraisal: An Organizational Perspective, Boston: Allyn and Bacon.

Neus, W. (2001), Einführung in die Betriebswirtschaftslehre aus institutionenökonomischer Sicht, 2. Aufl., Tübingen: Mohr Siebeck.

Pearce, D. G., Stacchetti, E. (1998), The Interaction of Implicit and Explicit Contracts in Repeated Agency, in: Games and Economic Behavior, 23. Jg., S. 75-96.

Peukert, H. (o.J.), Neue Institutionenökonomik, in: Springer Gabler Verlag (Hrsg.), Gabler Wirtschaftslexikon, abrufbar unter: http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1470/neue-institutionenoekonomik-v12.html (Stand 26.11.2014).

Pfaff, D., Pfeiffer, T. (2001), Controlling, in: Jost, P.-J. (Hrsg.): Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 359-394.

Picot, A. (1991): Ökonomische Theorien der Organisation – Ein Überblick über neuere Ansätze und deren betriebswirtschaftliches Anwendungspotential, in: Ordelheide, D., Rudolph, B., Büsselmann, E. (Hrsg.), Betriebswirtschaftslehre und Ökonomische Theorie, Stuttgart: Poeschel, S. 143-170.

Prendergast, C. (1999), The Provision of Incentives in Firms, in: Journal of Economic Literature, 37. Jg., S. 7-63.

Rajan, M. V., Reichelstein, S. (2006), Objective versus Subjective Indicators of Managerial Performance, in: The Accounting Review, 84. Jg., S. 209-237.

Rajan, M. V., Reichelstein, S. (2009), Objective versus Subjective Indicators of Managerial Performance, in: The Accounting Review, 84. Jg., S. 209-237.

Rasmusen, E. (2008), Games and Information- An Introduction to Game Theory, 4. Aufl., Malden et al.: Blackwell Publishing.

Richter, R., Furubotn, E. (1999), Neue Institutionenökonomik: eine Einführung und kritische Würdigung, 2. Aufl., Tübingen: Mohr Siebeck.

Richter, R., Furubotn, E. (2010), Neue Institutionenökonomik: eine Einführung und kritische Würdigung, 4. Aufl., Tübingen: Mohr Siebeck.

Riechmann, T. (2010), Spieltheorie, 3. Aufl., München: Verlag Franz Vahlen.

Riegler, C. (2008), Discussion of “Distorted Performance Measurement and Relational Contracts”, in: sbr, 60. Jg., S. 274-279.

Rogerson, W.P. (1985), The First-Order Approach to Principal-Agent Problems, In: Econometrica, 53. Jg., S. 1357-1367.

Roth, A. E. (1995), Bargaining Experiments, in: Kagel, J., Roth, A. E. (Hrsg.), Handbook of Experimental Economics, Princeton: Princeton University Press, S. 253-348.

Schneeweiß, H. (1967), Entscheidungskriterien bei Risiko, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Schöndube, J. R. (2006), Nachverhandlungen in langfristigen Anreizbeziehungen, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.

Sliwka, D. (2002), On the Use of Nonfinancial Performance Measures in Management Compensation, in: Journal of Economics & Management Strategy, 11. Jg., S. 487-511.

Smith, M. J. (2002), Gaming Nonfinancial Performance Measures, in: Journal of Management Accounting Research, 14. Jg., S. 119-133.

Spremann, K. (1987), Agent and Principal, in: Bamberg, G., Spremann, K. (Hrsg.), Agency Theory, Information, and Incentives, Berlin, Heidelberg: Springer, S. 3-37.

Stigler, G. J. (1961), The Economics of Information, in: Journal of Political Economy, 69. Jg., S. 213-225.

Stiglitz, J. E. (2009), The Current Economic Crisis and Lessons for Economic Theory, in: Eastern Economic Journal, 35. Jg., S. 281-296.

Tirole, J. (1992), Collusion and the Theory of Organizations, in: Laffont, J. (Hrsg.), Advances in Economic Theory: Sixth World Congress, 2. Aufl., Cambridge: Cambridge University Press.

Von Auer, **L. (2013),** Ökonometrie – Eine Einführung, 6. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Gabler.

Wagenhofer, A. (1993), Kostenrechnung und Agency Theorie; in: Weber, J. (Hrsg.), Zur Neuausrichtung der Kostenrechnung – Entwicklungsperspektiven für die 90er Jahre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 161-185.

Wagenhofer, A. (1996), Anreizsysteme in Agency-Modellen mit mehreren Aktionen, in: DBW, 56. Jg., S. 155-165.

Wagenhofer, A. (2001), Rechnungslegung, in: Jost, P.-J. (Hrsg.): Die Prinzipal-Agenten-Theorie in der Betriebswirtschaftslehre, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 148-182.

Wagenhofer, A./ Ewert, R. (1993), Linearität und Optimalität in ökonomischen Agency Modellen – Zur Rechtfertigung des LEN-Modells, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 63. Jg., S. 373-391.

Watts, R. L., Zimmermann, J. L. (1986), Positive Accounting Theory, Engelwood Cliffs, NJ et al.: Prentice-Hall.

Weber, J. (2013), Verhaltensorientiertes Controlling – Plädoyer für eine (nicht ganz) neue Sicht auf das Controlling, in: Controlling – Zeitschrift für erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung, 25. Jg., S. 217-222.

Westermann, T. (2011), Mathematik für Ingenieure – Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch, 6. Aufl., Heidelberg et al.: Springer.

Williamson, O. E. (1975), Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications, New York: Free Press.

Williamson, O. E. (1985), The Economic Institutions of Capitalism – Firms, Markets, Relational Contracting, New York: Free Press.

Woll, A. (1996), Wirtschaftslexikon, 8. Aufl., München, Wien, Oldenbourg: Oldenbourg Verlag GmbH.