institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement
TU Graz

MASTERARBEIT

EINFÜHRUNG ZU GRUNDLAGEN DER PRINZIPAL-AGENT-THEORIE UND THEORETISCHE ANWENDUNG IN DER BAUWIRTSCHAFT

Jürgen Hackl BSc

Vorgelegt am
Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer
Univ. Prof. Dr.-Ing Detlef Heck

Mitbetreuender Assistent
Dipl.-Ing Michael Werkl

Graz am 26. März 2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltliche entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am ....

(Unterschrift)

Statuary Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, ...

(signature)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Masterarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck und Herrn Dipl.-Ing. Michael Werkl, dessen Überlegungen den Ausgangspunkt für diese Arbeit darstellten.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte.

Graz, am ....

(Unterschrift)

Kurzfassung

Verträge sind wesentliche Bestandteile in der Bauwirtschaft. Sie enthalten wichtige Bestimmungen über die Leistungserbringung und die Entlohnung. Grundsätzlich werden Verträge zwischen Auftragnehmern und Auftraggebern geschlossen, hierbei verpflichten sich die Auftragnehmer eine gewisse Leistungen, entsprechend den Wünschen der Auftraggeber, zu entrichten.

Für einen positiven Vertragsabschluss, stehen die Auftraggeber vor den Fragestellungen, ob der jeweilige Auftragnehmer der Geeignetste für die Aufgabe ist und ob er den vereinbarten Arbeitseinsatz erbringen wird.

Die erste Frage entsteht bereits vor Vertragsabschluss, wobei hier von *adverse selection* (negativer Auslese) gesprochen wird. Das zweite Problem tritt nach Unterzeichnung des Vertrages auf und wird als *moral hazard* (moralisches Risiko) bezeichnet.

Diese zwei Grundlagenbegriffe stellen wesentliche Punkte in der *Prinzipal-Agent-Theorie* dar, mit der sich diese Arbeit beschäftigt. Kernstück dieser Theorie ist, dass der Auftragnehmer (Agent) einen Informationsvorsprung gegenüber dem Auftraggeber (Prinzipal) besitzt und diesen wirtschaftlich für sich einsetzt.

Im ersten Teil dieser Arbeit wird das Thema *moral hazard* betrachtet. Hier hat der Auftraggeber bereits einen Vertrag mit dem Auftragnehmer abgeschlossen. Durch entsprechende Fachkenntnisse oder ähnliches besitzt der Auftragnehmer einen Wissensvorsprung gegenüber dem Auftraggeber. Diesen Vorteil der asymmetrischen Informationsverteilung nutzt der Auftraggeber zu seinen Gunsten aus, wodurch der Auftragnehmer an Nutzen verliert.

Durch geeignete Vertragsgestaltung kann der Auftraggeber dieses Problem minimieren und seinen Nutzen aus der Vertragsbeziehung erhöhen.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird das Auswahlproblem (adverse selection) behandelt. Da der Auftraggeber nicht erkennen kann, ob es sich um einen geeigneten Auftragnehmer handelt oder nicht, besitzt er wieder einen Informationsnachteil gegen über dem Auftragnehmer.

Um dennoch die richtige Wahl zu treffen, wird dem Auftragnehmer ein Menü an speziell gestalteten Verträgen vorgelegt, aus denen er seinen „optimalen Vertrag“ auswählen kann. Durch diese Wahl kann durch den Auftraggeber auf die Eignung des Auftragnehmers zurückgeschlossen werden.

Will der Auftragnehmer von sich aus ein Zeichen setzen, um den Auftrag zu bekommen, spricht man von *signalling*. Dieses stellt wie das *screening* ein Unterkapitel der *adverse selection* dar und wird am Ende der Arbeit aufgegriffen.

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

Abstract

Contracts are essential components in the construction industry. They contain important provisions on performance and wage. Basically contractors and clients close contracts. The objective of the contract is, for the client or principal, to get some action from the contractor or agent

Before the agent signs the contract, the principal has to ask himself if the agent is suitable for the task and whether he will provide the agreed effort or not.

This first question, which arises before the signing, is discussed within the case of *adverse selection*. The second question arises after the signing of the contract and is known as *moral hazard*.

These two fundamental concepts represent key points in the *principal-agent-theory*, which are discussed in this work. The basic message of this theory is that the agent has an information advantage which the principal cannot observe. So the agent uses this private information for himself.

In the first part of this work, the *moral hazard* issue is considered. Hereby the agent has already signed a contract with the principal. The final result or payoff depends on the effort that the agent dedicates to the task. In the case of asymmetric information, the agent uses his advantages and the principal is losing utility.

With appropriate contractual arrangements, the customer is able to minimize this problem and increase his value from the contractual relationship.

The second part of this work deals with the *adverse selection* problem. In this case, the principal cannot verify the type of agent and so he does not know if the agent is suitable for the task or not. So the agent holds private information before the contractual relationship enters into force.

Nevertheless, in order to make the right decision, the principal designs a menu of contracts and offers this menu to the agent, who is supposed to select the optimal contract for him. Due to this choice the principal can deduce the type of agent.

A different kind of *adverse selection* is called *signalling*. Hereby the agent sends a signal before the principal offers the contract, so the agent can influence the principals beliefs about his type. *Screening* is treated at the end of this work, as a form of *adverse selection*.

Inhaltsverzeichnis

I Allgemeines 1

1 Vertragstheoretische Grundlagen 2

1.1 Vertragstheorie . . . 2
1.2 Prinzipal-Agent-Theorie . . . 4
1.3 Das Prinzipal-Agent-Problem . . . 4
1.3.1 Adverse Selection . . . 5
1.3.2 Moral Hazard . . . 6
1.3.3 Gegenstand der Informationsasymmetrie . . . 7
1.4 Analytische Methoden . . . 8
1.5 Literaturhinweise zu Kapitel 1 . . . 9

II Moral Hazard 10

2 Hidden Action - Theoretische Grundlagen 11

2.1 Einführung . . . 12
2.2 Nutzenfunktionen . . . 13
2.2.1 Risikoneutralität . . . 14
2.2.2 Risikoaversion . . . 14
2.2.3 Risikoaffinität . . . 15
2.2.4 Maß für die Risikoeinstellung . . . 15
2.2.5 Grundlage des Nutzenerwartungswertes . . . 16
2.3 Der optimale Vertrag im Hidden Action Fall . . . 17
2.3.1 Participation Constraint . . . 17
2.3.2 Incentive Compatibility Constraint . . . 18
2.4 Modelltheoretische Annahmen . . . 19
2.4.1 Additiv Separierbare Nutzenfunktion . . . 20
2.4.2 Parametrische Formulierung . . . 20
2.4.3 First-Order Stochastic Dominance . . . 21
2.4.4 Monotone Likelihood Ratio Condition . . . 23
2.4.5 Convexity of the Distribution Function Condition . . . 24
2.5 First-Order-Approach . . . 24
2.5.1 Stetige Modellformulierung . . . 25
2.5.2 First-Best Solution bei Informationssymmetrie . . . 26
2.5.3 Second-Best Solution . . . 27
2.5.4 Diskrete Modellformulierung . . . 28
2.6 LEN-Modell . . . 29

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

2.7 Literaturhinweise zu Kapitel 2 29

3 Beispiel für Hidden Action **30**

3.1 Einführung in das Beispiel 30

3.1.1 Angabe 30

3.1.2 Zahlenwerte für das Beispiel 31

3.1.3 Überführung der Angabe in ein Berechnungsbeispiel . . . 32

3.2 First-Best-Lösung bei Informationssymmetrie 35

3.2.1 Lösung unter First-Best 35

3.2.2 First-Best mit Zahlen 36

3.2.3 First-Best Conclusio 37

3.3 Second-Best-Lösung bei Informationsasymmetrie 38

3.3.1 Konstante Entlohnung bei Informationsasymmetrie 38

3.3.2 Lösung unter Second-Best 39

3.3.3 Second-Best mit Zahlen 40

3.3.4 Second-Best Conclusio 41

3.4 Literaturhinweise zu Kapitel 3 43

III Adverse Selection **44**

4 Hidden Information - Theoretische Grundlagen **45**

4.1 Grundgedanken - The Market for Lemons 45

4.1.1 Modell von Akerlof 45

4.1.2 Baumaschinenmarkt 46

4.1.3 Baumaschinenmarkt mit Zahlen 48

4.1.4 Erweiterung des Modells 49

4.2 Einführung 50

4.2.1 Grundmodell 50

4.2.2 Vereinfachtes Grundmodell 52

4.3 Der optimale Vertrag 54

4.3.1 First-Best Solution 55

4.3.2 Self Selection 57

4.3.3 Second-Best Solution 57

4.4 Modelltheoretische Annahmen 59

4.4.1 Spence-Mirrlees Condition 59

4.4.2 Implementable Mechanisms 60

4.4.3 Partizipationsbedingungen der Agenten 60

4.4.4 Indirekte Nutzenfunktionen 61

4.4.5 Informational Rent 61

4.5 Vereinfachtes Modell und dessen Bedeutung 62

4.5.1 Vereinfachtes Modell 62

4.5.2 Rückschlüsse aus dem Modell 63

4.6 Literaturhinweise zu Kapitel 4 63

5 Beispiel für Hidden Information **64**

5.1 Einführung in das Beispiel 64

5.1.1 Angabe 64

5.1.2 Zahlenwerte für das Beispiel 65

5.2 First-Best-Lösung bei Informationssymmetrie 66

5.2.1 Lösung unter First-Best 66

5.2.2 First-Best mit Zahlen 67

5.2.3 First-Best Conclusio 68

5.3 Second-Best-Lösung bei Informationsasymmetrie 68

5.3.1 First-Best bei Informationsasymmetrie 69

5.3.2 Lösung unter Second-Best 69

5.3.3 Second-Best mit Zahlen 74

5.3.4 Second-Best Conclusio 74

5.4 Literaturhinweise zu Kapitel 5 75

6 Signalling **76**

6.1 Einführung 76

6.1.1 Private Informationen vs. Öffentliche Informationen . . . 76

6.1.2 Signale 77

6.2 Grundgedanken - Job Market 78

6.2.1 Modell von Spence 78

6.3 Der optimale Vertrag 80

6.3.1 Verhalten unter Separating 83

6.3.2 Verhalten unter Pooling 84

6.3.3 Erweiterungen 86

6.4 Literaturhinweise zu Kapitel 6 86

7 Screening **87**

7.1 Literaturhinweise zu Kapitel 7 88

IV Abschluss **89**

8 Resümee und Ausblick **90**

8.1 Resümee 90

8.2 Ausblick 91

V Appendix **92**

A Mathematik: Definitionen und Sätze **93**

A.1 Entscheidungsmodelle: Definitionen und Sätze 93

A.2 Modelltheoretische Definitionen und Sätze 94
A.3 Maximierung mit Nebenbedingungen 96
A.4 Regel von Bayes 97

B Glossar **100**

C Symbolverzeichnis **107**
C.1 Hidden Action 107
C.1.1 Prinzipal-Agent-Beziehung 107
C.1.2 Entscheidungsmodelle 107
C.1.3 Modelltheoretische Variablen 108
C.2 Beispiel für Hidden Action 108
C.3 Hidden Information 109
C.3.1 Market for Lemons 109
C.3.2 Prinzipal-Agent-Beziehung 109
C.3.3 Modelltheoretische Variablen 110
C.4 Beispiel für Hidden Information 111
C.5 Signalling 111
C.6 Einheiten 112

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

Abbildungsverzeichnis

2.1 Risikoaverse, -neutrale und -affine Nutzenfunktion 15
2.2 Zeitliche Struktur im Hidden-Action-Fall 17
2.3 Stochastische Dominanz erster Ordnung 22
2.4 First-Best- und Second-Best-Lösung 28

3.1 Entlohnung des Agenten 42
3.2 Gewinn des Prinzipals 43

4.1 Zeitliche Struktur im Hidden-Information-Fall 54
4.2 Single Crossing Indifferenzkurven 59

6.1 Zeitliche Struktur im Signalling-Fall 80
6.2 Gleichgewichtsstrategien 82
6.3 Pooling 85

7.1 Zeitliche Struktur im Screening-Fall 87

Tabellenverzeichnis

1.1 Typen asymetrischer Informationsverteilung 8

3.1 Mögliche Umweltzustände 33
3.2 Mögliche Gesteinsschichten 33
3.3 Auswirkungen der Umweltzustände für den Prinzipal 34
3.4 Bedingte Wahrscheinlichkeiten der diskreten Zufallsvariable . . . 34
3.5 Erzielbare Ergebnisse bei symmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von e 37
3.6 Erzielbare Ergebnisse bei asymmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von e 41

5.1 Erzielbare Ergebnisse bei symmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von Typ des Agenten 67

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement
TU Graz

Teil I

Allgemeines

1 Vertragstheoretische Grundlagen

1.1 Vertragstheorie

Der ökonomische Vertragsbegriff geht weit über die juristisch geprägte Definition hinaus. Jedoch sind die Begriffsbestimmungen nicht einheitlich festgelegt und variieren je nach Verfasser. Nach SCHWEIZER wird der *Vertrag* wie folgt definiert:

> *Als Vertrag werden nämlich sämtliche institutionellen Vorkehrungen gedeutet, welche die Möglichkeiten der strategischen Interaktion von individuellen Entscheidungsträgern definieren, beeinflussen und koordinieren.*[1]

So werden nicht nur schriftliche Vereinbarungen als Vertrag verstanden, sondern auch politische Regeln und Verhaltensnormen. Diese weit gefasste Definition von Vertrag macht es möglich, das Marktverhalten zu analysieren. Dabei betrachtet die Vertragstheorie hauptsächlich die Informationsverteilung zwischen verschiedenen Parteien, aufgrund dieser dann der „optimale Vertrag“ abgeleitet wird.

Alternativ zur Vertragstheorie gibt es den Ansatz der *Transaktionskosten*. Hier wird davon ausgegangen, dass die Nutzung von Preismechanismen mit Kosten verbunden ist. Aufgebracht wurde diese Theorie von COASE 1937 in seinem Artikel *The Nature of the Firm*[2] und entsprechend weiterentwickelt vor allem durch WILLIAMSON.[3,4] Jedoch wird diese Sichtweise komplexen Themen kaum gerecht, somit stellt der Transaktionskostenbegriff eher ein umfassendes Theoriekonzept dar.[5] Dies äußerst sich dadurch, dass unter dem Begriff Transaktionskosten jene Kosten verstanden werden, die bei der Beschaffung von Informationen, dem Aushandeln und Abschluss von Verträgen, der Überwachung der Vereinbarungen und bei dem nachträgliche Ergänzungen und Anpassungen der Verträgen anfallen.[6]

Einen dritter Ansatz stellt die Theorie der *Verfügungsrechte* dar. Hier werden die Rechte und Pflichten fixiert, die sich einzelne Mitglieder durch den Vertrag wechselseitig zugestehen bzw. zumuten. Der Einzelne verzichtet somit auf bestimmte

1 SCHWEIZER, Urs: Vertragstheorie. Tübingen: Mohr Siebeck, 1999, S 5.
2 COASE, Ronald H.: The Nature of the Firm. Economica, Vol. 4 Nov 1937, Nr. 16.
3 WILLIAMSON, Oliver E.: Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Tübingen: Mohr Siebeck, 1990.
4 Vgl.: NEUBÄUMER, Renate/HEWEL, Brigitte: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik. 4. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005, S 124.
5 Vgl.: SCHWEIZER: Vertragstheorie, S 3.
6 Vgl.: NEUBÄUMER/HEWEL: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik, S 125.

Handlungsoptionen, um seinerseits dafür andere, für ihn wertvollere Handlungsmöglichkeiten, zu erhalten.[7]

Anders als bei der transaktionskostentheoretischen Betrachtung stellt die Behandlung der Informationsverteilung im Sinne der Vertragstheorie ein umsetzbares Konzept dar. Auch hier kann davon ausgehen werden, dass die Informationsverteilung keinesfalls leicht festzustellen ist, da das menschliche Verhalten nur schwer abzuschätzen ist. Um dieses Verhalten dennoch abschätzen zu können, wird folgendes angenommen:

> *Bei der Vertragstheorie steht der* homo oeconomicus *mit seinem individuellen Anreizmechanismus im Zentrum der Betrachtung, insbesondere seine Rationalität in einem Umfeld, das durch Risiko und durch asymmetrische Informationsverteilung gekennzeichnet ist.*[8]

Dies bedeutet, dass jede Partei individuelle Informationen besitzt und diese nutzen wird, um einen Vorteil zu erzielen. Ein *optimaler Vertrag* trägt dieser Problematik des *opportunistischen Verhaltens* Rechnung, indem die vertraglichen Regelungen so gestaltet werden, dass eine Verhaltenssteuerung erreicht wird, die zu einer optimalen *Allokation* der verfügbaren Ressourcen, sowie einer optimalen Risikoteilung führt[9].

Diese Problematik wird in der Vertragstheorie durch die Ansätze der Prinzipal-Agent-Theorie, der Theorie sich selbst durchsetzender oder implizierter Verträge sowie der Theorie relationaler bzw. unvollständiger Verträge behandelt.[10]

In dieser Arbeit werden in weiterer Folge nur Problemstellungen im Rahmen der Prinzipal-Agent-Theorie behandelt.

7 Vgl.: DASWIRTSCHAFTSLEXIKON.COM: Vertragstheorie. 7 2011 ⟨URL: `http://www.daswirtschaftslexikon.com`⟩.
8 BLUM, Ulrich et al.: Angewandte Institutionenökonomik. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005, S 152.
9 Vgl.: BANNIER, Christiana E.: Vertragstheorie. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005, S 12.
10 Vgl.: FURUBOTN, Erik G./RICHTER, Rudolf: Neue Institutionenökonomik. Eine Einführung und kritische Würdigung. 2. Auflage. Tübingen: Mohr Siebeck, 1999.

1.2 Prinzipal-Agent-Theorie

> *Den zentralen Untersuchungsgegenstand der ökonomischen Agency-Theorie bildet die Analyse von Optimalitätsbedingungen für Entlohnungsverträge, mit deren Hilfe Agents mit eigenen Zielsetzungen, Risikoeinstellungen und problemspezifischen Informationsvorsprüngen zu einem im Interesse der Prinzipals liegenden Verhalten veranlaßt werden können.*[11]

Somit ist das wesentliche Merkmal der Prinzipal-Agent-Theorie die Annahme, dass zwischen den Vertragsparteien eine Informationsasymmetrie vorliegt. Grundsätzlich können die Vertragsparteien also stets zu einer der beiden Kategorien zugeordnet werden:

- Der *Prinzipal* (Auftraggeber) ist derjenige, der eine Aufgabe delegiert und daraus einen bestimmten Nutzen zieht. Dafür hat er ein entsprechendes Entgelt zu bezahlen.
- Der *Agent* (Auftragnehmer) ist derjenige, der die Aufgabe ausführt und dafür entlohnt wird. Er kennt handlungsrelevante Sachverhalte und Informationen, die dem Prinzipal selbst nicht bekannt sind und besitzt somit einen Informationsvorsprung.

1.3 Das Prinzipal-Agent-Problem

Wie oben erwähnt, besitzt der Agent einen Informationsvorsprung gegenüber dem Prinzipal. Um Aufgaben nicht selbst zu erledigen, delegiert der Prinzipal diese und die dazugehörige Entscheidungskompetenz an den Agenten weiter. Die getätigten Handlungen des Agenten beeinflussen somit nicht nur seinen eigenen Nutzen, sondern auch jenen des Prinzipals. Ziel der Prinzipal-Agent-Theorie ist es, durch ein geeignetes Anreizsystem den Agenten zu bewegen, im Interesse des Prinzipals zu handeln.

Da meistens die Interessen der beiden Vertragsparteien nicht deckungsgleich sind, müssen die richtigen Anreize gesetzt werden. Wobei sich hier die Frage stellt: Wie wird der Ertrag und das Risiko aufgeteilt?

Um diese Frage zu beantworten, muss eingangs die Informationsasymmetrie näher betrachtet werden. Je nachdem, ob diese vor Vertragsabschluss (*ex ante*) oder nach Vertragsabschluss (*ex post*) vorliegt, ergeben sich unterschiedliche Probleme und somit unterschiedliche Lösungsmethoden.

11 BREID, V.: Aussagefähigkeit agencytheoretischer Ansätze im Hinblick auf die Verhaltenssteuerung von Entscheidungsträgern. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 47 1995, Nr. 9/95, S 823.

1.3.1 Adverse Selection

Liegt bereits vor Vertragsabschluss eine asymmetrische Informationsverteilung vor, so entsteht ein Selektionsproblem, weil die Agenten einen Anreiz besitzen, sich opportunistisch zu verhalten. Man spricht in diesem Zusammenhang von *adverse selection* (negativer Auslese). Dieser Begriff stammt, wie ein Großteil der vertragstheoretischen Literatur, aus dem Versicherungswesen.

Der Begriff adverse selection aus der Versicherungstheorie weist darauf hin, dass Informationsprobleme dieser Art zu einer Selektion des Agenten mit ungünstigen Auswirkungen für den Prinzipal führen. In der Prinzipal-Agent-Theorie wird der Begriff wesentlich allgemeiner auf eine Situation bezogen, in der bereits vor Vertragsabschluss der Agent einen Informationsvorsprung gegenüber dem Prinzipal besitzt. Es geht hier weniger um die Frage, welche Handlungen der Agent ergreifen wird nachdem er den Vertrag unterzeichnet hat, sondern welchen Vertrag bzw. welche Form des Vertrages der Agent überhaupt zu akzeptieren bereit ist.[12]

Bezogen auf die Baubranche würde folgender Sachverhalt unter adverse selection fallen:

Ein Bauherr (Prinzipal) schreibt ein Bauprojekt aus. Bei dieser Ausschreibung nehmen mehrere Bauunternehmen (Agenten) teil. Die Bauunternehmen können auf Grund ihrer Fachkenntnisse einzelne Elemente des Bauprojektes wesentlich besser einschätzen als der Bauherr. Dieser hat zusätzlich einen Informationsnachteil, denn er kann nicht feststellen, welcher Bauunternehmer am geeignetsten für das Bauprojekt ist.

Zur Lösung des Problems der adverse selection gibt es mehrere Ansätze. So gibt es die Möglichkeit des *screenings*. Hier bietet der Prinzipal dem Agenten nicht nur einen Vertrag, sondern gleich mehrere Verträge an. Der Agent kann alle ablehnen oder einen annehmen. Durch die Wahl eines bestimmten Vertrages offenbart der Agent seine Intentionen (*self selection*).[13,14]

Als eine weitere Lösungsmöglichkeit kann das *signalling* genutzt werden. Hier übermittelt der Agent von sich aus ein Signal an den Prinzipal und trägt so zur Minimierung der Informationsasymmetie bei. Solch ein Signal kann z.B. ein Hinweis auf - dem Bauunternehmer bekannte - Bodenverhältnisse sein oder ein Verbesserungsvorschlag von Seiten des Auftragnehmers.

Auf die Gestaltung eines optimalen Vertrages bzw. einer Auswahl an Verträgen, die nutzenmaximierend für den Prinzipal sind, da der Agent seine privaten Informationen preisgibt und somit den Informationsnachteil des Prinzipals reduziert, wird in dieser Arbeit im Teil III eingegangen.

12 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 111.
13 Vgl.: a. a. O., S 8.
14 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 155 f.

1.3.2 Moral Hazard

Verfügen die Parteien bei Vertragsabschluss über dieselben Informationen und die asymmetrische Informationsverteilung entsteht erst nach Unterzeichnung des Vertrages, so wird dies als *moral hazard* (moralisches Risiko) bezeichnet. Begründet ist dies durch die Annahme, dass die Anstrengungen oder Informationen des Agenten vom Prinzipal nicht beobachtbar oder gegenüber einem Dritten nicht verifizierbar sind. Der Agent kann diese Informationsasymmetrie zu seinen Gunsten ausnutzen, wenn der Prinzipal keine geeigneten Maßnahmen zur Prävention ergreift.

Bezogen auf die Baubranche würde folgender Sachverhalt unter moral hazard fallen:

Ein Auftraggeber (Prinzipal) hat einen Bauvertrag mit einem Auftragnehmer (Agent) abgeschlossen. Der Auftragnehmer soll innerhalb der vertraglich vereinbarten Frist das Bauprojekt fertigstellen. Der - in diesem Falle fachlich nicht kundige - Auftraggeber kann die Anstrengungen des Bauunternehmens nicht beobachten bzw. bewerten, und ebenso wenig mit den auftretenden Umwelteinflüssen (tatsächliche Bodenbeschaffenheit, Witterung, etc.) in Verbindung bringen. Durch diesen Informationsnachteil ist die Frage nach einer gerechten Entlohnung schwer zu beantworten.

Das Modell des moralischen Risikos basiert auf zwei Grundlagen. Der Agent verfügt einerseits über die Entscheidungsfreiheit, seine Arbeitsleistung und Informationen entsprechend zu wählen bzw. bekannt zu geben, gleichzeitig hat sein Handeln Folgen für den Prinzipal. Es gibt somit einen Zielkonflikt zwischen den jeweiligen Interessen der einzelnen Parteien. Der Nutzen des Prinzipals ist abhängig von der Arbeitsleistung des Agenten und dem Umweltzustand. Der Nutzen des Agenten hingegen ist abhängig von der Höhe der Lohnzahlungen - die sich am Nutzen des Prinzipals orientiert - und von der Arbeitsleistung.[15] Folglich

> *... besteht für den Agenten eine moralische Versuchung, den Prinzipal zu belügen bzw. zu betrügen, um bei wenig Arbeit einen hohen Lohn zu kassieren.*[16]

Der Ermittlung eines solchen optimalen Vertrages, der sowohl für den Prinzipal als auch für den Agenten nutzenmaximierend ist, wird im Teil II nachgegangen.

15 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 156.
16 A. a. O.

1.3.3 Gegenstand der Informationsasymmetrie

Neben der Information, wann die Informationsasymmetrie auftritt, kann weiters unterschieden werden, welche Details davon betroffen sind. Die Literatur unterscheidet hier vier Fälle:

- hidden characteristics
- hidden intention
- hidden action
- hidden information

Können die Eigenschaften einer Vertragspartei oder der von ihr angebotenen Leistungen ex ante nicht vollständig in Erfahrung gebracht werden, so wird dies als *hidden characteristics* bezeichnet. Die Eigenschaften der Vertragspartei bleiben in einigen Bereichen verborgen. Es besteht damit die Gefahr für den Prinzipal, eine ungeeignete Vertragspartei auszuwählen.[17] Da es sich hier um ein Selektionsproblem handelt, tritt hidden characteristics im Falle einer adverse selection auf.

Hidden intention beschreibt das Problem, dass die Absichten des Agenten dem Prinzipal in der Regel vor Vertragsabschluss nicht bekannt sind. Das Verhalten des Agenten bei einem Interessenkonflikt, seine Kulanz, Fairness und Ehrlichkeit sind vor Vertragsabschluss nicht bekannt. Hier existieren Überschneidungen mit dem Problem der hidden characteristics.[18] Da auch hier bereits eine asymmetrische Informationsverteilung vor Vertragsabschluss herrscht, ist auch dieser Fall der adverse selection zuzuordnen.

Im Fall von *hidden action* wählt der Agent seine Aktivität nach Vertragsabschluss aus. Diese Aktion kann der Prinzipal nicht, oder nur unter Aufwand von *prohibitiven Kosten*[19] beobachten bzw. kann er zwar die Aktion beobachten, aber nicht gegenüber einem Dritten verifizieren. Oftmals kann der Prinzipal auch nicht ohne weiteres vom Ergebnis her auf das Anstrengungsniveau des Agenten schließen, da dieses Ergebnis nicht nur durch die Wahl einer Aktion durch den Agenten, sondern auch durch die Umwelteinflüsse beeinflusst wird.

Das Problem der *hidden information* entsteht durch einen Informationsvorsprung des Agenten und tritt dann auf, wenn der Prinzipal die Handlungen des Agenten nach Vertragsabschluss zwar beobachtet, jedoch nicht beurteilen kann. Das Problem ist immer dann vorhanden, wenn die Informationsasymmetrie zwischen dem

17 Vgl.: NISTER, Oliver: Die baubetrieblichen und bauökonomischen Aspekte des Vertragswesens der Projektentwicklung aus der Sicht Unvollständiger Verträge. Dortmund: Universität Dortmund, 2005, S 64.

18 Vgl.: a. a. O., S 66.

19 Prohibitive Kosten, sind jene Kosten, bei denen der Prinzipal nicht mehr bereit bzw. nicht mehr in der Lage ist diese aufzubringen.

Prinzipal und dem Agenten aufgrund von Spezialkenntnissen des Agenten besonders groß ist.[20] Da auch hier annahmegemäß die Informationsasymmetrie nach der Unterzeichnung des Vertrages auftritt, kann auch dieser Fall dem Bereich moral hazard zugeordnet werden.

Tabelle 1.1: Typen asymetrischer Informationsverteilung[21]

	hidden characteristic	**hidden intention**	**hidden information**	**hidden action**
Entstehungs-zeitpunkt	ex ante	ex ante	ex ante oder ex post	ex post
Entstehungs-ursache	verborgene Eigenschaften	verborgene Absichten	nicht beobachtbarer Informations-stand	nicht beobachtbare Aktivität
Resultierende Gefahr	adverse selection	adverse selection	adverse selection bzw. moral hazard	moral hazard

1.4 Analytische Methoden

Um die oben erwähnten Problemstellungen zu beschreiben bzw. in späterer Folge auch lösen zu können, bedient sich die Vertragstheorie der *Spieltheorie*. Diese betrachtet - ähnlich der Vertragsökonomie - das strategische Umfeld eines Spieles, und daraus das Verhalten der jeweiligen Spieler. Diese Methode macht sich die Vertragstheorie zu Nutze, und versucht daraus den optimalen Vertrag herzuleiten.

Neben der Spieltheorie macht die Vertragstheorie starken Gebrauch von dem Konzept der *individuellen Rationalitäten*[22], so stellt die Arbeit von NEUMANN und MORGENSTERN[23] einen weiteren wesentlichen Beitrag zur Modellbildung und Lösung dar.

20 Vgl.: NISTER: Die baubetrieblichen und bauökonomischen Aspekte des Vertragswesens der Projektentwicklung aus der Sicht Unvollständiger Verträge, S 66.
21 Angelehnt an: BREID: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung Vol. 47 [1995], Abbildung 2, S 824
22 Ein Spieler verhält sich individuell rational, wenn er seinen individuellen Nutzen maximiert, ohne dabei Rücksicht auf die Auswirkungen für andere Spieler zu nehmen.
23 NEUMANN, John von/MORGENSTERN, Oscar: Theory of Games and Economic Behavior. Band 60, New York: Princeton University Press, 2004.

1.5 Literaturhinweise zu Kapitel 1

Als Ergänzung und Weiterführung ist folgende Literatur zu empfehlen:

BANNIER (2005) bietet als klassisches Einführungsbuch in die Vertragstheorie eine gut verständliche Darstellung der Grundideen. Eine formal anspruchsvollere Einführung findet sich in SCHWEIZER (1999).

Eine theoretische Einführung zur Prinzipal-Agent-Theorie findet sich zunehmend in den Lehrbüchern der Mikroökonomie unter anderem gut aufgearbeitet bei NEUBAUMER und HEWEL (2005). Als umfassende Standardliteratur sei noch MAS-COLELL, WHINSTON und GREEN (1995) und das Lehrbuch von KREPS (1990) erwähnt.

Um den Einstieg in die Spieltheorie zu erleichtern, bildet HOLLER und ILLING (2006) ein geeignetes Grundlagenwerk. Eine etwas komplexere Darstellung aber mit vielen ökonomischen Anwendungen findet sich in GIBBONS (1992).

Sind die Grundlagen bereits vertraut, so empfiehlt sich das Lesen der Originalaufsätze von COASE (1937, 1960, 1988), WILLIAMSON (1985, 1989), RICHTER und FUROBOTN (1996). Auf die Aufsätze wird in den jeweiligen Kapiteln hingewiesen.

Teil II

Moral Hazard

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

2 Hidden Action - Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen für den Fall hidden action dargestellt. Entgegen der Einleitung wird nicht mit der adverse selection - welche vor Vertragsabschluss auftritt - begonnen, sondern mit dem moral hazard Problem - welches erst nach Vertragsabschluss entsteht. Dies ist darauf zurück zuführen, dass die Begriffe und Zusammenhänge leichter am Beispiel hidden action eingeführt, erklärt und dargestellt werden können.

Der hier zugrunde gelegte entscheidungslogische und somit mathematische Zugang zur Vertragstheorie steht ganz im Zeichen von MORGENSTERN:

> *The ultimate form of a theory of organizations will undoubtedly be highly mathematical, but the ground work must be laid in careful description, which, since it precedes the theory, is qualitative and approximate in nature.*[1]

Wie im vorangegangen Kapitel bereits erklärt wurde, wird von einem hidden action Problem gesprochen, wenn zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses noch keine Informationsasymmetrie besteht, jedoch der Agent ex post unbeobachtete Entscheidungen treffen oder Handlungen setzen kann, welche den Ertrag des Prinzipals beeinflussen. Dieser Umstand generiert ein Anreizproblem, welches beide Vertragsparteien bereits vor Vertragsabschluss in ihre Überlegungen miteinbeziehen müssen.

Eine weitere wichtige Voraussetzung ist, dass vom verifizierbaren Ertrag nicht auf die unbeobachtete Entscheidung oder auf Handlungen des Agenten zurückgeschlossen werden kann, d.h. der Zusammenhang zwischen Arbeitseinsatz und Ergebnis ist nicht deterministisch.[2]

Deshalb wird unterstellt, dass die Entscheidung des Agenten den Ertrag des Prinzipals in stochastischer Weise beeinflusst.[3]

1 Vgl.: MORGENSTERN, Oskar: Prolegomena to a Theory of Organization. U.S. Air Force, 10 Dec. 1951, Nr. RM-734, S i.

2 Vgl.: CHRISTIAN BAYER, Tobias Guse/HEUFER, Jan: Skriptum: Informationsökonomik. Technische Universität Dortmund, 2008, S 39.

3 Vgl.: SCHWEIZER: Vertragstheorie, S 123.

2.1 Einführung

Der Prinzipal bietet dem Agent einen Vertrag an. Dieser kann entscheiden, ob er den Vertrag annimmt oder nicht. Akzeptiert er den angebotenen Vertrag, so bringt der Agent seinen *Arbeitseinsatz e* (*effort*, Anstrengungen, Aufwand) in das Projekt mit ein.[4]

Weiters enthält der Vertrag eine Klausel über die *Entlohnung w* (*wage*, Lohn) des Agenten, die vom *Projektergebnis* π (*payoff*, Betriebsergebnis, Zahlungsüberschuss, Bruttogewinn, Output, Cash Flow, Ertrag) abhängt. Letzteres ist für beide Vertragsparteien beobachtbar.

Zur Durchführung des Projektes wählt der Agent eine Aktion e aus dem Aktionsraum E, die als Arbeitseinsatz interpretiert werden kann. Diese Aktion kann als stetig oder diskret angesehen werden.

Bei einem gegebenen Arbeitseinsatz e hängt das Projektergebnis π aus dem Ergebnisraum Π noch von dem zufälligen Einfluss θ aus der Menge aller Umweltzustände Θ ab:

$$\pi = \pi(e, \theta) \ . \tag{2.1}$$

Das Projektergebnis π ist abhängig von dem gewählten Arbeitseinsatz e und dem eingetretenen Umweltzustand θ.

Dabei sollte

$$\frac{\partial \pi(e,\theta)}{\partial e} \geq 0 \qquad \text{und} \qquad \frac{\partial^2 \pi(e,\theta)}{\partial e^2} < 0 \ , \qquad \forall \theta \in \Theta$$

gelten[5]. Dies bedeutet, dass die Anstrengungen das Ergebnis mit einer abnehmenden Rate verbessern.[6] Somit steigt das Projektergebnis aus dem Projekt mit höherem Arbeitseinsatz des Agenten. Da der Prinzipal wie angenommen nur das Projektergebnis π beobachten kann, dieses jedoch neben dem Arbeitseinsatz e auch noch von der Zufallsvariable θ beeinflusst wird, lässt sich auch nicht indirekt aus dem beobachteten Projektergebnis auf einen bestimmten Arbeitseinsatz schließen. Der Prinzipal kann daher den Lohn w des Agenten nur auf das Projektergebnis, nicht aber auf den Arbeitseinsatz beziehen.[7]

$$w = w(\pi) \ . \tag{2.2}$$

Das realisierte Projektergebnis π stellt die allgemeine Bemessungsgrundlage für die Entlohnung w dar.

Des Weiteren gilt für den Prinzipal:

$$\pi_P = \pi - w(\pi) \ . \tag{2.3}$$

Der Nettogewinn des Prinzipals errechnet sich aus dem Bruttogewinn π minus dem Lohn w des Agenten.

4 Vgl.: PETERSEN, Thomas: Optimale Anreizsysteme. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1989, S 36.
5 Durch diese Bedingungen kann ein mathematisch optimaler Vertrag mit einer eindeutigen Lösung gewährleistet werden.
6 Vgl.: a. a. O.
7 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 39 f.

Somit sollten die Anreize, die die Unternehmung zu bieten hat, vom Projekterfolg abhängen. Für die Entlohnung heißt dies, dass ein Teil der Entlohnung an den Erfolg geknüpft sein sollte, soweit dieser zurechenbar ist.[8]

Durch den funktionalen Zusammenhang $\pi(e,\theta)$ kann der Agent seine Erfolgsbemessungsgrundlage beeinflussen. So kennt er diese Abhängigkeit und kann seine Aktivität danach ausrichten.[9]

Der Lohn w des Agenten ist somit eine stochastische Größe, welche von der Zufallsvariablen π abhängt. Jedoch ist es nicht sinnvoll, die Entlohnung von der Gewinnerwartung abhängig zu machen, denn in einem solchen Fall könnte der Agent versucht sein, die Wahrscheinlichkeitsurteile, die zu einer derartigen Festlegung nötig sind, zu seinen Gunsten zu manipulieren.[10] Hängt die Entlohnung jedoch von dem mit zufälligen Einflüssen behafteten Projektergebnis ab, so ist eine Möglichkeit der Risikoteilung gegeben.[11]

2.2 Nutzenfunktionen

Sowohl der Prinzipal als auch der Agent wollen aus ihrem Handeln einen Nutzen ziehen. Dieser wird mit Hilfe von sogenannten *Nutzenfunktionen* abgebildet. Dabei ist die Nutzenfunktion eine Quantifizierung der Präferenzen einer Person gegenüber bestimmten Objekten oder Handlungen.[12] Darunter fallen zum Beispiel persönliche Ziele wie Einkommenserwerb und Erfahrungssammlung.

Allgemein haben der Prinzipal und der Agent unterschiedliche Nutzenfunktionen. Folglich ist ein opportunistisches Verhalten beider Vertragsparteien möglich, d.h. jede Partei versucht ihre individuelle Nutzenmaximierung auf Kosten des anderen zu betreiben.[13]

Für den Prinzipal kann folgende allgemeine Form der Nutzenfunktion aufgestellt werden:

$$U_P = U_P(\pi, w) \tag{2.4}$$

Die Nutzenfunktion U_P des Prinzipals wird vom Projektergebnis π und der Entlohnung w des Agenten beeinflusst.

und für den Agenten gilt:

$$U_A = U_A(w, e) \tag{2.5}$$

Die Nutzenfunktion U_A des Agenten wird durch seine Entlohnung w und dem Arbeitseinsatz e beeinflusst.

8 Vgl.: POENSGEN, O.H.: Geschäftsbereichsorganisation. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1973, S 154.
9 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 37.
10 Vgl.: LAUX, Helmut: Grundfragen der Organisation: Delegation, Anreiz und Kontrolle. Berlin: Springer-Verlag, 1979, S 290.
11 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 33.
12 Vgl.: DAVIS, Morton D.: Spieltheorie für Nichtmathematiker. München, Wien: Oldenbourg, 1972, S 63.
13 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 33.

Die Nutzenfunktion des Agenten ist vom Prinzipal nicht beeinflussbar, d.h. das Präferenzsystem des Agenten ist für den Prinzipal unantastbar. Damit wird die persönliche Freiheit des Agenten in den Vordergrund gestellt und als bindende Verpflichtung anerkannt.[14]

In der Nutzenfunktion kommt die Risikoeinstellung des Individuums zum Ausdruck.[15] Dadurch lassen sich die Risikoeinstellungen der einzelnen Vertragsparteien darstellen und dienen so als Grundlage zur Bestimmung der optimalen Risikoaufteilung des Projektes.

Grundsätzlich lassen sich drei Arten von Risikoeinstellungen feststellen:

- Risikoneutralität
- Risikoaversion
- Risikoaffinität

2.2.1 Risikoneutralität

Der Begriff *Risikoneutralität* bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei der Wahl zwischen verschiedenen Alternativen gleichen Erwartungswerts weder sichere noch unsichere Alternativen zu bevorzugen, sondern sich allein an deren mathematischem Erwartungswert zu orientieren.[16] Daraus folgt ein linearer Verlauf der Nutzenfunktion und der nachfolgende Zusammenhang:

$$E(U(w)) = U(E(w))$$

Der Erwartungswert des Nutzens $E(U)$ aus der Auszahlung w ist ebenso hoch wie der Nutzen U aus dem Erwartungswert der Auszahlung $E(w)$.

2.2.2 Risikoaversion

Der Begriff *Risikoaversion* bzw. Risikoscheue bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei der Wahl zwischen mehreren Alternativen gleichen Erwartungswertes stets die Alternative mit dem geringeren Risiko hinsichtlich des Ergebnisses - und damit auch dem geringstmöglichen Verlust - zu bevorzugen. Risikoscheue Vertragsparteien bevorzugen also einen möglichst sicheren Gewinn, auch wenn dieser dadurch kleiner ausfällt.[17] Daraus folgt ein streng konkaver Verlauf der Nutzenfunktion und der nachfolgende Zusammenhang:

14 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 34.
15 Vgl.: LEVY, Haim/SARNAT, Marshall: Portfolio and Investment Selection: Theory and Practice. New York: Prentice Hall, 1984, S 104.
16 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikoneutralität. 10 2011 ⟨URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Risikoneutralität⟩.
17 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikoaversion. 10 2011 ⟨URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Risikoaversion⟩.

$$E(U(w)) < U(E(w))$$

Der Erwartungswert des Nutzens $E(U)$ aus der Auszahlung w ist kleiner als der Nutzen U aus dem Erwartungswert der Auszahlung $E(w)$.

2.2.3 Risikoaffinität

Der Begriff *Risikoaffinität* bzw. Risikofreude bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei Wahl zwischen mehreren Alternativen gleichen Erwartungswerts stets die Alternative mit dem größeren Risiko hinsichtlich des Ergebnisses - und damit auch dem höchstmöglichen Gewinn - zu bevorzugen. Risikofreudige Vertragsparteien bevorzugen also einen möglichst hohen Gewinn, auch wenn dieser dadurch unsicher wird.[18] Daraus folgt ein streng konvexer Verlauf der Nutzenfunktion und der nachfolgende Zusammenhang:

$$E(U(w)) > U(E(w))$$

Der erwartete Nutzen $E(U)$ aus der Auszahlung w ist größer als der Nutzen U aus der erwarteten Auszahlung $E(w)$.

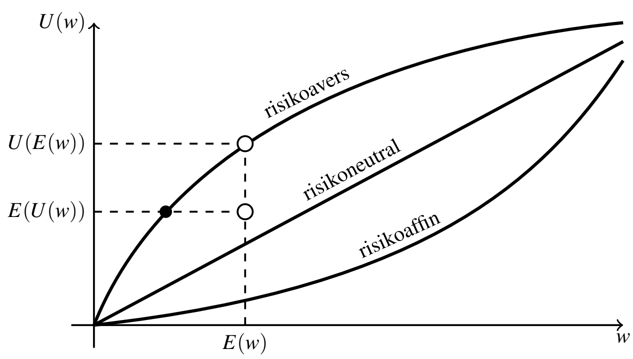

Abbildung 2.1: Risikoaverse, -neutrale und -affine Nutzenfunktion

2.2.4 Maß für die Risikoeinstellung

Eine Kennzahl für die Stärke der Risikoeinstellung ist das ARROW/PRATT-Maß[19] $r(w)$ (lokale absolute Risikoaversion), das für zweimal partiell differenzierbare Nutzenfunktionen wie folgt definiert ist:

$$r(w) = -\frac{U''(w)}{U'(w)} \tag{2.6}$$

18 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikofreude. 10 2011 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Risikofreude`⟩.
19 Vgl.: ARROW, Kenneth J.: The Theory of Risk Aversion. International Economic Review, 1970a, S 94.

Für eine risikoneutrale Vertragspartei ergibt sich $r(w) = 0$, für einen risikoaversen $r(w) > 0$ und für einen risikoaffinen $r(w) < 0$. Mit Hilfe des ARROW/PRATT-Maß kann zudem ermittelt werden, ob die Vertragspartei eine konstante Risikoeinstellung hat, d.h. ob die Risikoaversion bzw. Risikoaffinität unabhängig vom Ergebnis ist.[20]

Um die Berechnungen zu vereinfachen, wird hauptsächlich von der Annahme ausgegangen, dass der Prinzipal eine risikoneutrale Einstellung besitzt und der Agent risikoavers ist. Dies muss jedoch nicht immer der Fall sein. So kann zum Beispiel auch der Prinzipal eine risikoaverse Haltung einnehmen, bzw. kann der risikoneutrale Prinzipal einem risikoaffinen Agenten gegenüber stehen.

Für die einleitende Erklärung der hidden action wird in diesem Kapitel davon ausgegangen, dass der Prinzipal risikoneutral und der Agent entweder risikoneutral oder risikoavers ist. Dies führt unter Beachtung von (2.6) zu folgender Voraussetzung:

$$U_A'(w,e) > 0 \qquad \text{und} \qquad U_A''(w,e) \leq 0\ .$$

2.2.5 Grundlage des Nutzenerwartungswertes

Aus den oben genannten Erkenntnissen und Bedingungen können nun die *Zielfunktionen* für Prinzipal und Agenten aufgestellt werden. Dabei beschreibt die Zielfunktion den erwarteten Nutzen aus der Vertragsbeziehung. Die Zielfunktion ZF_P des Prinzipals lautet demnach:

$$ZF_P = E\left[U_P(\pi,w)\right] = E\left[U_P(\pi(e,\theta) - w(\pi(e,\theta)))\right]\ . \tag{2.7}$$

Die Zielfunktion ZF_P des Prinzipals beschreibt den Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_P, die vom Projektergebnis π und der vertraglich vereinbarten Lohnzahlung w abhängt. Der Lohn w hängt wiederum vom Projektergebnis π und damit vom Arbeitseinsatz e sowie der Zufallsvariable θ ab.

Analog dazu lässt sich die Zielfunktion ZF_A für den Agenten aufstellen:

$$ZF_A = E\left[U_A(w,e)\right] = E\left[U_A(w(\pi(e,\theta)),e)\right]\ . \tag{2.8}$$

Die Zielfunktion ZF_A des Agenten beschreibt den Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_A, die vom Arbeitseinsatz e und der vertraglich vereinbarten Lohnzahlung w abhängt. Der Lohn w hängt wiederum vom Projektergebnis π und damit vom Arbeitseinsatz e sowie der Zufallsvariable θ ab.

20 Vgl.: KLEINE, Andreas: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie. Heidelberg: Physica-Verlag, 1996, S 12.

2.3 Der optimale Vertrag im Hidden Action Fall

Wie bereits im Abschnitt 1.3.3 erwähnt, kann bei der Gestaltung des optimalen Vertrages auf die Notation der Spieltheorie zurückgeführt werden. In vereinfachter Weise kann somit die Vertragsabwicklung wie folgt dargestellt werden:

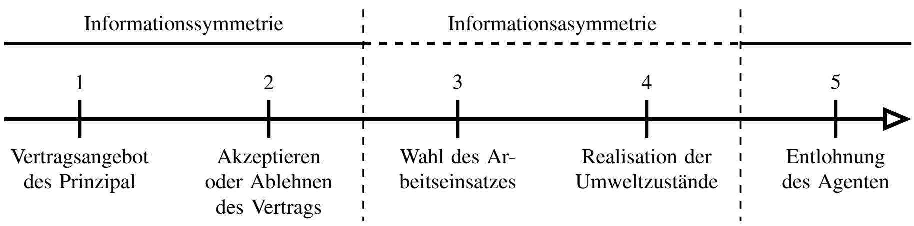

Abbildung 2.2: Zeitliche Struktur im Hidden-Action-Fall (in Anlehnung an KLEINE [21])

In Worten ausgeführt:[22]

1. Der Prinzipal offeriert dem Agenten einen Vertrag.
2. Der Agent kann den angebotenen Vertrag akzeptieren oder ablehnen.
3. Hat der Agent den Vertrag angenommen, so wählt er, basierend auf der konkreten Ausgestaltung des Vertrages, sein optimalen Arbeitseinsatz. Der Annahme gemäß kann dieses vom Prinzipal nicht beobachtet bzw. nicht gegenüber Dritten verifiziert werden.
4. Nach Aufnahme der Arbeit treten entsprechende Umweltzustände ein. Die Realisierung der Zufallsvariablen ist ebenfalls für den nicht kundigen Prinzipal nicht nachvollziehbar. Die Entscheidungen und Ereignisse zu den Zeitpunkten 3 und 4 sind nur dem Agenten bekannt.
5. Entsprechend des Arbeitseinsatzes des Agenten wird das Projektergebnis realisiert. Der Prinzipal kann dieses Ergebnis beobachten und zahlt den dafür vereinbarten Lohn an den Agenten.

2.3.1 Participation Constraint

Wie oben angeführt, wählt der Prinzipal nun ein Vertragsmodell, welches er dem Agenten anbietet. Für den Agenten muss es letztendlich rational sein, den Vertrag überhaupt anzunehmen. Dies geschieht nur, wenn der erzielbare Nutzen aus der

21 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, Abbildung 2.5, S 35
22 Angelehnt an: BANNIER: Vertragstheorie, S 76.

Zielfunktion ZF_A durch seinen Arbeitseinsatz mindestens über dem *Reservationsnutzen* (*outside option*) U_0 des Agenten liegt. Diese Bedingung heißt *Partizipationsbedingung* oder *partitcipation contraint* (PC) und lautet:[23]

Der Agent nimmt den Vertrag nur dann an, wenn es einen Arbeitseinsatz e gibt, bei dem der Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_A größer oder gleich seinem Reservationsnutzen U_0 ist.

$$\max_e E\left[U_A(w(\pi(e,\theta)),e)\right] \geq U_0 \ . \tag{2.9}$$

Durch die Partizipationsbedingung (2.9) wird die Wahl der Entlohnungsfunktion eingeschränkt, indem dem Agenten ein gewisser Mindestlohn zugesichert wird. Alle Zahlungen darüber hinaus können als Prämie aufgefasst werden.

Der Prinzipal ist gezwungen, die Bedingung (2.9) in seine Vertragsgestaltung mit aufzunehmen, da von einer Wettbewerbssituation ausgegangen werden kann. Der Agent hat somit eine Alternative, um seine Fähigkeiten nutzen zu können, so kann er zum Beispiel ein anderes Angebot bzw. einen anderen Auftrag annehmen. Der Markt bestimmt somit den Reservationsnutzen für gleich qualifizierte Agenten. Der Reservationsnutzen ist somit eine exogene Größe und stellt eine Verbindung zum externen Wirtschaftsgeschehen her.[24]

2.3.2 Incentive Compatibility Constraint

Wie aus Abbildung 2.2 ersichtlich und aus (2.9) ableitbar, garantiert die Partizipationsbedingung lediglich, dass der Agent den Vertrag auch unterschreibt. Jedoch schließt sie ein opportunistisches Handeln des Agenten nicht aus. So kann dieser stets jene Handlung wählen, die aus seiner Sicht dem erwartungsnutzenmaximalen Arbeitseinsatz entspricht. Wenn der Prinzipal vom Agenten einen bestimmten Arbeitseinsatz e^* wünscht, so muss folgende *Anreizkompatibilitätsbedingung* oder *incentive compatibility constraint* (ICC) erfüllt werden:

Bei einem Arbeitseinsatz von e^*, entsteht dem Agenten der größte Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_A.

$$e^* \in \arg\max_e E\left[U_A(w(\pi(e,\theta)),e)\right] \tag{2.10}$$

Die Beschränkung (2.10) macht deutlich, dass der Prinzipal zwar das Projektergebnis π, nicht aber den Arbeitseinsatz e des Agenten beobachten kann. Hier wird die eigentliche hidden action Situation dargestellt. **Die Entlohnungsfunktion muss so gestaltet sein, dass der Arbeitseinsatz e^* den Nutzen des Agenten maximiert.** Folglich hat der Agent einen Anreiz, das vom Prinzipal gewünschte Arbeitseinsatz e^* auszuführen. Auszahlung und Arbeitseinsatz maximieren daher gemeinsam den Nutzen der beiden Vertragsparteien.[25]

23 Vgl.: Blum et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 160.
24 Vgl.: Petersen: Optimale Anreizsysteme, S 39.
25 Vgl.: a. a. O.

Jeder Vertrag, der die Zielfunktion des Prinzipals unter Berücksichtigung der Bedingungen (2.9) und (2.10) maximiert, ist der optimale Vertrag, den der Prinzipal unter den gegebenen Umständen erreichen kann. Die Optimierungsaufgabe des Prinzipals sieht somit folgendermaßen aus: Wähle eine Lohnstruktur w und induziere einen Arbeitseinsatz e^*, so dass (2.7) unter den Nebenbedingungen (2.9) und (2.10) maximiert wird.

Dieses Problem allgemein zu lösen ist keine triviale Aufgabe. Ohne weitere Annahmen können nur wenige allgemein gültige Ergebnisse ermittelt werden.[26]

2.4 Modelltheoretische Annahmen

Für die Formulierung eines optimalen Vertrags zur analytischen Lösung des Prinzipal-Agent-Problems bedarf es einiger modelltheoretischer Annahmen. Die erste wurde bereits getroffen, indem eingangs zwischen der Art der Informationsasymmetrie bei moral harzard unterschieden wurde (hidden action, hidden information, etc.). Die Ansätze der Prinzipal-Agent-Theorie unterscheiden sich des Weiteren durch:

- die Anforderungen an die Nutzenfunktion der Vertragsparteien,
- die Wahrscheinlichkeitsverteilung der das Projektergebnis beeinflussenden Zufallsvariable,
- die Menge der zulässigen Entlohnungsregeln als auch auf die Menge der zulässigen Aktivitäten des Agenten,
- die Anzahl der Agenten bzw. der Prinzipals und
- den Zeithorizont des Modells.[27]

Diese modelltheoretischen Annahmen werden im nachfolgenden Abschnitt näher behandelt und beziehen sich auf den Ansatz von HOLMSTRÖM[28] und SHAVELL[29]. Dieser Ansatz wird als First-Order-Approach bezeichnet und im Abschnitt 2.4.5 näher erläutert.

26 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 41.
27 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 48.
28 HOLMSTRÖM, Bengt: Moral hazard and observability. The Bell Journal of Economics, Vol. 10 1979, Nr. 1.
29 SHAVELL, Steven: Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship. Econometrica, Vol. 10 1975, Nr. 1.

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement
TU Graz

2.4.1 Additiv Separierbare Nutzenfunktion

Die Nutzenfunktion des risikoaversen bzw. risikoneutralen Agenten sei in zwei Bestandteilen *additiv separierbar*:

$$U_A(w,e) = U(w) - V(e) \ . \tag{2.11}$$

Die Nutzenfunktion U_A des Agenten lässt sich aufteilen in einen monetären Nutzen $U(w)$ und einen Nutzenverlust $V(e)$ in Abhängigkeit vom Arbeitseinsatz e.

Weiters gilt für den *monetären Nutzen* (*utility*) $U(w)$, basierend auf der Grundlage aus Abschnitt 2.2.5:

$$U'(w) > 0 \qquad \text{und} \qquad U''(w) \leq 0 \ ,$$

somit sei der steigt der monetäre Nutzen $U(w)$ des Agent mit zunehmender Entlohnung w unabhängig ob er eine risikoaverse oder risikoneutrale Einstellung besitzt.

Der *Nutzenverlust* $V(e)$ ist abhängig vom Arbeitseinsatz e und drückt das Arbeitsleid (*disutility*, Kosten, Aufwand) aus. Je mehr Arbeitseinsatz e der Agent erbringt umso größer wird sein Nutzenverlust $V(e)$. Dieser Umstand gilt, wenn für den Nutzenverlust $V(e)$ folgende Bedingungen erfüllt werden:

Der Nutzenverlust $V(e)$ steigt mit zunehmendem Arbeitseinsatz e.

$$V'(e) \geq 0 \qquad \text{und} \qquad V''(e) > 0 \ .$$

Dabei ist die Risikoeinstellung des Agenten lediglich von der Entlohnung w und nicht vom Arbeitseinsatz e abhängig.[30] Wird der Arbeitseinsatz $e \in E$ erhöht, so kann der Agent dies nicht durch eine zunehmende Risikoaversion kompensieren. Der Agent verlangt in diesem Fall für eine feste Entlohnung - unabhängig von der Höhe des Arbeitseinsatzes - stets die gleiche Risikoprämie.[31]

2.4.2 Parametrische Formulierung

Bei dieser Modellierung spricht man auch vom Ansatz der parametrisierten *Verteilungsfunktionen*, der von MIRRLEES[32] eingeführt und von HOLMSTRÖM[33] übernommen wurde.

Grundsätzlich kann zwischen dem Modell mit einer *diskreten Zufallsvariable* und dem Modell mit einer *stetigen Zufallsvariable* unterschieden werden. Dieses Grundmodell kann zudem vereinfacht werden, indem auf die explizite Verwendung der

30 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 50.
31 Vgl.: BAMBERG, Günter/COENENBERG, Adolf G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 13. Auflage. München: Vahlen Verlag, 2006, S 83.
32 Vgl.: MIRRLEES, James A.: The Optimal Structure of Incentives and Authority Within an Organization. The Bell Journal of Economics, Vol. 7 1976, Nr. 1.
33 Vgl.: HOLMSTRÖM: The Bell Journal of Economics Vol. 10 [1979], S 77.

Zufallsvariable θ verzichtet wird. Stattdessen wird eine bezüglich e parametrisierten Formulierung gewählt. Somit kann das Projektergebnis direkt als Zufallsvariable ψ in Abhängigkeit des Arbeitseinsatzes definiert werden:[34]

$$\psi(e) := \pi(e,\theta) \; . \tag{2.12}$$

Stetige Verteilung der Zufallsvariable

So werden die Wahrscheinlichkeiten für ein stetiges Projektergebnis π als Zufallsgröße modelliert, deren kumulative Verteilungsfunktion von dem Parameter des Arbeitseinsatzes e abhängt. Dieser Parameter kann vereinfacht als eine Konstante angenommen werden:

$$F(\pi|e) = \text{prob}\{\psi \leq \pi|e\} \qquad \text{mit} \qquad \forall e \in E\,,\; \pi \in \Re \; . \tag{2.13}$$

Die parametrische Verteilungsfunktion $F(\pi|e)$ für das Projektergebnis π bei einem beliebigen aber festen Wert des Arbeitseinsatzes e.

Die dazugehörige parametrische *Dichtefunktion* lautet:

$$f(\pi|e) = F_\pi \equiv \frac{\partial F(\pi|e)}{\partial \pi} \qquad \text{mit} \qquad \forall e \in E\,,\; \pi \in \Re \; . \tag{2.14}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer Aktion e ein Projektergebnis π erreicht wird, ist durch die parametrisierte Dichtefunktion $f(\pi|e)$ gegeben.

Diskrete Verteilung der Zufallsvariable

Bei der Verwendung einer diskreten Zufallsvariable ψ werden die Punktwahrscheinlichkeiten wie folgt angegeben:[35]

$$p_i(e) := \text{prob}\{\psi \leq \pi_i|e\} \qquad \text{mit} \qquad \forall e \in E\,,\; \pi_i \in \Re\,,\; i = 1,\ldots,I \; . \tag{2.15}$$

Wahrscheinlichkeit für das Projektergebnis $p_i(e)$ bei der Wahl des Arbeitseinsatzes e.

Nachfolgend werden die Eigenschaften und Erkenntnisse anhand von stetigen Verteilungsfunktionen erörtert. Für diskrete Verteilungsfunktionen gelten ähnliche Aussagen, diese werden jedoch im Rahmen des Kapitels 2.5.4 anhand des Berechnungsbeispiels gezeigt.

2.4.3 First-Order Stochastic Dominance

Sinnvollerweise ist anzunehmen, dass ein zusätzlicher Arbeitseinsatz das stochastische Projektergebnis positiv beeinflusst.[36] Diese Bedingung wird als

34 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 51.
35 Vgl.: a. a. O., S 52.
36 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 162.

first-order stochastic dominance (stochastische Dominanz erster Ordnung) bezeichnet und formal wie folgt ausgedrückt:[37]

$$F_\pi(\pi|e) < 0 \ . \tag{2.16}$$

Diese Annahme führt zu folgender Aussage:

$$e_1 < e_2 \qquad \rightarrow \qquad F(\pi|e_1) \geq F(\pi|e_2) \ .$$

Je größer der Arbeitseinsatz e gewählt wird, desto kleiner wird die parametrische Verteilungsfunktion $F(\pi|e)$ für das Projektergebnis π.

Graphisch bedeutet dies, dass sich die Verteilungsfunktion bei einem größeren Arbeitseinsatz e nach rechts verschiebt (Vgl.: Abbildung 3.2).

Aus wirtschaftlicher Sichtweise bedeutet die Bedingung: Bei größerem Arbeits -einsatz, soll ebenfalls das wahrscheinliche Projektergebnis größer werden.[38]

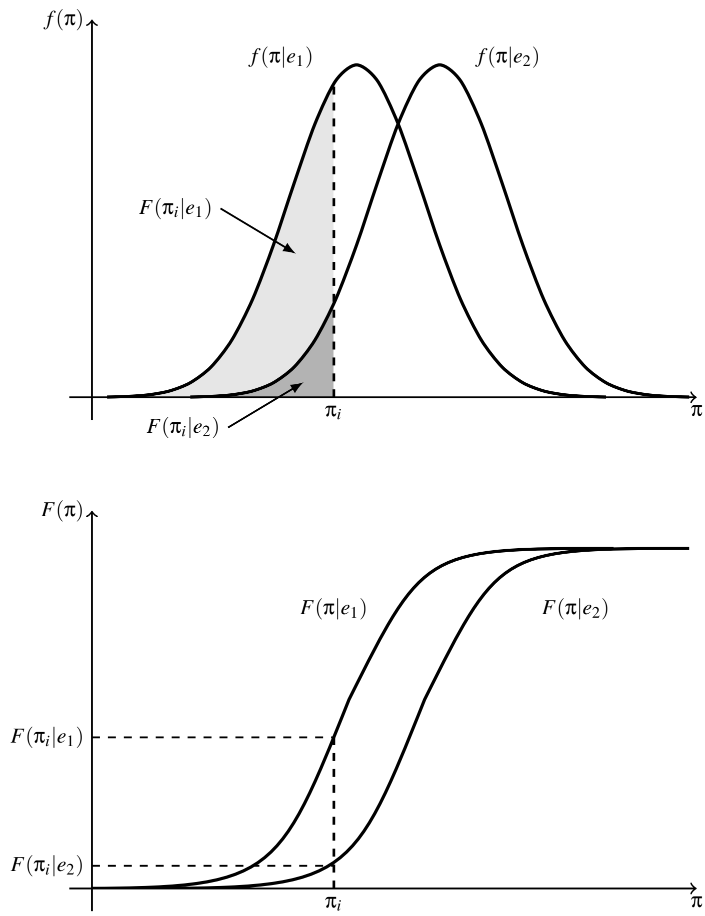

Abbildung 2.3: Stochastische Dominanz erster Ordnung (in Anlehnung an BLUM et al[39])

37 Vgl.: HOLMSTRÖM: The Bell Journal of Economics Vol. 10 [1979], S 77.
38 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 43.
39 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, Abb. 6.3, S 163

2.4.4 Monotone Likelihood Ratio Condition

Die beiden nachfolgenden Annahmen beziehen sich auf die Anforderungen an die Menge der parametrisierten Verteilungsfunktionen, so dass eine optimale Lösung des Prinzipal-Agent-Problems erreicht werden kann.

Die erste Bedingung heißt *monotone likelihood ratio condition* (MLRC). Sie beantwortet die Frage, wann das Projektergebnis π als einzige beobachtbare Größe für den Prinzipal ein gutes Signal für den Arbeitseinsatz e des Agenten darstellt.[40] Vereinfacht ausgedrückt beschreibt die MLRC, das Verhältnis zwischen den Projektergebnissen bei einem geringen und einem hohen Arbeitseinsatz.[41]

Formal bedeutet dies:

$$\frac{f(\pi_i|e_{k-1})}{f(\pi_i|e_k)} > \frac{f(\pi_{i+1}|e_{k-1})}{f(\pi_{i+1}|e_k)} \; . \tag{2.17}$$

Treten nur zwei Level von Arbeitseinsätzen auf, so ist die Bedingung (2.17) gleichbedeutend mit der stochastischen Dominanz (Vgl.: 2.4.3), für mehr als zwei unterschiedliche Arbeitseinsätze stellt sie gegenüber der stochastischen Dominanz eine Verschärfung dar,[42] indem garantiert wird, dass der Arbeitseinsatz auch in Verbindung mit einem höheren Projektergebnis steigt.[43]

Für den einfachen Fall, dass der Agent nur zwischen zwei Arbeitseinsätzen e_L und e_H mit $e_H > e_L$ wählen kann und nur zwei Projektergebnisse π_L und π_H mit $\pi_H > \pi_L$ realisiert werden, vereinfacht sich (2.17) zu:

$$\frac{f(\pi_L|e_L)}{f(\pi_L|e_H)} > \frac{f(\pi_H|e_L)}{f(\pi_H|e_H)} \; .$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein hohes Projektergebnis π_H von einem hohen Arbeitseinsatz e_H herrührt, ist größer als jenes von einem niedrigen Arbeitseinsatz e_L.

Die Aussage (2.17) ist äquivalent mit der Bedingung, dass $f_e(\pi|e)/f(\pi|e)$ in $\forall\, e \in [e_L, e_H]$ monoton steigt.[44]

Weiters lässt sich die MLRC durch die *Regel von Bayes*[45] interpretieren: Nimmt der Prinzipal zunächst eine von ihm festgelegte a priori Wahrscheinlichkeitsverteilung für das ihm nicht bekannten Arbeitseinsatz des Agenten an, so kann er diese Einschätzung nach dem Beobachten des Projektergebnisses ändern. Somit wird die a priori Verteilungsfunktion $F(e)$ durch die bedingte posteriori Verteilungsfunktion $F(\pi|e)$ aktualisiert.[46]

40 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 86.
41 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 52.
42 Vgl.: SCHWEIZER: Vertragstheorie, S 134.
43 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 94.
44 Vgl.: MILGROM, Paul R.: Good News and Bad News: Representation Theorems and Applications. The Bell Journal of Economics, Vol. 12 1981, Nr. 2, S 386.
45 Eine formale Definition der Regel von Bayes, so wie ein Anwendungsbeispiel findet sich im Anhang.
46 Vgl.: a. a. O., S 383.

Die Aussage der MLRP in diskreter Form gilt grundsätzlich nicht mehr, wenn der Agent zwischen mehr als zwei unterschiedlichen Arbeitseinsätzen wählen kann. Somit ist die Bedingung nur begrenzt gültig. So muss in einem allgemeineren Fall vielmehr die gesamte Verteilungsfunktion des Projektergebnisses analysiert werden. Ein simpler Vergleich zweier Werte reicht hier nicht mehr aus. Für mehr als zwei Aktionen des Agenten ist die MLRP zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für die Gestaltung eines optimalen Vertrags.[47]

2.4.5 Convexity of the Distribution Function Condition

Die zweite Bedingung wird als *convexity of the distribution function condition* (CDFC) bezeichnet. Sie schließt *steigende Skalenerträge* aus[48], was soviel bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für ein hohes Projektergebnis π_L nicht überproportional mit dem Arbeitseinsatz e steigt.[49] Formal lautet dies:

$$F_{ee}(\pi, e) \geq 0 \qquad \text{mit} \qquad \forall \pi \in \Pi;\, \forall e \in E\,. \tag{2.18}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Projektergebnis geringer als ein vorgegebener Wert ausfällt, sinkt mit wachsendem Arbeitseinsatz.

In Verbindung mit MLRC wird sichergestellt, dass die Wahrscheinlichkeit höchstens ein bestimmtes Ergebnis zu erzielen, bei zunehmendem Arbeitseinsatz mit abnehmender Änderungsrate sinkt. Durch einen steigenden Arbeitseinsatz erhöht der Agent die Wahrscheinlichkeit, mindestens ein bestimmtes Projektergebnis zu erreichen, jedoch verliert dieser Effekt mit steigendem Arbeitseinsatz an Bedeutung.[50]

2.5 First-Order-Approach

Die im Abschnitt 2.3.2 Modelltheoretische Annahmen beschriebenen Bedingungen beziehen sich auf den Ansatz von HOLMSTRÖM[51] und SHAVELL[52]. Dieser Ansatz wird als First-Order-Approach bezeichnet.

Um die allgemeinen Gleichungen (2.7), (2.9) und (2.10) in ein berechenbares Modell zu überführen, muss in weiterer Folge die Zufallsvariable als stetig oder diskret abgebildet werden. Dies führt schlussendlich zu einer stetigen Modellformulierung (2.5.1) bzw. einer diskreten Modellformulierung (2.5.4).

47 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 87 f.
48 Vgl.: ROGERSON, William P.: The First-Order Approach to Prinzipal-Agent Problems. Econometrica, Vol. 53 1985b, Nr. 6, S 1362.
49 Vgl.: NEUS, Werner: Ökonomische Agency-Theorie und Kapitalmarktgleichgewicht. Wiesbaden: Gabler, 1989, S 67.
50 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 53.
51 HOLMSTRÖM: The Bell Journal of Economics Vol. 10 [1979].
52 SHAVELL: Econometrica Vol. 10 [1975].

2.5.1 Stetige Modellformulierung

Bei der stetigen Modellformulierung werden folgende Annahmen getroffen:[53]

- Der Agent kann seinen Arbeitseinsatz e aus der Menge $E \in \Re$ frei wählen.
- Die Verteilungsfunktion $F(\pi|e)$ der parametrisierten Zufallsvariable ψ mit dem Projektergebnis $\pi \in [\pi_L, \pi_H]$ sei in e konvex. (Vgl.: Abschnitt 2.4.5) und die Dichtefunktion $f(\pi|e)$ sei einmal nach e differenzierbar.
- Der Agent bekommt einen Lohn w aus der Menge $W := \{w(\pi) \in [c_1, c_2 + \pi]\}$.[54] [55]
- Der Prinzipal sei risikoneutral.[56]
- Der Agent sei risikoavers, mit einer additiv seperablen Nutzenfunktion.
- Die Menge der parametrisierten Verteilungsfunktionen sei durch eine ML-RC charakterisiert.

Bei asymmetrischer Informationsverteilung lautet - unter den obigen Annahmen, - das Maximierungsproblem (2.7) sowie die zugehörigen Nebenbedingungen (2.9) und (2.10) wie folgt:

$$\max_{w} \int U_P(\pi - w(\pi)) \cdot f(\pi|e) \mathrm{d}\pi \,, \tag{2.19}$$

Zielfunktion des Prinzipals

unter den Nebenbedingungen:

$$\max_{e} \int [U(w(\pi)) - V(e)] \cdot f(\pi|e) \mathrm{d}\pi \geq U_0 \,, \tag{2.20}$$

Partizipationsbedingung (PC)

$$e \in \arg\max_{e^*} \int U(w(\pi)) \cdot f(\pi|e^*) \mathrm{d}\pi - V(e^*) = 0 \,. \tag{2.21}$$

Anreizkompatibilitätsbedingung (ICC)

Mit Hilfe der LAGRANGE-Funktion kann der Prinzipal einen Vertrag finden, bei dem sein Nutzen und der des Agenten maximiert werden:

$$\begin{aligned} L = \int_{\pi_L}^{\pi_H} \big(& [\pi - w(\pi)] \cdot f(\pi|e) \\ & + \lambda [U(w(\pi)) - V(e) - U_0] \cdot f(\pi|e) \\ & + \mu [U(w(\pi)) \cdot f_e(\pi|e) - V'(e)] \cdot f(\pi|e) \big) \, \mathrm{d}\pi \,. \end{aligned} \tag{2.22}$$

53 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 55.
54 Vgl.: HOLMSTRÖM: The Bell Journal of Economics Vol. 10 [1979], S 77.
55 Dabei sind c_1 und c_2 Konstanten
56 In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, das der Prinzipal risikoneutral sei, dies ist auf die Umstände zurück zu führen, dass bei einem risikoaversen Prinzipal die Ergebnisse eine komplexere Form bekommen.

Die erste Zeile enthält die Zielfunktion ZF_P des Prinzipals, die zweite Zeile die Partizipationsbedingung (2.20) mit ihrem LAGRANGE-Multiplikator λ und die dritte Zeile die Anreizkompatibilitätsbedingung (2.21) mit dem LAGRANGE- Multiplikator μ. Um den optimalen Vertrag für den gegebenen Arbeitseinsatz e zu bestimmen, wird die LAGRANGE-Funktion partiell nach dem Lohn w abgeleitet:

$$L_w = -f(\pi|e) + \lambda f(\pi|e)\, U'(w(\pi)) + \mu U'(w(\pi))\, f_e(\pi|e) = 0 \ ,$$

oder vereinfacht ausgedrückt:[57]

$$\frac{1}{U'(w(\pi))} = \lambda + \mu \left(\frac{f_e(\pi|e)}{f(\pi|e)} \right) \ . \qquad (2.23)$$

2.5.2 First-Best Solution bei Informationssymmetrie

Die beste Ausgangssituation für den Prinzipal ist jene, bei der er den Arbeitseinsatz des Agenten beobachten kann (Informationssymmetrie). Dem zu Folge entfällt bei der Vertragsgestaltung die Anreizkompatibilitätsbedingung (2.21) und der Prinzipal muss nur das Maximierungsproblem (2.19) unter der Nebenbedingung (2.20) lösen. Eine solche Lösung heißt *First-Best Lösung* (*first-best solution*).

Wird die Anreizkompatibilitätsbedingung (2.21) bei der Ermittlung des optimalen Vertrages ignoriert, so kann dessen LAGRANGE-Multiplikator μ gleich 0 gesetzt werden. Aus der Gleichung (2.23) folgt:

$$\frac{1}{U'(w(\pi))} = \lambda \qquad \rightarrow \qquad \lambda U'(w(\pi)) = const. \qquad (2.24)$$

Durch die Konstante λ wird sichergestellt, dass die Partizipationsbedingung (2.20) erfüllt wird und die Nutzenfunktion U_A des Prinzipals dem Grenznutzen U_0 entspricht.

Für einen risikoaversen Agenten wird diese Bedingung nur erfüllt, wenn der Lohn w konstant ist. Für einen risikoneutralen Prinzipal und einen risikoaversen Agenten sieht der optimale Vertrag also einen konstanten Lohn vor. Der Agent wird somit vollständig gegen ein mögliches Projektrisiko versichert und der Prinzipal trägt das gesamte Projektrisiko alleine. Der Lohn ergibt sich aus der Partizipationsbedingung des Agenten und hängt nur von dessen Arbeitseinsatz e ab.[58] Wird die Gleichung (2.24) nach dem Lohn w aufgelöst, so ergibt sich die optimale Entlohnung für den geforderten Arbeitseinsatz e^* zu:

$$w^* = U^{-1}(U_0 + V(e^*)) \ . \qquad (2.25)$$

57 Vgl.: HOLMSTRÖM: The Bell Journal of Economics Vol. 10 [1979], S 77.
58 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 75.

2.5.3 Second-Best Solution

Liegt entgegen Abschnitt 2.5.2 eine Informationsasymmetrie vor, so ist der LAGRANGE-Multiplikator $\mu > 0$. Der optimale Lohn hängt nun nicht mehr ausschließlich vom Verhältnis der Grenznutzen von Prinzipal und Agenten ab, sondern auch vom Ausdruck $f_e(\pi|e)/f(\pi|e)$, dem sogenannten *Likelihood Quotient* (*likelihood ratio*)[59] (Vgl.: Abschnitt 2.4.4).

Je höher der Likelihood Quotient, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei diesem Projektergebnis π der Arbeitseinsatz e hoch war. Dies folgt aus der Tatsache, dass sowohl λ und μ positiv sind und bei einem steigenden Likelihood Quotient die rechte Seite der Gleichung (2.23) steigt. Folglich muss auch die rechte Seite größer werden. Da $U' > 0$ im Nenner steht und $U'' < 0$, muss also der Lohn w umso größer sein, je größer die Wahrscheinlichkeit eines hohen Einsatzes ist.[60]

Abschließend soll die Frage geklärt werden, wie sehr sich die *Second-Best Lösung* von der First-Best Lösung unterscheidet. Grundsätzlich ist eine Second-Best Lösung schlechter als eine First-Best Lösung.[61]

SHAVELL hat weiters festgestellt, dass die Second-Best Lösung genau dann nahe an der First-Best Lösung liegt, wenn der Arbeitseinsatz sehr gering oder sehr hoch ist.[62] Dafür führte er einen Effizienzparameter für den Arbeitseinsatz des Agenten ein[63], auf dessen Herleitung und Berechnung in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird. Daraus zeigt sich, dass bei einer hohen Effizienz[64] schon durch eine kleine Lohnänderung große Anreize geschaffen werden können.[65]

59 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 81.
60 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 45.
61 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 61.
62 Vgl.: SHAVELL: Econometrica Vol. 10 [1975], S 64.
63 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 61.
64 Unter Effizienz wird in diesem Zusammenhang das Verhältnis zwischen einem definierten Nutzen und dem Arbeitseinsatz, der zu dessen Erreichung notwendig ist, definiert.
65 Vgl.: a. a. O., S 62.
66 Vgl.: SHAVELL: Econometrica Vol. 10 [1975], Figure 1, S 163

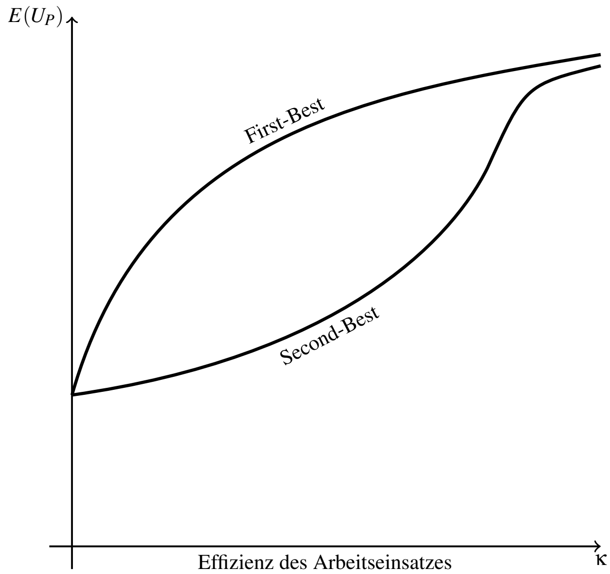

Abbildung 2.4: First-Best- und Second-Best-Lösung (in Anlehnung an SHAVELL[66])

2.5.4 Diskrete Modellformulierung

Angenommen, dass der Arbeitseinsatz des Agenten nicht beliebig teilbar ist und dem Agenten somit nur eine endliche Anzahl von Aktionen zur Verfügung stehen, so kann dies durch ein diskretes Modell abgebildet werden.[67]

Das Maximierungsproblem (2.7) sowie die zugehörigen Nebenbedingungen (2.9) und (2.10) können wie folgt dargestellt werden:

$$\max_{w} \sum_{i} U_P(\pi_i - w(\pi_i)) \cdot f(\pi_i|e) \ , \qquad (2.26)$$

Zielfunktion des Prinzipals

unter den Nebenbedingungen:

$$\max_{e} \sum_{i} [U(w(\pi_i)) - V(e)] \cdot f(\pi_i|e) \geq U_0 \ , \qquad (2.27)$$

Partizipationsbedingung (PC)

$$e \in \arg\max_{e^*} \sum_{i} U(w(\pi_i)) \cdot f(\pi_i|e^*) - V(e^*) = 0 \ . \qquad (2.28)$$

Anreizkompatibilitätsbedingung (ICC)

Das weitere Vorgehen ist ähnlich der stetigen Modellformulierung (Vgl.: 2.5.1). Im anschließenden Kapitel werden die Annahmen an einem diskreten Beispiel mit numerischen Werten illustriert.

67 Vgl.: GROSSMAN, Sanford J./HART, Oliver D.: An Analysis of the Prinzipal-Agent Problem. Econometrica, Vol. 51 1983, Nr. 1, S 10 f.

2.6 LEN-Modell

Am Ende dieses Kapitels soll noch auf das *LEN-Modell* von SPREMANN[68] hingewiesen werden. Hierbei handelt es sich ebenfalls um eine stetige Modellformulierung, denn der Agent kann aus einer nichtnegativen reellen Aktionsmenge E auswählen und auch die Zufallsvariable ψ wird als stetig angenommen.

Entgegen dem zuvor angeführten First-Order-Approach wird hier ein stochastisches Entscheidungsmodell mit einer linearen Entlohnungsfunktion, exponentiellen Nutzenfunktion des Agenten und normalverteilten Zufallsvariablen zugrunde gelegt.[69] Daher der Name LEN-Modell (Linear-Exponential-Normal-Modell).[70]

Durch die vereinfachenden Annahmen liefert dieses Modell sehr anschauliche Ergebnisse.[71] Jedoch sind diese weiter von der Realität entfernt als beim First-Order-Approach. So kann unter anderem durch die Normalverteilung der Zufallsvariable ein beliebig hoher negativer und positiver Umweltzustand realisiert werden.[72]

Auch die lineare Entlohnung wirft Probleme auf[73], deshalb werden im weiteren Verlauf der Arbeit die Ansätze des First-Order-Approach herangezogen.

2.7 Literaturhinweise zu Kapitel 2

Wie bereits zuvor erwähnt bietet BANNIER (2005) eine gut verständliche Darstellung der Grundidee. Auch KLEINE (1996) gibt einen umfassenden Einblick in das Hidden-Action-Problem, wobei er eine andere Notation verwendet.

Ein überaus verständliches und gut aufgearbeitetes Lehrbuch gibt es von MACHO-STADLER / PEREZ-CASTRILLO (2001).

Darüber hinaus sei noch auf die Originalaufsätze zu dieser Problematik verwiesen. Vor allem jene von HOLMSTRÖM (1979), SHAVELL (1979) und GROSSMAN / HART (1983) sind von zentraler Bedeutung.

68 SPREMANN, Klaus; BAMBERG, Günter/SPREMANN, Klaus (Hrsg.): Kap. Agent and Principal In Agency Theory, Information, and Incentives. Berlin: Springer Verlag, 1987.
69 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 58.
70 Vgl.: SPREMANN: Agency Theory, Information, and Incentives, S 17 ff.
71 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 62.
72 Vgl.: NEUS: Ökonomische Agency-Theorie und Kapitalmarktgleichgewicht, S 48.
73 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 62.

3 Beispiel für Hidden Action

Im nachfolgendem Beispiel werden die zuvor beschriebenen Ansätze, Annahmen und Überlegungen in ein numerisches Beispiel übergeführt und die noch offenen Punkte für die diskrete Modellformulierung nachgereicht. Die Aufgabe ist angelehnt an das Beispiel von BLUM[1]

3.1 Einführung in das Beispiel

3.1.1 Angabe

Ein risikoneutraler Auftraggeber (Investor, Prinzipal) plant den Abbau von Mineralien. Um dies bewerkstelligen zu können, beauftragt er einen risikoaversen Auftragnehmer (Agent) mit Erkundungsbohrungen. Hierbei wird dem Agent ein einmaliger Vertrag ohne Nachverhandlungsmöglichkeiten angeboten. Bei der Ausführung kann sich der Auftragnehmer vereinfacht nur zwischen zwei unterschiedlichen Arbeitseinsätzen (*effort*) $e \in [e_L, e_H]$ entscheiden.[2] Dabei steht e_L für einen geringen und e_H für einen hohen Arbeitseinsatz.

Ex ante wissen beide Parteien, dass der Boden Gneis, Amphibolit und Marmor enthält und ein wesentlicher Einflussfaktor für die Erkundungsbohrung ist (*common knowledge*). Die genaue Verteilung dieser Gesteine wird durch den Umweltzustand $\theta \in \Theta$ beschrieben, wobei diese keinem der beiden Vertragspartner bekannt ist. Durch die modelltheoretische Annahme in Abschnitt 2.4.2 kann das Projektergebnis direkt als Zufallsvariable ψ in Abhängigkeit des Arbeitseinsatzes definiert werden.

Um ein signifikantes Ergebnis für den Mineralanteil aus den Erkundungsbohrungen ableiten zu können, müssen n_d Bohrungen, mit einer durchschnittlichen Bohrtiefe von t_d, durchgeführt werden.

Für die Erkundungsbohrungen stellt der Investor ein Budget von b bereit. Der interne Kalkulationszins des Investors beträgt z. Um die Bohrungen durchzuführen ist die Genehmigung des Landes notwendig. Diese gilt jedoch nur für g Tage, danach ist eine Konventionalstrafe in Höhe von k pro Tag fällig.

1 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 165 ff.
2 Wie bereits im Abschnitt 2.4.4 dargestellt muss für mehr als zwei Aktionen des Agenten die MLRP als notwendige Bedingung erfüllt sein. Eine hinreichende Bedingung ist die CDFC (siehe Abschnitt 2.4.5). Unter diesen Voraussetzungen kann der optimale Vertrag ermittelt werden.

D.h. durch die unterschiedlichen Umweltzustände θ, den Arbeitseinsatz e, des Zins z und der Höhe der Konventionalstrafe k können sich unterschiedliche Projektergebnisse π_i aus der Menge $\Pi := \{\pi_i \in [\pi_L, \pi_H]\}$ einstellen. Die diskrete Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Projektergebnisse in Abhängigkeit vom Arbeitseinsatz e lautet somit:[3]

Wahrscheinlichkeit für das Projektergebnis π_i bei der Wahl des Arbeitseinsatzes e.

$$p_i(e) := \text{prob}\{\psi \leq \pi_i | e\} \qquad \text{mit} \qquad \forall\, e \in E\,,\ \pi_i \in \Re\,,\ i = 1, \ldots, I\ . \tag{3.1}$$

Aus den oben genannten Angaben folgt für den Prinzipal folgende allgemeine Nutzenfunktion:

$$U_P(\pi, w) = \pi - w(\pi)\ , \tag{3.2}$$

dabei sei π das realisierte Projektergebnis und w die Entlohnung des Agenten. Die Nutzenfunktion für den risikoaversen Agenten wird als additiv seperabel angenommen:

$$U_A(w, e) = U(w) - V(e)\ . \tag{3.3}$$

Der Agent nimmt den Vertrag nur an, wenn sein erwartetes Nutzenniveau mindestens über seinem *Reservationsnutzen* U_0 liegt.

3.1.2 Zahlenwerte für das Beispiel

Um das obige Beispiel numerisch zu behandeln, werden den Variablen entsprechende Werte zugewiesen.

e_L	Niedriger Arbeitseinsatz	40	NE
e_H	Hoher Arbeitseinsatz	60	NE
n_d	Bohrungen	20	Stk
t_d	Tiefe je Bohrung	265	m
t_g	Tiefe gesamt	5.300	m
b	Budget	1.500.000	Eur
z	Kalkulationszins des Investors	15	%
k	Konventionalstrafe	12.000	Eur/d
g	Zeit bis zur Strafe	280	d
U_0	Erwartungsreservationsnutzenniveau	250	NE

3 Vgl.: Abschnitt 2.4.2 Gleichung (2.15)

institut für baubetrieb + bauwirtschaft projektentwicklung + projektmanagement

3.1.3 Überführung der Angabe in ein Berechnungsbeispiel

In diesem Abschnitt werden die praxisnahen Werte in jene Form übergeführt, in der die Ermittlung des optimalen Vertrages möglich wird.

Der Auftragnehmer führt eine Kalkulation zur Kostenermittlung der Bauleistung durch.[4] Für die Aufgabe der Erkundungsbohrung fallen in vereinfachter Form folgende Aufgaben (Positionen) an:

- Baustelle einrichten und räumen
- Einrichten und Umsetzen des Bohrgerätes
- Durchführen der Kernbohrungen

Als wesentlicher Kostenfaktor wird hier die Durchführung der Kernbohrungen identifiziert. Insgesamt müssen über 5.300 m gebohrt werden. Die Kosten je m hängen unter anderem von folgenden Faktoren ab:

- Mannschaftszusammensetzung
- Arbeitszeit
- Leistungsansatz des Bohrgerätes
- Kalkulatorische Abschreibung und Verzinsung der Kernbohrgarnitur
- Betriebsstoffe
- Bohrkrone
- Bohrkronenverschleiß
- Sonstige diverse Stoffe

Um das Modell möglichst einfach zu gestalten, wird die Arbeitszeit als Arbeitseinsatz definiert. So kann der Arbeitseinsatz e_L als eine 40 Stundenwoche der Kernbohrkolonne aufgefasst werden. Sämtliche andere Faktoren haben bei diesem Beispiel keine weiteren Auswirkungen auf den Arbeitseinsatz.[5]

Stellt man die Kosten des Agenten in Abhängigkeit des Arbeitseinsatzes e als Nutzenverlust $V(e)$ dar, so kann dies in vereinfachter Form wie folgt ausgedrückt werden:[6]

$$V(e) = 0{,}01(225 + e)^2 \ .$$

4 Vgl.: HECK, Detlef/SCHLAGBAUER, Dieter: Skriptum: Bauwirtschaftslehre. WS 11/12 Auflage. Graz: Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 2011, S 199.

5 Eine Erweiterung des Modells kann sich dadurch ergeben, dass der Arbeitseinsatz als Funktion von Arbeitszeit, Mannschaftszusammensetzung, Leistungsansatz des Bohrgerätes, oder ähnliches aufgefasst wird. Auf diesen Umstand wir in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

6 Diese Funktion bildet den Nutzenverlust $V(e)$ des Auftragnehmers ab und wurde empirisch ermittelt

Der monetäre Nutzen des risikoaversen Auftragnehmers sei durch folgende Funktion gegeben:[7]

$$U(w) = \sqrt{w} \ .$$

Zusammengefasst ergibt sich für den Agenten eine Nutzenfunktion von:

$$U_A(w,e) = U(w) - V(e) = \sqrt{w} - 0{,}01(225+e)^2 \ . \tag{3.4}$$

In diesem Beispiel sei angenommen, dass sich drei unterschiedliche Umweltzustände einstellen können. Diese werden durch eine unterschiedliche Gesteinsverteilung $\theta \in \Theta$ beschrieben.

Tabelle 3.1: Mögliche Umweltzustände [%]

	θ_1	θ_2	θ_3
Gneis	60%	37%	10%
Amphibolit	30%	30%	30%
Mamor	10%	33%	60%

Je nach Umweltzustand θ setzt sich der Boden aus den unterschiedlich gewichteten Gesteinsarten zusammen. Übergeführt auf die gesamte Bohrtiefe ergibt dies:

Tabelle 3.2: Mögliche Gesteinsschichten [m]

	θ_1	θ_2	θ_3
Gneis	3.180	1.948	530
Amphibolit	1.590	1603	1.590
Mamor	530	1.749	3.180

Ist die Bohrgeschwindigkeit je nach Gesteinsart unterschiedlich (z.B. Gneis $15\,m/d$, Amphibolit $20\,m/d$, Mamor $25\,m/d$)[8] und werden keine Behinderungen erwartet, so ergeben sich für den Auftraggeber folgende Sachverhalte:

7 Diese Funktion wird auch als Wurzelnutzen bezeichnet, und findet häufig Anwendung in den Wirtschaftswissenschaften, Vgl.: MACHO-STADLER, Ines/PEREZ-CASTRILLO, J. David: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts. Oxford: Oxford University Press, 2001, 2, S 80

8 Diese Bohrgeschwindigkeiten wurden frei angenommen.

Tabelle 3.3: Auswirkungen der Umweltzustände für den Prinzipal

	θ_1	θ_2	θ_3
Arbeitsdauer $[d]$	313	280	242
Differenz $[d]$	33	0	-38
Strafzahlung $[Eur]$	-396.000	0	0
Kalkulationszins $[Eur]$	-195.625	-175.000	-151.250
Budget $[Eur]$	$1.500.000$	$1.500.000$	$1.500.000$
Projektergebnis $[Eur]$	908.375	$1.325.000$	$1.348.750$

Je nachdem welcher Umweltzustand θ eintritt, bleibt ein gewisses Projektergebnis π für den Auftraggeber übrig. Aus diesem Projektergebnis π muss die Entlohnung w des Auftraggebers erbracht werden. Dabei versucht der Auftraggeber diesen Lohn so gering wie möglich zu halten, damit er selbst seinen Nutzen maximieren kann. Ausgedrückt wird dies durch die allgemeine Nutzenfunktion des Prinzipals:

$$U_P(\pi, w) = \pi - w(\pi) \ . \tag{3.5}$$

Durch den hohen Arbeitseinsatz e_H ist die Wahrscheinlichkeit größer, ein besseres Projektergebnis π zu erreichen (Siehe Abschnitt 2.4.3).

Tabelle 3.4: Bedingte Wahrscheinlichkeiten für das Projektergebnis in Abhängigkeit vom Arbeitseinsatz und den Bodenverhältnissen

	$\pi_1 = \ 908.375$	$\pi_2 = 1.325.000$	$\pi_3 = 1.348.750$
$p_i(e_L)$	70%	20%	10%
$p_i(e_H)$	10%	20%	70%

Für eine diskrete parametrisierte Verteilungsfunktion $F(\pi_i|e)$ ergibt sich mit einer Wahrscheinlichkeitsfunktion von $f(\pi_i|e) = p_i(e)$, unter der Beachtung der Gleichung (2.26), folgendes Maximierungsproblem des Prinzipals:

$$\max_w \sum_i U_P\left(\pi_i - w(\pi_i)\right) \cdot p_i(e) \ , \tag{3.6}$$

Zielfunktion des Prinzipals

mit der Partizipationsbedingung (PC):

$$\max_e \sum_i U\left(w(\pi_i)\right) \cdot p_i(e) - V(e) \geq U_0 \ , \tag{3.7}$$

Partizipationsbedingung (PC)

und der Anreizkompatibilitätsbedingung (ICC):

$$e \in \arg\max_{e^*} \sum_i U\left(w(\pi_i)\right) \cdot p_i(e^*) - V(e^*) = 0 \; . \tag{3.8}$$

Anreizkompatibilitätsbedingung (ICC)

3.2 First-Best-Lösung bei Informationssymmetrie

Herrscht eine Informationssymmetrie, so kann der Prinzipal jederzeit den Arbeitseinsatz e des Agenten beobachten. Weiters ist dieser Arbeitseinsatz gegenüber Dritten (Gericht) verifizierbar.

Somit ist der Auftragnehmer gezwungen, den vom Prinzipal geforderten Arbeitseinsatz $e \in [e_L, e_H]$ zu liefern. Einzig und allein die Möglichkeit, den Vertrag abzulehnen liegt in der Hand des Agenten. Zur Berechnung des optimalen Vertrages wird nur die Partizipationsbedingung (3.7) herangezogen.

Folglich muss der Investor nachfolgendes Optimierungsproblem lösen:

3.2.1 Lösung unter First-Best

Der Investor muss für einen optimalen Vertrag seine Nutzenfunktion (3.2) in die allgemeine Gleichung (3.6) einsetzen, dies ergibt:

$$\max_{e, w(\pi_i)} \sum_{i=1}^{3} \left(\pi_i - w(\pi_i)\right) \cdot p_i(e) \; . \tag{3.9}$$

Dabei ist die Partizipationsbedingung des Agenten zu betrachten. Auch hier wird in die allgemeine Partizipationsbedingung (3.7) die spezifizierte Nutzenfunktion (3.3) des Auftragnehmers eingesetzt:

$$\sum_{i=1}^{3} \left(\sqrt{w(\pi_i)} \cdot p_i(e)\right) - V(e) \geq U_0 \; . \tag{3.10}$$

Die optimale Lohnzahlung $w(\pi_i)$, weiters mit w_i bezeichnet, wird mit Hilfe der LAGRANGE-Funktion ermittelt:

$$L(w_1, w_2, w_3, \lambda) = \sum_{i=1}^{3} (q_i - w_i) \cdot p_i(e) + \lambda \left[\sum_{i=1}^{3} \left(\sqrt{w_i} \cdot p_i(e)\right) - V(e) - U_0 \right] \; . \tag{3.11}$$

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

Um eine optimale Lohnzahlung zur erhalten, wird diese Gleichung nach w_i abgeleitet:

$$\frac{\partial L}{\partial w_i} = -p_i(e) + \lambda \cdot \frac{p_i(e)}{2 \cdot \sqrt{w_i}} \,, \quad \forall i \in \{1{,}2{,}3\} \,. \tag{3.12}$$

Für jedes potentielle Projektergebnis π_i gibt es also eine optimale Lohnzahlung. Durch das Auflösen nach λ erhält man für alle möglichen Ergebnisse w_i denselben positiven Wert für λ:

$$\lambda = 2 \cdot \sqrt{w_i} > 0 \,, \quad \forall i \in \{1{,}2{,}3\} \,. \tag{3.13}$$

Dies bedeutet, dass bei einer symmetrischen Informationsverteilung der Lohn konstant ist, je nachdem wie der Prinzipal den Arbeitseinsatz e vorgibt.

3.2.2 First-Best mit Zahlen

Nach dieser allgemeinen Betrachtung lässt sich dieses Beispiel für den Fall von Informationssymmetrie auswerten. Da e vertraglich festgeschrieben wird, ist der Lohn nur eine Funktion des Arbeitseinsatzes $w = w(e)$. Aufgrund dieser Vereinfachung werden die Umweltzustände nicht für die Entlohnung des Agenten mit berücksichtigt.

Soll der Vertrag den Arbeitseinsatz $e \in [e_L, e_H]$ implementieren[9], so ermittelt man unter Betrachtung der Partizipationsbedingung des Agenten:

$$\begin{aligned}
E(U_A(w{,}e)) &= U_0 \\
\sqrt{w(e)} - 0{,}01(225+e)^2 &= U_0 \\
\sqrt{w(e)} &= U_0 + 0{,}01(225+e)^2 \\
w(e) &= \left(U_0 + 0{,}01(225+e)^2\right)^2 \\
w(e_L) &= \left(250 + 0{,}01(225+40)^2\right)^2 = \quad 906.780 \,, \\
w(e_H) &= \left(250 + 0{,}01(225+60)^2\right)^2 = 1.128.375 \,.
\end{aligned}$$

Wobei sich jeweils der Reservationsnutzen des Agenten einstellt (Überprüfung):

$$\begin{aligned}
U_A(w{,}e) &= \sqrt{w(e)} - e^2 \\
U_A(w{,}e_L) &= \sqrt{906.780} - 0{,}01(225+40)^2 = 250 \,, \\
U_A(w{,}e_H) &= \sqrt{1.128.375} - 0{,}01(225+60)^2 = 250 \,.
\end{aligned}$$

9 Der Arbeitseinsatz in diesem Beispiel kann als Wöchentliche Arbeitszeit je Arbeiter aufgefasst werden, wobei e_L einer 40 Stundenwoche und e_H einer 60 Stundenwoche entspricht.

Tabelle 3.5: Erzielbare Ergebnisse bei symmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von e

		ex ante	ex post		
		Erwartung	π_1	π_2	π_3
Ergebnis	e_L	1.035.738	908.375	1.325.000	1.348.750
π	e_H	1.299.963	908.375	1.325.000	1.348.750
Entlohnung	e_L	906.780	906.780	906.780	1.906.780
w	e_H	**1.128.375**	**1.128.375**	**1.128.375**	**1.128.375**
Nutzen	e_L	250	250	250	250
U_A	e_H	250	250	250	250
Nutzen	e_L	128.957	1.595	418.220	441.970
U_P	e_H	**171.587**	−220.000	196.625	220.375

3.2.3 First-Best Conclusio

Wertet man nun die vorliegenden Daten aus, so kann Folgendes festgestellt werden:

Durch die Informationssymmetrie weiß der Prinzipal zu jedem Zeitpunkt, mit welchem Arbeitseinsatz e der Agent arbeitet. Dadurch besteht für den Agenten keine Möglichkeit, von dem vereinbarten Arbeitseinsatz abzuweichen. Er kann höchstens den Vertrag ablehnen, wenn sein Reservationsnutzen höher als sein Nutzen aus der Arbeit ist.

Dadurch, dass sämtliche Arbeitseinsätze beobachtbar sind, stellt sich ein konstanter Lohn w für den Arbeitseinsatz e ein. Somit ist der Lohn w nur von dem Arbeitseinsatz e und nicht vom Erfolg π abhängig!

Der Nutzen für den Agenten entspricht immer dem Reservationsnutzen U_0. Der Investor ist bemüht, den höheren Arbeitseinsatz vom Agenten einzufordern, da der erwartete Nutzen für ihn höher als bei einem niedrigen Arbeitseinsatz ist. Dies muss jedoch nicht immer der Fall sein. Ebenso ist es möglich, dass es sich für den Investor lohnt, einen niedrigeren Arbeitseinsatz in Anspruch zu nehmen, da die Kosten für e_H entsprechend hoch sind.

Die First-Best Lösung wird auch als *Referenzlösung* bezeichnet, da sie nur unter optimalen Bedingungen entstehen kann (z.B. bei Informationssymmetrie). Lösungen bei nicht optimalen Bedingungen (z.B. bei Informationsasymmetrie) können niemals besser als die Referenzlösung sein.

3.3 Second-Best-Lösung bei Informationsasymmetrie

Entgegen dem ersten Fall, gibt es in dem nachfolgenden Beispiel eine Informationsasymmetrie. Somit ist der Arbeitseinsatz des Auftragnehmers dem Auftraggeber nicht bekannt.

Rückschlüsse vom Projektergebnis π auf den Arbeitseinsatz e sind nicht direkt möglich, da auch ein gutes Ergebnis mit nur geringem Aufwand erreichbar ist. Beziehungsweise würde der Agent bei einem schlechten Ergebnis immer behaupten, er habe alles Mögliche unternommen, jedoch durch die Umwelteinflüsse habe er nichts Besseres erreichen können.

Ziel dieses Abschnittes ist es, die oben erwähnten Probleme zugunsten beider Parteien zu lösen. Doch bevor mit der Ermittlung des optimalen Vertrages begonnen wird, sollte noch eine konstante Entlohnung für den Fall einer asymmetrischen Information behandelt werden.

3.3.1 Konstante Entlohnung bei Informationsasymmetrie

Beauftragt der optimistische Investor den Agenten mit den Bohrarbeiten unter der Erwartung, dass der Auftragnehmer mit einem Arbeitseinsatz e_H arbeitet, und entlohnt ihn entsprechend mit $w(e_H) = 1.128.375$, so ist dies mit ein negativen Nutzen des Agenten verbunden.

Würde dieser mit einem Lohn von $w(e_H)$ entlohnt, und arbeitet er tatsächlich mit e_H, so würde sein Nutzen gleich dem des Reservationsnutzen U_0= 250 sein (siehe Tabelle 3.5).

Dem gegenüber steht der Nutzen, der sich einstellt, wenn er nur e_L erbringt:

$$U_A(w, e_L) = \sqrt{1.128.375} - 0{,}01(225 + 40)^2 = 360 \ .$$

Somit folgt für den Auftragnehmer $U_A(w, e_L) > U_A(w, e_H) = U_0$ und er würde den Vertrag mit $w(e_H)$ abschließen, jedoch nur e_L leisten. Dies wiederum bedeutet für den Prinzipal, dass er für Leistung bezahlt, die er gar nicht bekommt. So entsteht dem Investor ein erwarteter Verlust von $1.035.738 - 1.128.375 = -92.638$.

Schließt ein skeptischer Investor den Vertrag mit dem Agenten ab und vereinbart den Lohn $w(e_L)$, so sieht der Agent keinerlei Anlass, mehr zu leisten als von ihm verlangt wird. Der Prinzipal kann somit mit einem Erwartungsnutzen von 128.957 rechnen, jedoch bleibt die Referenzlösung unerreichbar und der Prinzipal vergibt einen Erwartungsnutzen von 42.630.

Dieser Kombination - konstante Entlohnung bei Informationsasymmetrie - gibt die derzeitige Situation in der bauwirtschaftlichen Praxis wieder. Es werden Verträge abgeschlossen, welche eine konstanten Entlohnung für den Auftragnehmer vorsehen. Aus den zuvor angestellten Überlegungen wird der Auftraggeber jene Entlohnung vereinbaren, die einen minimalen Arbeitseinsatz e_L gewährleistet. Jede Zahlung darüber hinaus würde mit diesem Entlohnungsmodell, zu einem opportunistischen Verhalten des Auftragnehmers führen. Jedoch würde der Auftraggeber von einem höheren Arbeitseinsatz e_H des Agenten in Bezug auf sein Projektergebnis π mehr profitieren.

Wie diese Problematik, zugunsten beider Parteien gelöst werden kann, wird im nachfolgendem Abschnitt erläutert.

3.3.2 Lösung unter Second-Best

Zusätzlich zu den in Abschnitt 3.2.1 behandelten Gleichungen für die Optimierung des Vertrages (3.9) und der Partizipationsbedingung (3.10) muss noch die Anreizkompatibilitätsbedingung (3.8) implementiert werden. Diese Bedingung fordert, dass es für den Agenten besser ist einen hohen, statt einen niedrigen Arbeitseinsatz zu leisten. Für den einfachen Fall von zwei Arbeitseinsätzen $e \in [e_L, e_H]$ folgt:

$$\sum_{i=1}^{3}\left(\sqrt{w(\pi_i)}\cdot p_i(\pi_i|e_H)\right) - V(e_H) \geq \sum_{i=1}^{3}\left(\sqrt{w(\pi_i)}\cdot p_i(\pi_i|e_L)\right) - V(e_L)\ . \quad (3.14)$$

Mit den drei Gleichungen (3.9), (3.10) und (3.14) und der Notation $w(\pi_i) = w_i$ folgt die LAGRANGE-Funktion:

$$\begin{aligned} L(w_1,w_2,w_3,\lambda,\mu) = & \sum_{i=1}^{3}(\pi_i - w_i)\cdot p_i(e_H) \\ & + \lambda\cdot\left[\sum_{i=1}^{3}(\sqrt{w_i}\cdot p_i(e_H)) - V(e_H) - U_0\right] \\ & + \mu\cdot\left[\sum_{i=1}^{3}\left(\sqrt{w(\pi_i)}\cdot(p_i(e_H) - p_i(e_L))\right) - V(e_H) + V(e_L)\right]\ . \end{aligned} \quad (3.15)$$

Die Ableitung der LAGRANGE-Funktion nach w_i ergibt dann die drei notwendigen Bedingungen für einen optimalen Vertrag:

$$\frac{\partial L}{\partial w_i} = -p_i(e_H) + \lambda\cdot\frac{p_i(e_H)}{2\cdot\sqrt{w_i}} + \mu\cdot\frac{(p_i(e_H) - p_i(e_L))}{2\cdot\sqrt{w_i}}\ , \quad \forall i \in \{1,2,3\}\ . \quad (3.16)$$

Nach der Multiplikation mit $\sqrt{w_i}/p_i(e_H)$ und anschließendem Umformen erhält man die Bedingungen für alle optimalen Lohnzahlungen:

$$\sqrt{w_i} = \frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{p_i(e_L)}{p_i(e_H)}\right) \ , \quad \forall i \in \{1{,}2{,}3\} \ . \tag{3.17}$$

Wie aus der Gleichung (3.17) ersichtlich ist, ergibt sich bei einem LAGRANGE-Multiplikator von $\mu = 0$, der bereits behandelte Fall von Informationssymmetrie, d.h. es muss nur die Partizipationsbedingung erfüllt werden.

Für den Fall, dass es jedoch keine symmetrisch verteilte Information gibt, gilt $\mu > 0$. Falls $\mu < 0$ ist, bedeutet dies, dass der Prinzipal mit einem Ergebnisverlust zu rechnen hat, der Vertrag wird somit ausgeschlossen.

3.3.3 Second-Best mit Zahlen

Folglich muss nun das Gleichungssystem mit den Gleichungen (3.10), (3.14) und (3.17) und den Unbekannten w_i, λ und μ gelöst werden. Dazu wird als erstes Gleichung (3.17) in (3.10) eingesetzt und die verschiedenen $p_i(e_t)$ mit den entsprechenden Zahlen aus der Tabelle 3.4 ersetzt. Es folgt:

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.7}{0.1}\right)\right) \cdot 0.1 + \left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.2}{0.2}\right)\right) \cdot 0.2 \\ &+ \left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.1}{0.7}\right)\right) \cdot 0.7 - 0{,}01(225 + e_H)^2 = U_0 \ . \end{aligned}$$

Aufgelöst nach λ lautet die Gleichung:

$$\begin{aligned} \lambda &= 2 \cdot \left(U_0 + 0{,}01(225 + e_H)^2\right) \\ &= 2 \cdot \left(250 + 0{,}01(225 + 60)^2\right) = 2.124{,}5 \ . \end{aligned} \tag{3.18}$$

Setzt man nun Gleichung (3.17) in (3.14) ein und nimmt wiederum die Werte aus der Tabelle 3.4, so folgt:

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \times \left(1 - \frac{0.7}{0.1}\right)\right) \cdot (0.1 - 0.7) + \left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.2}{0.2}\right)\right) \cdot (0.2 - 0.2) \\ &+ \left(\frac{\lambda}{2} + \frac{\mu}{2} \cdot \left(1 - \frac{0.1}{0.7}\right)\right) \cdot (0.7 - 0.1) = 0{,}01(225 + e_H)^2 - 0{,}01(225 + e_L)^2 \ . \end{aligned}$$

Aufgelöst nach μ lautet die Gleichung:

$$\begin{aligned} \mu &= 0.486\dot{1} \cdot \left(0{,}01(225 + e_H)^2 - 0{,}01(225 + e_L)^2\right) \\ &= 0.486\dot{1} \cdot \left(0{,}01(225 + 60)^2 - 0{,}01(225 + 40)^2\right) = 53{,}47\dot{2} \ . \end{aligned} \tag{3.19}$$

Mit Hilfe der Werte λ und μ lässt sich nun anhand der Gleichung (3.17) für alle drei möglichen Umweltzustände die optimale Lohnzahlung errechnen.

Tabelle 3.6: Erzielbare Ergebnisse bei asymmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von e

		ex ante	ex post		
		Erwartung	π_1	π_2	π_3
Ergebnis π	e_H	1.299.963	908.375	1.325.000	1.348.750
Entlohnung w	e_H	**1.131.316**	**813.303**	**1.128.375**	**1.177.587**
Nutzen $U(w)-V(e)$	e_H	250	90	250	273
Nutzen U_P	e_H	**168.646**	95.072	196.625	171.163

3.3.4 Second-Best Conclusio

Durch die Informationsasymmetrie weiß der Prinzipal nicht, mit welchem Arbeitseinsatz e der Agent arbeitet. Damit er nicht zu viel für seine Leistung zahlt, kann der Investor einen konstanten Mindestlohn $w(e_L)$ zahlen. Dafür bekommt er jedoch nur das niedrigere Leistungsniveau e_L.

Würde er hingegen einen konstanten Lohn $w(e_H)$ zahlen, so würde dies der Agent zu seinen Gunsten ausnutzen können. Um diesen Umstand zu verhindern, muss ein notwendiges Anreizsystem implementiert werden.

Durch die Erfüllung der Anreizkompatibilitätsbedingung wählt der Auftragnehmer jenen Arbeitseinsatz e, für das er den größten Nutzen erhält. **Durch Optimierung des Vertrages unter Beachtung dieser Nebenbedingung kann der größte Nutzen des Agenten und des Prinzipals mit dem gleichen Arbeitseinsatz erreicht werden.**

Zu beachten ist jedoch, dass nicht immer das höchste Arbeitseinsatz auch das geeignetste für den Investor ist. (Siehe Abschnitt 5.2.2)

Wie aus Tabelle 3.6 hervorgeht, ist die Entlohnung des Agenten nicht mehr konstant, sondern an die entsprechenden Umweltzustände angepasst.

Auch der Erwartungsnutzen des Prinzipals ist nicht mehr so hoch wie bei der First-Best Lösung, deshalb spricht man hier von der Second-Best Lösung. Jene Differenz zwischen First-Best und Second-Best $(171.587-168.646=2.941)$ bezeichnet man als *agency-costs*. Dieser Betrag fließt dem Auftragnehmer zu damit er für die Übernahme des Risikos aus den Umweltzuständen entschädigt wird.

Würde dies nicht stattfinden, so würde der Agent nicht bereit sein, einen hohen Arbeitseinsatz zu leisten.

Da der Erwartungsnutzen des Agenten für ein niedrigen Arbeitseinsatz gleich dem des hohen Einsatzes ist, spricht man in diesem Zusammenhang von indifferent. Der Agent wird sich annahmegemäß für das hohe Leistungsniveau aussprechen.

Der Investor hingegen büßt etwas von seinem Erwartungsnutzen ein, wie bereits oben erwähnt wurde. Jedoch übersteigt der erwartete Nutzen den Mindestnutzen $(168.646 - 128.957 = 39.689)$, somit ist ein vertragliches Anreizsystem für ihn optimaler als ein Vertrag mit konstantem Lohn.

Aus der Tabelle 3.6 ist für dieses Beispiel auch noch ersichtlich, dass Teile des Risikos auf den Auftragnehmer übergeht. Dies wird dadurch deutlich, dass entgegen Tabelle 3.5 der Nutzen des Prinzipals niemals negativ wird.

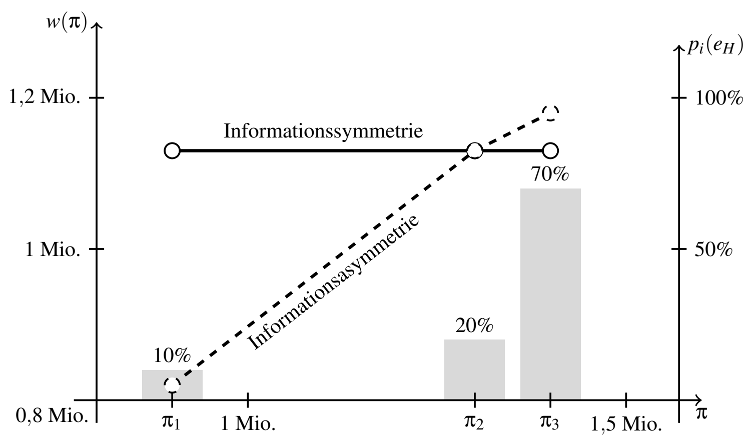

Abbildung 3.1: Entlohnung des Agenten (in Anlehnung an BLUM et al[10])

[10] Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, Abb. 6.6, S 174
[11] Vgl.: a. a. O.

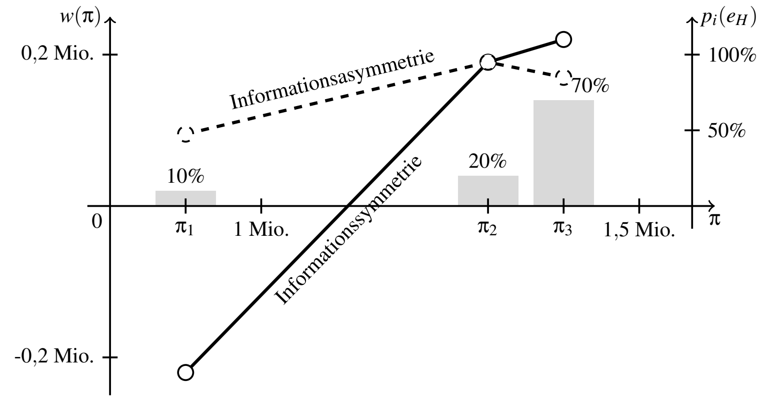

Abbildung 3.2: Gewinn des Prinzipals (in Anlehnung an BLUM et al[11])

3.4 Literaturhinweise zu Kapitel 3

Ein ähnliches Beispiel wie oben gezeigt findet sich bei BLUM[12] (2005). Auch bei BANNIER[13] (2005) und MACHO-STADLER / PEREZ-CASTRILLO[14] (2001) finden sich einige kurze Beispiele.

Bei RASMUSEN (2004) wird die Theorie anhand von vielen kleinen Beispielen sehr anschaulich dargestellt.

12 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 165 ff.
13 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 92 ff.
14 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 79 ff.

Teil III

Adverse Selection

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

4 Hidden Information - Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen für den Fall hidden information dargestellt. Es folgt nun die Erweiterung des Modells für moral hazard auf Probleme der adverse selection.

Von einem hidden information Problem aus der Sphäre der adverse selection wird gesprochen, wenn bereits vor dem Zeitpunkt des Vertragsabschlusses eine Informationsasymmetrie besteht, jedoch die Entscheidungen und Handlungen des Agenten ex post durch den Prinzipal - aufgrund der fehlenden Fachkenntnisse - beobachtet, aber nicht bewertet bzw. beurteilt werden können.

Somit geht es in diesem Kapitel nicht um die möglichen Entscheidungen und Handlungen, die der Agent bei der Vertragsausübung trifft, sondern um einen Abbau der Informationsasymmetrie, die bereits vor Vertragsabschluss existiert.

Diese Asymmetrie kann der Agent bei der Vertragserfüllung zu seinem Vorteil und nicht im Sinne des Prinzipals einsetzen.[1,2] Im Extremfall kann dies sogar dazu führen, dass der Markt ganz in sich zusammenbricht und es zu keinem weiteren Handel mehr kommt.

4.1 Grundgedanken - The Market for Lemons

AKERLOF hat diesen Zusammenhang in seinem Aufsatz *The Market for "Lemons"*[3] dargestellt. Mit seinen Darstellungen können einige grundlegende Probleme und deren Auswirkungen von adverse selection aufgezeigt werden. Deswegen wird im nächsten Abschnitt diese Problematik anhand des „Baumaschinen" Marktes verdeutlicht.

4.1.1 Modell von Akerlof

Betrachtet werden soll der Markt für Hydraulikbagger. Jeder Bagger kann unterschiedliche Qualitäten θ besitzen. Am Markt gibt es eine Gruppe von potentiellen

1 In diesem Sinne wird von opportunistischen Verhalten des Agenten gesprochen
2 Vgl.: ARROW, Kenneth J.; PRATT, John Winsor/ZECKHAUSER, Richard (Hrsg.): Kap. The Economics of Agency In Principal and Agents: The Structure of Business. Harvard Business School Press, 1985, S 39 f..
3 AKERLOF, George A.: The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84 Aug. 1970, Nr. 3.

Verkäufern (Agenten), welche eine bessere Information über die Qualität der Baumaschine besitzen als die potentiellen Käufer (Prinzipal). Jedoch teilen die Verkäufer etwaige Mängel, Vorteile, etc. den Nachfragern nicht mit. Letztere wissen somit nicht, welche Qualität die gewählte Baumaschine aufweist.

Durch eine entsprechende Notation aus der Spieltheorie kann das Verkaufs-Kauf-Verhalten in vereinfachter Weise wie folgt beschrieben werden:[4]

1. Gemäß einer Verteilung $F(\theta)$ wird die Qualität eines Hydraulikbaggers θ festgelegt. Der Verkäufer kann die Qualität θ der Baumaschine feststellen, der Käufer hingegen kennt nur die Verteilung $F(\theta)$, aus der die Qualität θ stammt. D.h. der Käufer kennt z.B. durch die Verteilungsfunktion $F(\theta)$ die Durchschnittsqualität der Baumaschine.
2. Der Verkäufer offeriert seinen Verkaufspreis P.
3. Der Käufer nimmt das Angebot an und zahlt den Preis P für den Bagger, oder er lehnt das Angebot ab.

Die Entscheidung, ob der Käufer bzw. der Verkäufer das Angebot annimmt oder ablehnt, hängt neben der Verteilungsfunktion $F(\theta)$ noch von seinen jeweiligen Präferenzen U_K bzw. U_V ab. Diese wurden wie im Abschnitt II eingeführt und mittels Nutzenfunktionen abgebildet.

Falls eine der Vertragsparteien das Angebot ablehnt, erzielen beide Seiten einen Nutzen von Null. Ansonsten ergibt sich für den Käufer ein Payoff von:[5]

$$\pi_K = U_K(\theta) - P \ , \tag{4.1}$$

Der payoff π_K setzt sich zusammen aus dem Nutzen U_K, der durch das Gut mit der Qualität θ entsteht, abzüglich dem Preis P, der für den Erwerb aufgebracht werden muss.

und für den Verkäufer ein payoff von:

Der payoff π_V setzt sich zusammen aus dem Preis P, abzüglich dem Nutzen U_V, der durch das Gut mit der Qualität θ entsteht.

$$\pi_V = P - U_V(\theta) \ . \tag{4.2}$$

4.1.2 Baumaschinenmarkt

Im einfachsten Fall wird nur zwischen zwei verschiedenen Qualitäten bei der Baumaschine unterschieden, entweder handelt es sich um eine gute Qualität θ_G, oder um eine schlechte θ_S.

Des Weiteren ist dem Verkäufer wie oben erwähnt, nicht bekannt, um welche Qualität es sich bei dem Bagger handelt, lediglich die Verteilungsfunktion $F(\theta)$

4 Angelehnt an: BANNIER: Vertragstheorie, S 113.
5 Vgl.: a. a. O.

steht ihm zur Verfügung. In diesem Beispiel wird von einer diskreten Verteilung ausgegangen, dabei ergibt sich eine Eintrittswahrscheinlichkeit $p := \text{prob}\{\theta_G\}$ für eine gute Qualität. Daraus folgt die Restwahrscheinlichkeit für eine schlechte Qualität mit $1-p$.

Der Verkäufer ist in der Lage, die Qualität zu beurteilen und verlangt entsprechend dieser einen Preis von P_G für die gute Qualität oder einen Preis von P_S für die schlechte Qualität.

Als weitere Vereinfachung wird angenommen, dass sowohl Käufer als auch Verkäufer risikoneutral sind und den gleichen Nutzen aus dem Gut ziehen können, so dass $U_V(\theta) = \theta$ und $U_K(\theta) = \theta$ folgt. In anderen Worten: der Verkäufer und der Käufer beurteilen die Qualität der Maschine gleich.[6]

Ihre Payoffs für einen erfolgreichen Handelsabschluss vereinfachen sich zu:

$$\pi_K = \theta - P \quad \text{und} \quad \pi_V = P - \theta \ .$$

Könnte der Käufer die Qualität des Hydraulikbaggers beobachten, so wäre er bereit für einen guten Bagger den Preis von P_G zu bezahlen und für einen schlechten Bagger den Preis von P_S. Da der Käufer aber nicht die Qualität θ der einzelnen Baumaschinen kennt, sondern nur die Verteilung der Qualität, liegt seine beste Strategie darin, einen Durchschnittspreis zu bezahlen. Dieser kann mit Hilfe des Erwartungswertes errechnet werden, da die Eintrittswahrscheinlichkeit für die Zustände gut und schlecht so wie die jeweilige Zahlungsbereitschaft bekannt sind.[7,8]

Wird diese Strategie umgesetzt, so wird die Partizipationsbedingung des Käufers erfüllt, wenn der erwartete Payoff gleich Null ist:

$$E(\pi_K|F(\theta)) = E(\theta|F(\theta)) - P = 0 \ . \tag{4.3}$$

Der Erwartungswert $E(\theta|F(\theta))$ einer durchschnittlichen Baumaschine, abzüglich dem Preis P, ergibt einen Nutzen von 0.

Die durchschnittliche Qualität $\bar{\theta}$ eines Hydraulikbaggers liegt somit bei $E(\theta|F(\theta)) = \bar{\theta}$, mit $\theta_S < \bar{\theta} < \theta_G$.

Der rationale Verkäufer der Baumaschine ist jedoch nicht bereit, seinen Hydraulikbagger zu einem Preis zu verkaufen, der unter der Qualität des Baggers liegt. Der minimale Verkaufspreis ergibt sich durch:[9]

$$E(\pi_K|\theta) = P - \theta = 0 \quad \Rightarrow \quad P = \theta \tag{4.4}$$

Der Verkaufspreis P entspricht der Qualität θ der Baumaschine.

6 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 114.
7 Vgl.: NEUBÄUMER/HEWEL: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik, S 133.
8 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 114.
9 Vgl.: a. a. O.

Der Verkäufer eines Baggers mit guter Qualität, die einen Mindestpreis von P_G fordert, wird nicht bereit sein, die Maschinen für einen Durchschnittspreis von $\bar{P} < P_G$ zu verkaufen. Somit werden zu diesem Preis nur die Bagger mit schlechter Qualität angeboten. Der Käufer hingegen wird für einen Bagger mit schlechter Qualität nicht den durchschnittlichen Preis $\bar{P}$ zahlen, da dieser größer ist als der Preis P_S für einen schlechten Bagger. Entsprechend würde sich der Gleichgewichtspreis für diesen Baumaschinenmarkt bei einem Preisniveau von P_S einstellen.

Obwohl es Käufer gibt, die bereit sind, einen guten Hydraulikbagger zu einem entsprechend guten Preis zu kaufen und es Verkäufer gibt, die solch einen Bagger verkaufen würden, kommt es in diesem Beispiel zu keiner einzigen Transaktion mit einem guten Bagger. Denn durch die angenommene Informationsasymmetrie zwischen Verkäufer und Käufer verdrängen die Erzeugnisse mit geringer Qualität die qualitativ hochwertigen vom Markt. Es kommt somit zu einer negativen Auslese (adverse selection).[10]

4.1.3 Baumaschinenmarkt mit Zahlen

Um das obige Beispiel zu veranschaulichen und numerisch zu behandeln, werden den Variablen entsprechende Werte zugewiesen.

θ_G	Qualität eines guten Baggers	120.000	Eur
θ_S	Qualität eines schlechten Baggers	70.000	Eur
p_G	Eintrittswahrscheinlichkeit für eine gute Qualität	40	%
p_S	Eintrittswahrscheinlichkeit für eine schlechte Qualität	60	%
P_G	Verkaufspreis für einen guten Bagger	120.000	Eur
P_S	Verkaufspreis für einen schlechten Bagger	70.000	Eur

Der Käufer wie auch der Verkäufer sind bereit, einen guten Bagger für $P_G = 120.000$ zu handeln. Da jedoch von einer Informationsasymmetrie ausgegangen wird und der Käufer die Qualität des Hydraulikbaggers nicht bestimmen kann, ist er höchstens bereit einen durchschnittlichen Preis zu bezahlen. Dieser errechnet sich aus dem Erwartungswert:

$$\begin{aligned} E(\theta|F(\theta)) = \sum_i \theta_i \cdot p_i &= \theta_G \cdot p_G + \theta_S \cdot p_S \\ &= 120.000 \cdot 0{,}4 + 70.000 \cdot 0{,}6 \\ &= 90.000 \end{aligned}$$

10 Vgl.: NEUBÄUMER/HEWEL: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik, S 133.

Somit ergibt sich eine durchschnittliche Qualität $\bar{\theta}$ von 90.000. Der Käufer ist aufgrund der Unsicherheit über die Qualität der Baumaschine nur bereit, einen entsprechenden Durchschnittspreis zu bezahlen.

Wie zuvor erläutert kommt kein Handel mit den guten Hydraulikbaggern zustande, stattdessen werden nur Maschinen mit einer minderen Qualität gehandelt.

4.1.4 Erweiterung des Modells

Das Modell von AKERLOF lässt sich bezüglich der Eingangsparameter noch erweitern und somit lässt sich auch erklären, warum in der Praxis auch gute Hydraulikbagger gehandelt werden. Diesbezüglich werden nachfolgend einige Überlegungen angestellt, jedoch nicht mehr analytisch beschrieben.

Neben einer diskreten Verteilung kann auch eine stetige Verteilung angenommen werden, dadurch sind sämtliche Qualitäten θ in einem Intervall $[\theta_S,\theta_G]$ zu erreichen. Bei analoger Vorgehensweise wie im Beispiel, stellt sich eine durchschnittliche Qualität von $\bar{\theta}=\theta_S$ ein. Bei einer Gleichverteilung hat dies den vollständigen Marktzusammenbruch zur Folge.[11]

Liegen neben einer stetigen Verteilung auch noch unterschiedliche Nutzenfunktionen der Verkäufer und Käufer vor, so kann ein drittes Modell abgebildet werden. Hier ist der Käufer bereit, eine Qualitätsprämie zu zahlen. So kommt es dazu, dass nicht alle Baumaschinen gehandelt werden, jedoch bricht der Markt auch nicht vollkommen zusammen.[12]

In einem weiteren Modell wird davon ausgegangen, dass der Verkäufer selbst nicht genau die Qualität seiner Maschine einschätzen kann, jedoch schätzt er die Qualität besser als der Käufer ein. Auch in diesem Modell kommt es nicht zu einem vollständigen Marktversagen.[13]

Somit kann durch die Implementierung der unterschiedlichen Nutzenfunktionen von Käufer und Verkäufer gezeigt werden, dass es in der Praxis nicht zu einem Zusammenbruch des Marktes kommen wird. Die Präferenzen und Risikoeinstellungen der einzelnen Vertragsparteien spielen somit eine wesentliche Rolle bei der Geschäftsabwicklung.

11 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 115.
12 Vgl.: a. a. O., S 117.
13 Vgl.: a. a. O., S 118.

4.2 Einführung

Ähnlich der Herleitung des optimalen Vertrages unter moral hazard (hidden action) in Teil II lässt sich der optimale Vertrag bzw. ein *Menü an Verträgen* auch unter adverse selection (hidden information) behandeln.

Hier werden jene Auswirkungen betrachtet, die entstehen, wenn eine asymmetrische Informationsverteilung vor Vertragsabschluss vorliegt.

Dem Prinzipal fehlen Informationen, die dem Agenten bei seiner Entscheidung über den Arbeitseinsatz e zur Verfügung stehen. Der daraus resultierende Informationsvorsprung des Agenten kann sich aus unterschiedlichsten Elementen zusammensetzen. Beispielhaft seien einige Teile Aspekte angeführt:[14]

- *Begabung, Talent und Qualifikation*[15] können Eigenschaften des Agenten sein, die ex ante dem Prinzipal nicht bekannt waren.
- Der Reservationsnutzen des Agenten ist vom Prinzipal nicht erkennbar. So weiß der Prinzipal nicht, welchen Reservationsnutzen er für die Bestimmung des optimalen Vertrages zugrunde legen soll.[16]
- Der Agent und der Prinzipal besitzen eine Informationsasymmetrie über die Menge der Alternativen, die dem Agenten zur Auswahl stehen.[17]
- Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zufallsvariablen kann vom Agenten genauer bestimmt werden.[18]

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden diese unterschiedlichen Aspekte unter dem Begriff „Typ“ zusammengefasst.

4.2.1 Grundmodell

Der risikoneutrale Prinzipal bietet einem risikoaversen Agenten einen Vertrag mit der Entlohnung w an. Das Projektergebnis π hängt jedoch auch noch von dem zufälligen Einfluss θ_U aus der Menge der Umweltzustände Θ_U ab, so gilt für das Projektergebnis:

Das Projektergebnis π ist abhängig von dem gewählten Arbeitseinsatz e und dem eingetretenen Umweltzustand θ_U.

$$\pi = \pi(e, \theta_U) \; . \tag{4.5}$$

14 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 39 f..

15 SPREMANN, Klaus: Asymmetrische Information. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 60 1990, S 566.

16 Vgl.: CAILLAUD, Bernard/HERMALIN, Benjamin: The Use of an Agent in a Signalling Model. Journal of Economic Theory, Vol. 60 1993, S 90.

17 Vgl.: KIENER, Stefan: Die Principal-Agent-Theorie aus informationsökonomischer Sicht. Heidelberg: Physica-Verlag, 1990, S 204, S 90.

18 Vgl.: a. a. O., S 91.

Dabei sollte

$$\frac{\partial\pi(e,\theta_U)}{\partial e} \geq 0 \qquad \text{und} \qquad \frac{\partial^2\pi(e,\theta_U)}{\partial e^2} < 0\ , \qquad\qquad \forall\theta_U \in \Theta_U$$

gelten. Dies bedeutet, dass der Arbeitseinsatz das Ergebnis mit einer abnehmenden Rate verbessert.[19] (siehe Abschnitt 4.1.4)

Der Agent selbst kann nun einem von mehreren verschiedenen „Typen“ zugeordnet werden, wobei die Charakteristik des Agenten θ_C (ability, Typ, Produktivität, Eigenschaften des Agenten) aus der Menge aller möglichen Agenten-Typen Θ_C stammt.

Dadurch, dass der Prinzipal nur die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Qualifikationsmerkmale des Agenten kennt und dessen Typ nicht näher bestimmen kann, liegt hier der Ausgangspunkt von adverse selection. Denn neben dem Projektergebnis π fließt auch noch die angegebene Qualifikation $\hat{\theta}_C$ des Agenten in die Lohnfunktion w mit ein:

$$w = w(\pi,\theta_C)\ . \tag{4.6}$$

Das realisierte Projektergebnis π so wie der Typ θ_C des Agenten, stellen die allgemeine Bemessungsgrundlage für die Entlohnung w dar.

Analog wie im Abschnitt II können für den Prinzipal und den Agenten, Nutzenfunktionen angegeben werden.

Für den Prinzipal kann folgende Nutzenfunktion aufgestellt werden:

$$U_P = U_P(\pi,w)\ , \tag{4.7}$$

Die Nutzenfunktion U_P des Prinzipals wird vom Projektergebnis π und der Entlohnung w des Agenten beeinflusst.

und die Nutzenfunktion U_A des Agenten lautet:

$$U_A = U_A(w,e,\theta_C)\ . \tag{4.8}$$

Die Nutzenfunktion U_A des Agenten wird durch seine Entlohnung w, den Arbeitseinsatz e und seinen Typus θ_C beeinflusst.

Ebenso können die Zielfunktionen des Prinzipals und des Agenten wie in Abschnitt 2.2.5 angegeben werden.

Die Zielfunktion ZF_P des Prinzipals lautet demnach:

$$ZF_P = E\left[U_P(\pi,w)\right] = E\left[U_P(\pi(e,\theta_U), w(\pi(e,\theta_U),\theta_C))\right]\ . \tag{4.9}$$

Analog dazu lässt sich die Zielfunktion ZF_A für den Agenten aufstellen:

$$ZF_A = E\left[U(w,e)\right] = E\left[U_A(w(\pi(e,\theta_U)),e,\theta_C)\right]\ . \tag{4.10}$$

19 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 31.

Das allgemeine Maximierungsproblem des Prinzipals lautet somit:

$$\max_{(e,w)} E\left[U_P(\pi(e,\theta_U), w(\pi(e,\theta_U),\theta_C^*))\right] \ , \tag{4.11}$$

Zielfunktion des Prinzipals

unter den Nebenbedingungen:

$$E\left[U_A(w,e)\right] = E\left[U_A(w(\pi(e,\theta_U)), e, \theta_C)\right] \geq U_0 \qquad \forall \theta_C \in \Theta_C \ , \tag{4.12}$$

Der Agent nimmt den Vertrag nur dann an, wenn der Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_A größer oder gleich seinem Reservationsnutzen U_0 ist.

$$\theta_C^* \in \arg\max_{\theta_C} E\left[U_A(w(\pi(e,\theta_U)), e, \theta_C)\right] \qquad \forall \theta_C \in \Theta_C \ . \tag{4.13}$$

Gibt sich der Agent vom Typ θ^*, entsteht dem Agenten der größte Erwartungsnutzen E der Nutzenfunktion U_A.

4.2.2 Vereinfachtes Grundmodell

Um die Problematik des moral hazard zu vermeiden, seien die Handlungen und Entscheidungen e des Agenten nach Vertragsabschluss beobachtbar und verifizierbar.[20] Somit entfällt eine Beeinflussung des Projektergebnisses π durch den zufälligen Einfluss θ_U aus der Menge der Umweltzustände Θ_U und für das Projektergebnis gilt:

$$\pi = \pi(e) \ . \tag{4.14}$$

Das Projektergebnis π ist abhängig von dem gewählten Arbeitseinsatz e.

Dabei sollte

$$\pi'(e) > 0 \qquad \text{und} \qquad \pi''(e) < 0 \ ,$$

gelten, so dass die Funktion konkav ist.[21] Dies bedeutet, dass der Arbeitseinsatz das Ergebnis mit einer abnehmenden Rate verbessern.[22] Somit steigt das Projektergebnis aus dem Projekt mit höherem Arbeitseinsatz des Agenten.

Bei einer additiv separierbaren Nutzenfunktion gemäß Abschnitt 2.4.1, lässt sich die Gleichung (4.8) unter der Annahme, dass sich die einzelnen Typen lediglich durch ihren Nutzenverlust $V(e)$ unterscheiden, wie folgt darstellen:

$$U_A = U_A(w, e|k) = U(w) - k \cdot V(e) \ . \tag{4.15}$$

Wobei k einen Parameter darstellt, welcher den Nutzenverlust des Agenten ausdrückt. Jedem Typ θ_C eines Agenten ist genau ein Wert $k \in K \equiv [k_L, k_H]$ zugeord-

20 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 120.
21 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 106.
22 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 31.

net.[23] Es gilt: $k_L \leq k \leq k_H$.

Nur der Agent selbst weiß, welchen Typus er besitzt und somit wie sein Nutzenverlust durch den Arbeitseinsatz aussieht. Die Eigenschaften des Agenten, die durch die Zufallsvariable θ_C bzw. durch den Parameter k abgebildet werden, sind dem Prinzipal nur unvollständig bekannt, d.h. der Prinzipal kennt nur die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Qualifikationsmerkmale.[24] Diese Annahme wird durch die Verteilungsfunktion $F(k) \in [0,1]$ beschrieben[25]:

$$F(k) = \text{prob}\{\theta_C = k\} \qquad \text{mit} \qquad \forall k \in K \,. \tag{4.16}$$

Die dazugehörige Dichtefunktion lautet:

$$f(k) = F'(k) \qquad \text{mit} \qquad f(k) > 0 \quad \forall k \in K \,. \tag{4.17}$$

Durch den funktionalen Zusammenhang $\pi(e)$ und den Typ des Agenten kann dieser seine Erfolgsbemessungsgrundlage beeinflussen, indem er sich als ein anderer Agent ausgibt und so den Lohn w bekommt, der für einen anderen Typen von Agent konzipiert wurde.

23 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 127, *k is a parameter that measures the disutility of efford.*.
24 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 108.
25 Im weiteren Verlauf dieses Kapitels wird mit einer stetigen Verteilung gerechnet, jedoch sind sämtliche Überlegungen auch für eine diskrete Verteilung der Agenten möglich.

4.3 Der optimale Vertrag

Wie bereits in Abschnitt 1.3.3 erwähnt, kann auf die Notation der Spieltheorie zurückgegriffen werden. In vereinfachter Weise wird somit der Vertragsablauf wie folgt dargestellt werden:

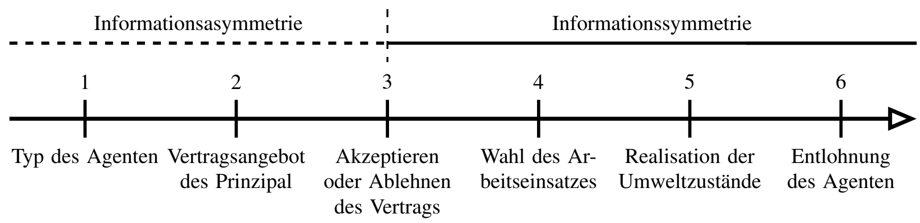

Abbildung 4.1: Zeitliche Struktur im Hidden-Information-Fall (in Anlehnung an KLEINE [26])

In Worten:[27]

1. Gemäß einer Verteilung wird der Typ des Agenten festgelegt. Der Prinzipal kennt die Nutzenfunktion des Agenten nicht, jedoch ist ihm eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der unterschiedlichen Funktionstypen bekannt.
2. Der Prinzipal offeriert dem Agenten einen Vertrag bzw. ein Vertragsdesign.
3. Der Agent kann einen angebotenen Vertrag akzeptieren oder ablehnen.
4. Hat der Agent einen Vertrag angenommen, so wählt er, basierend auf der konkreten Ausgestaltung des Vertrages, seinen optimalen Arbeitseinsatz. Der Annahme gemäß kann dieses vom Prinzipal beobachtet bzw. gegenüber Dritten verifiziert werden.
5. Nach Aufnahme der Arbeit treten entsprechende Umweltzustände θ_U ein. Die Realisierung der Zufallsvariablen ist für den Prinzipal ebenfalls nachvollziehbar, da ab Annahme des Vertrages von einer Informationssymmetrie ausgegangen wird.
6. Entsprechend des Arbeitseinsatzes des Agenten wird das Projektergebnis realisiert. Der Prinzipal kann dieses Ergebnis, den Arbeitseinsatz und den Umweltzustand beobachten und zahlt den dafür vereinbarten Lohn an den Agenten.

26 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, Abbildung 2.6, S 41

27 Angelehnt an: RASMUSEN, Eric: Games and Information: An Introduction to Game Theory. 3. Auflage. Malden, Mass. [u.a.]: Blackwell, 2004, S 212.

4.3.1 First-Best Solution

Ähnlich wie im hidden action Fall (siehe Abschnitt 2.5.2) ist auch hier die beste Ausgangssituation für den Prinzipal jene, bei der er den Typen des Agenten feststellen kann (Informationssymmetrie). Demzufolge muss der Prinzipal nur sein Maximierungsproblem

Das maximale Projektergebnis setzt sich aus dem optimalen Projekterfolg π, welcher abhängig vom Arbeitseinsatz e des Agenten ist, abzüglich den vertraglich vereinbarten Lohnzahlung w zusammen.

$$\max_{e,w} \pi(e) - w \,, \tag{4.18}$$

unter der Nebenbedingung der Partizipation des Agenten

Der Agent i nimmt den Vertrag an, wenn es einen Arbeitseinsatz e gibt, bei dem die Nutzenfunktion U_P abzüglich seinem Nutzenverlust $V(e)$ größer oder gleich seinem Reservationsnutzen U_0 ist.

$$U(w) - k_i \cdot V(e) \geq U_0 \,. \tag{4.19}$$

lösen. Mit Hilfe der LAGRANGE-Funktion kann der Prinzipal einen Vertrag (e^*, w^*) finden, bei dem sein Nutzen und der des Agenten maximiert werden:

$$\begin{aligned} L =& \pi(e) - w \\ &+ \lambda[U(w) - k_i \cdot V(e) - U_0] \,. \end{aligned} \tag{4.20}$$

Die erste Zeile enthält das Optimierungsproblem (4.18) des Prinzipals, die zweite Zeile die Partizipationsbedingung (4.19) mit ihrem LAGRANGE-Multiplikator λ. Um den optimalen Vertrag für den gegebenen Arbeitseinsatz e^* und den Lohn w^* zu bestimmen, wird die Funktion partiell nach e und w abgeleitet:

$$\frac{\partial L}{\partial e} = \pi'(e) - \lambda \cdot k_i \cdot V'(e) = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{\pi'(e)}{k_i \cdot V'(e)}$$

und

$$\frac{\partial L}{\partial w} = -1 + \lambda \cdot U'(w) = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda = \frac{1}{U'(w)} \,.$$

Der optimale Vertrag für den Agenten vom Typ i (e_i^*, w_i^*) ist somit durch folgende Gleichungen charakterisiert:

$$\pi'(e_i^*) = \frac{k_i \cdot V'(e_i^*)}{U'(w_i^*)} \,, \tag{4.21}$$

$$U(w_i^*) - k_i \cdot V(e_i^*) = U_0 \,. \tag{4.22}$$

Die Gleichung (4.21) stellt die *Effizienzbedingung* oder *efficiency condition* dar, die sich aus der Nutzenmaximierung des Prinzipals ergibt. Sie verlangt, dass die Grenzrate der Substitution des Arbeitseinsatzes e und der Entlohnung w für den

Agenten des Typs i und dem Prinzipal gleich sein müssen. Die Gleichung (4.22) beschreibt die Partizipationsbedingung für den Agenten des Typs i.[28,29]

Ist der Agent vom Typ j, wobei gilt, dass $k_i < k_j$ ist, so basiert der optimale Vertrag (e_j^*, w_j^*) auf folgenden Gleichungen:

$$\pi'(e_j^*) = \frac{k_j \cdot V'(e_j^*)}{U'(w_j^*)} \,, \tag{4.23}$$

$$U(w_j^*) - k_j \cdot V(e_j^*) = U_0 \,. \tag{4.24}$$

Im direkten Vergleich der beiden Verträge, wird ersichtlich, dass es optimaler für den Prinzipal ist, von jenem Agenten mehr Arbeitseinsatz e zu verlangen, bei dem der Nutzenverlust $k{\cdot}V(e)$ nicht soviel kostet. In diesem Fall bedeutet dies $e_i^* > e_j^*$.[30]

Bei den Löhnen w können nicht so einfach Rückschlüsse gezogen werden, da zwei unterschiedliche Effekte wirken. Einerseits kostet ein bestimmter Arbeitseinsatz einem Agenten vom Typ j mehr als einem vom Typ i, wodurch bei einem gegebenen Arbeitseinsatz dem Agenten vom Typ j ein höherer Lohn gezahlt werden muss, damit dieser partizipiert. Auf der anderen Seite verlangt der Prinzipal vom Typ j jedoch weniger Arbeitseinsatz als einer vom Typ i für den gleichen Nutzenverlust, so dass der Agent vom Typ i Anspruch auf einen höheren Lohn hat.[31]

Die oben angeführten Verträge (e_i^*, w_i^*) und (e_j^*, w_j^*) sind für den Prinzipal nur dann optimal, wenn keine asymmetrische Information vorliegt und er so den Typen des Agenten eindeutig identifizieren kann.

Kann der Prinzipal jedoch nicht auf diese Informationen zurückgreifen (Informationsasymmetrie), bietet aber dem Agenten die hergeleiteten Verträge an, so wird sich der Agent vom Typ i für einen Vertrag, der für den Typ j konzipiert wurde entscheiden und nicht für jenen Vertrag, der für ihn gestaltet wurde.

Ursache dafür ist, dass der Vertrag (e_j^*, w_j^*) dem Agenten vom Typ j gerade seinen Reservationsnutzen U_0 liefert, jedoch für Typ i aufgrund seines geringeren Nutzenverlustes bei einem Arbeitseinsatz von e_j^* einen höheren Nutzen als U_0 bringt. Der Agent von Typ i stellt sich somit besser als unter der Wahl des für ihn konzipierten Vertrages (e_i^*, w_i^*), der ihm lediglich seinen Reservationsnutzen einbringt.[32]

Somit gilt:

28 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 107.
29 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 122.
30 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 107.
31 Vgl.: a. a. O., S 108.
32 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 123.

> *..., symmetric information contracts are not optimal under asymmetric information.*[33]

4.3.2 Self Selection

Der optimale Vertrag unter Informationsasymmetrie bei hidden information muss somit auf eine andere Art und Weise ermittelt werden, ansonsten bleiben dem Prinzipal die wahren Eigenschaften des Agenten verborgen. Jedoch kann der Prinzipal den Agenten durch einen geeigneten Vertrag zur Offenlegung seiner Qualifikationen motivieren.[34]

Das Vertragsangebot des Prinzipals enthält ein Menü an Verträgen, aus denen der Agent einen Vertrag auswählt. Durch die Auswahl eines bestimmten Vertrages, die sogenannte *self selection*[35], offenbart der Agent seine Charakteristika.[36]

Das optimale Menü der Verträge muss nun so gestaltet werden, dass nicht nur jeder der Agenten bereit ist, den für ihn konzipierten Vertrag anzunehmen, sondern zusätzlich gerade den für ihn vorgesehenen Vertrag auswählt und nicht etwa einen anderen.[37]

4.3.3 Second-Best Solution

Bietet der Prinzipal dem Agenten vom Typ i [38] ein Menü von Verträgen an, so muss er sichergehen, dass der Agent jenen Vertrag, bestehend aus zwei Funktionen:

$$(e(k), w(k)) \qquad \forall k \in K \;, \tag{4.25}$$

Der Vertrag besteht aus einem Arbeitseinsatz e, abhängig vom Typ des Agenten und einer Entlohnungsfunktion w, ebenso vom Typ des Agenten abhängig.

wählt, der für ihn bestimmt ist und sich nicht als Typ j ausgibt und den Vertrag $(e(k_j), w(k_j))$ unterzeichnet.

Um dies zu gewährleisten muss neben der Partizipationsbedingung (4.19) auch die Anreizkompatibilitätsbedingung erfüllt sein, dies bedeutet:

$$U(w(k)) - k \cdot V(e(k)) \geq U(w(k_j)) - k \cdot V(e(k_j)) \qquad \forall k, k_j \in K \tag{4.26}$$

Der Nutzen des Agenten, wenn er seine wahre Natur offenbart ist größer oder gleich dem Nutzen, den er durch eine falsche Typenangabe erhält.

33 MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 108.
34 Vgl.: MYERSON, Roger B.: Incentive Compatibility and the Bargaining Problem. Econometrica, Vol. 47 Jan. 1979, S 66 ff..
35 Vgl.: ARROW: Principal and Agents: The Structure of Business, S 42.
36 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 42.
37 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 123.
38 Zur Vereinfachung wird der Parameter k_i für den Agenten vom Typ i als k bezeichnet. Gibt sich der Agent als ein anderer Typ aus so wird dieser Parameter fortan mit k_j bezeichnet.

Diese Gleichung (4.26) ist äquivalent zur Nebenbedingung (4.13) und kann somit umgeformt werden zu:

$$k \in \arg\max_{k} U(w(k_j)) - k \cdot V(e(k_j)) \qquad \forall k \in K \ .$$

Diese Bedingung wird auch als *self-selection constraint*[39], *truth telling condition*[40] oder *Selbst-Selektionsbedingung*[41] bezeichnet, da sie sicherstellt, dass der Agent vom Typ i keinen Anreiz hat, einen Typ j vorzutäuschen.

Wenn der Agent zwischen der Angabe einer wahren und falschen Information indifferent ist, so entscheidet er sich für die Mitteilung der wahren Qualifikation. Dies ist plausibel, da beim Vortäuschen von falschen Tatsachen negative Konsequenzen folgen können, die nicht in diesem Modell berücksichtigt werden.[42]

Bei asymmetrischer Informationsverteilung folgt unter den obigen Annahmen, dass das Maximierungsproblem (4.11) sowie die zugehörigen Nebenbedingungen (4.12) und (4.13) wie folgt dargestellt werden:

$$\max_{(e(k),\,w(k))} \int_K [\pi(e(k)) - w(k)] \cdot f(k)\,\mathrm{d}k \ , \tag{4.27}$$

Zielfunktion des Prinzipals

unter den Nebenbedingungen:

$$U(w(k)) - k \cdot V(e(k)) \geq U_0 \qquad \forall k \in K \ , \tag{4.28}$$

Partizipationsbedingung (PC)

$$k \in \arg\max_{k} U(w(k_j)) - k \cdot V(e(k_j)) \qquad \forall k \in K \ . \tag{4.29}$$

Selbst-Selektionsbedingung (SSC)

39 Vgl.: RASMUSEN: Games and Information: An Introduction to Game Theory, S 213.
40 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 111.
41 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 124.
42 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 111.

4.4 Modelltheoretische Annahmen

Für die Formulierung eines optimalen Vertrags zur analytischen Lösung des adverse selection Problems bedarf es weiterer modelltheoretische Annahmen.

4.4.1 Spence-Mirrlees Condition

Die *Spence-Mirrlees Bedingung* oder auch *single-crossing condition* gilt genau dann, wenn die Grenzrate der Substitution zwischen Arbeitseinsatz e und Lohn w je nach Effizienz des Agenten-Typ steigt. Je effizienter ein Agent ist, desto geringer muss der gebotene Lohn für diesen Typ von Agent sein, um ihn zu einem bestimmten Arbeitseinsatz zu bewegen. Die *Indifferenzkurven* der Agenten dürfen sich nur einmal schneiden, was dazu führt, dass jeder Agenten-Typ mit einem Lohn in Verbindung gebracht werden kann.[43]

Formal bedeutet dies:

$$\frac{\partial}{\partial k}\left(\frac{\partial U_A/\partial e}{\partial U_A/\partial w}\right) < 0 \quad \text{mit} \quad U_A = U_A(w,e|k)\ . \tag{4.30}$$

Grafisch ist in Abbildung 4.2 jeweils eine Indifferenzkurve eines Agenten des Typ i mit einem geringen Nutzenverlust und eines Agenten des Typs j mit einem höheren Nutzenverlust abgebildet. Sie zeigen unterschiedliche Nutzenniveaus, da bei der Kombination $(\hat{w},\hat{e})$ für den Typ j höhere Nutzenverluste anfallen. Diese Indifferenzkurven schneiden sich genau einmal und im Schnittpunkt ist die Steigung der Indifferenzkurve des Agenten vom Typ i niedriger.[44]

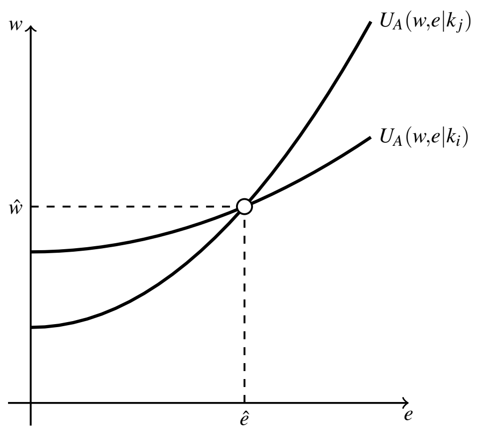

Abbildung 4.2: Single Crossing Indifferenzkurven (in Anlehnung an MAS-COLELL[45])

43 Vgl.: Fußnote 2: BANNIER: Vertragstheorie, S 150.
44 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 22.
45 Vgl.: MAS-COLELL, Andreu/WHINSTON, Michael D./GREEN, Jerry R.: Microeconomic Theory. New York, NY [u.a.]: Ox, 1995, Figure 13.C.3, S 453

4.4.2 Implementable Mechanisms

Das Problem des Prinzipals lässt sich in zwei Teile aufteilen. Erstens muss für jede Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$, die der Agent benutzen soll, einen Entlohnungsfunktion $w(k)$ gefunden werden, die sicherstellt, dass jeder Typ von Agent tatsächlich den für ihn vorgesehenen Vertrag $(e(k), w(k))$ unterschreibt. Zweitens muss der Prinzipal aus allen Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$, denen eine entsprechende Entlohnungsfunktion $w(k)$ zugeordnet werden kann, jene auswählen, die seinen Nutzen maximiert.[46]

Kann bei einer Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$ eine Entlohnungsfunktion $w(k)$ zugeordnet werden, so ist die Funktion $e(k)$ implementierbar (*implementable*[47]) und das daraus resultierende Menü an Verträgen $\{(e(k), w(k)) | k \in K\}$ wird als autoselektiv bezeichnet.[48]

Der einzige Weg, wie ein Prinzipal solch eine spezielle Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$ implementieren kann, folgt durch die Erfüllung der Bedingung:

$$\frac{\mathrm{d}e}{\mathrm{d}k} \leq 0 \qquad \forall k \in K\ . \tag{4.31}$$

Was nichts anderes bedeutet, als dass die Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$ auf jene begrenzt werden kann, die mit der Qualifikation des Agenten steigen.

4.4.3 Partizipationsbedingungen der Agenten

Die einzige Partizipationsbedingung, die der Prinzipal berücksichtigen muss ist jene des am wenigsten effizienten Agenten, der somit den größten Nutzenverlust k_H aufweist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass wenn die Partizipationsbedingung (4.28) für einen Agenten des Typs k_H erfüllt ist, das automatisch für alle anderen Agenten-Typen ebenso zutrifft:[49]

$$\begin{aligned} U(w(k)) - k \cdot V(e(k)) &\geq U(w(k_H)) - k \cdot V(e(k_H)) \\ &\geq U(w(k_H)) - k_H \cdot V(e(k_H)) \geq U_0\ . \end{aligned}$$

46 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 129.
47 Vgl.: GUESNERIE, Roger/LAFFONT, Jean-Jacques: A Complete Solution to a Class of Principal-Agent Problems with Application to the Control of a Self-Managed Firm. Journal of Public Economics, Vol. 25 1984, S 333 ff..
48 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 136.
49 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 124.

4.4.4 Indirekte Nutzenfunktionen

Die Anreizkompatibilitätsbedingung oder auch Selbst-Selektionsbedingung (4.29) kann in eine *indirekte Nutzenfunktion* des Agenten $I(k)$ transformiert werden:[50]

$$I(k) \equiv \max_{k_j} U(w(k_j)) - k \cdot V(e(k_j)) = U(w(k)) - k \cdot V(e(k)) \; . \tag{4.32}$$

Die Funktion $I(k)$ misst den Nutzen, den ein Agent vom Typ i aus dem Vertrag erhält.

Aus der Definition von $I(k)$ und dem *Umhüllungssatz*[51] folgt für die Ableitung von $I(k)$ nach k, ohne dem Einfluss von k auf $e(k)$ und $w(k)$:

$$\frac{\mathrm{d}I(k)}{\mathrm{d}k} = -V(e(k)) \; .$$

Folglich kann $I(k)$ auch als Integral $\mathrm{d}I(x)/\mathrm{d}x$ von k_H nach k angeschrieben werden:

$$I(k) = I(k_H) + \int_{k_H}^{k} \frac{\mathrm{d}I(x)}{\mathrm{d}x}\,\mathrm{d}x = I(k_H) + \int_{k}^{k_H} V(e(k))\,\mathrm{d}x \; . \tag{4.33}$$

Aus der Gleichung (4.33) und der Annahme im Abschnitt 4.4.3 lässt sich zeigen, dass für einen Agenten vom Typ k_H der indirekte Nutzen $I(k_H)$ gleich dem Reservationsnutzen U_0 entspricht. Wäre diese Bedingung nicht erfüllt, so könnte der Prinzipal den Lohn $w(k_H)$ solange reduzieren, bis sie erfüllt wird. Dies hätte ebenso eine positive Auswirkung auf das Nutzenniveau $I(k)$ der anderen Agenten und auch ihr Lohn kann reduziert werden. Es gilt:[52]

$$I(k) = U(w(k)) - k \cdot V(e(k)) = U_0 + \int_{k}^{k_H} V(e(k))\,\mathrm{d}x \; . \tag{4.34}$$

4.4.5 Informational Rent

Der letzte Term der Gleichung (4.34)

$$\int_{k}^{k_H} V(e(k))\,\mathrm{d}x \; , \tag{4.35}$$

wird als *Informationsrente* (*informational rent*) des Agenten vom Typ i bezeichnet.

50 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 136.
51 Eine Definition des Umhüllungssatzes (Envelope Theorem) findet sich im Anhang unter V
52 Vgl.: a. a. O., S 130.

Diese Informationsrente drückt aus, dass der Agent vom Typ i aufgrund seines Informationsvorsprungs gegenüber dem Prinzipal ein Nutzenniveau erreicht, welches über seinem Reservationsnutzen liegt.[53]

Der Prinzipal muss somit dem Agenten vom Typ i einen Lohnvorschlag machen, damit die Anreizkompatibilitätsbedingung für eine gegebene Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$ hält:

Der Nutzen des Agenten aus dem Lohn muss gleich der Summe aus dem Nutzenverlust, dem Reservationsnutzen und der Informationsrente sein.

$$U(w(k)) = k \cdot V(e(k)) + \int_k^{k_H} V(e(k))\,\mathrm{d}x + U_0 \,. \tag{4.36}$$

4.5 Vereinfachtes Modell und dessen Bedeutung

4.5.1 Vereinfachtes Modell

Ist die Funktion des Arbeitseinsatzes $e(k)$ implementierbar, werden sich die Löhne gemäß der Gleichung (4.36) verhalten. Wie im Abschnitt 4.4.2 mit der Gleichung (4.31) beschrieben, ist die Funktion $e(k)$ implementierbar, wenn sie in k monoton fällt. Wird diese Bedingung erfüllt, so ist die Gleichung (4.29) äquivalent zur Gleichung (4.36). Ebenso die Partizipationsbedingung (4.28), welche in dieser Form nur für den Agenten vom Typ $k = k_H$ gilt, ist bereits in der Gleichung (4.36) impliziert.[54]

So kann unter den modelltheoretischen Annahmen aus Abschnitt 2.3.2 das Maximierungsproblem des Prinzipals wie folgt angeschrieben werden:

$$\max_{(e(k),w(k))} \int_K [\pi(e(k)) - w(k)] \cdot f(k)\,\mathrm{d}k \,, \tag{4.37}$$

unter den Nebenbedingungen:

$$U(w(k)) = k \cdot V(e(k)) + \int_k^{k_H} V(e(k))\,\mathrm{d}x + U_0 \,, \tag{4.38}$$

$$\frac{\mathrm{d}e(k)}{\mathrm{d}k} \leq 0 \,. \tag{4.39}$$

53 Vgl.: Bannier: Vertragstheorie, S 126.
54 Vgl.: Macho-Stadler/Perez-Castrillo: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 130.

4.5.2 Rückschlüsse aus dem Modell

Aus diesem Maximierungsproblem können folgende Schlüsse gezogen werden:

Je effizienter ein Agent arbeitet, das bedeutet je geringer sein Parameter k ist, desto größer ist der Arbeitseinsatz e, den der Prinzipal von ihm verlangt.

Die Entlohnung $w(k)$ muss neben dem Reservationsnutzen U_0 auch noch den Nutzenverlust $V(e)$ des Agenten abdecken. Ebenso muss die Entlohnungsfunktion gewährleisten, dass der Lohn bei steigender Effektivität des Agenten ebenso steigt. Neben diesen Bedingungen muss eine größere Effektivität mit einer größeren Informationsrente korrelieren.[55]

Die Partizipationsbedingung bindet nur jenen Agenten mit dem größten Nutzenverlust, wie in Abschnitt 4.4.3 erläutert wird.

Das optimale Menü an Verträgen bindet den effizientesten Agenten (*no distortion at the top*). Es impliziert, dass der einzig effiziente und für den Prinzipal nutzenmaximierende Vertrag auf jenen Agenten mit dem geringsten Nutzenverlusten ausgelegt ist. Der Vertrag für den effizientesten Agenten-Typ ist nicht verzerrt, da kein anderer Typ von Agent sich für ihn ausgeben möchte. Ansonsten müsste er nämlich einen höheren Arbeitseinsatz erbringen.[56]

Der Vertrag für einen ineffizienten Agenten wird hingegen verzerrt abgebildet. Dies dient dazu, den Vertrag $(e(k_j), w(k_j))$ für den Agenten vom Typ i weniger attraktiv zu machen. Somit verlangt der Prinzipal von allen ineffizienteren Agenten einen geringeren Arbeitseinsatz und verliert so an Effizienz, wenn er einen Vertrag mit dem Agenten vom Typ j abschließt. Jedoch minimiert er dabei die Informationsrente, die er dem Agenten vom Typ i zahlen muss. Das optimale Menü an Verträgen minimiert somit diesen Tradeoff.[57]

4.6 Literaturhinweise zu Kapitel 4

Wie bereits am Beginn des Kapitels erwähnt, stellt der Aufsatz von AKERLOF (1970) einen sehr wichtigen Beitrag zu dieser Thematik dar.

Die Grundidee selbst wird in MACHO-STADLER / PEREZ-CASTRILLO (2001) als auch in BANNIER (2005) gut dargestellt, wobei beide Werke bezüglich Hidden-Information denselben Aufbau besitzen.

55 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 131.
56 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 126.
57 Vgl.: a. a. O., S 127.

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement
TU Graz

5 Beispiel für Hidden Information

Im nachfolgendem Beispiel werden die zuvor beschriebenen Ansätze, Annahmen und Überlegungen in ein numerisches Beispiel übergeführt und die diskrete Modellformulierung näher behandelt. Diese Aufgabe ist als Ergänzung zum Beispiel aus Kapitel 2.5.4 zu sehen.

5.1 Einführung in das Beispiel

5.1.1 Angabe

Ein risikoneutraler Auftraggeber (Investor, Prinzipal) plant den Abbau von Mineralien. Um dies bewerkstelligen zu können, möchte er einen risikoaversen Auftragnehmer (Agent) mit Erkundungsbohrungen beauftragten. Es wird davon ausgegangen, dass bereits ein Auftragnehmer für die Ausführung der Tätigkeit ausgewählt wurde, diesem aber noch ein genaues Vertragsangebot unterbreitet werden muss.

Der Auftraggeber kann den Arbeitseinsatz (*effort*) $e \in E$ des Auftragnehmers nachprüfen und gegenüber Dritten verifizieren. Jedoch weiß er nicht, über welche Qualifikation der Auftragnehmer verfügt. Vereinfacht treten nur zwei Typen θ_C von Auftragnehmern auf. Einerseits gibt es den „guten“ Typ θ_G, mit einer hohen Qualifikation und anderseits gibt es den „schlechten“ Typ θ_S, mit einer niedrigen Qualifikation. Die qualitative Benennung mit gut oder schlecht ist darauf zurückzuführen, dass der Auftraggeber für den selben Arbeitseinsatz e dem Auftragnehmer vom Typ θ_G einen geringeren Lohn als dem Typ θ_S zahlen muss.

Die beiden Typen von Auftragnehmern unterscheiden sich lediglich in ihrem unterschiedlichen Nutzenverlust und ihren Reservationsnutzen. Die Nutzenfunktionen für die risikoaversen Agenten lautet:

$$U_G(w,e) = U(w) - k_G \cdot V(e) = \sqrt{w} - k_G \cdot 0{,}01(225+e)^2 \,, \tag{5.1}$$

$$U_S(w,e) = U(w) - k_S \cdot V(e) = \sqrt{w} - k_S \cdot 0{,}01(225+e)^2 \,. \tag{5.2}$$

Der Auftraggeber, dem der Typ des Auftragnehmers unbekannt ist, kennt jedoch die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Qualifikationsmerkmale, so tritt ein Auftragnehmer des Typs θ_G mit der Wahrscheinlichkeit von q auf.

Der Auftragnehmer kennt hingegen seinen Typ, dieser wird durch den Parameter k_G oder k_S ausgedrückt. Es gilt: $k_G < k_S$, was nichts anderes bedeutet, als dass ein

Auftragnehmer vom Typ θ_G den gleichen Arbeitseinsatz e geringere Nutzenverluste erleidet als ein Auftragnehmer vom Typ θ_S.

Für die Erkundungsbohrungen gelten die gleichen Angaben wie beim Beispiel aus Abschnitt 3.1.1.

Da nach Unterzeichnung des Vertrages auch der Auftraggeber den eingetretenen Umweltzustand $\theta_U \in \Theta_U$ beobachten kann, können sich zwar unterschiedliche Projektergebnisse π_i aus der Menge $\Pi := \{\pi_i \in [\pi_L, \pi_H]\}$ einstellen, jedoch weiß der Auftraggeber, welcher Umweltzustand dem Projektergebnis zuzuordnen ist.

Aus den oben genannten Angaben folgt für den Prinzipal folgende allgemeine Nutzenfunktion:[1]

$$U_P(\pi, w) = \pi(e) - w \; . \tag{5.3}$$

Der Agent nimmt den Vertrag wiederum nur an, wenn sein erwartetes Nutzenniveau mindestens über seinem Reservationsnutzen U_0 liegt. Wobei der Agent vom Typ θ_G hier einen höheren Reservationsnutzen $U_{0,G}$ besitzt als der Agent vom Typ θ_S.[2]

5.1.2 Zahlenwerte für das Beispiel

Um das Beispiel numerisch zu behandeln, werden den Variablen entsprechende Werte zugewiesen.[3]

e_L	Niedrigster Arbeitseinsatz	40	NE
$e_{M,1}$	Mittlerer Arbeitseinsatz 1	45	NE
$e_{M,2}$	Mittlerer Arbeitseinsatz 2	50	NE
$e_{M,3}$	Mittlerer Arbeitseinsatz 3	55	NE
e_H	Höchster Arbeitseinsatz	60	NE
k_S	Parameter für den schlechten Agenten	1,0	–
k_G	Parameter für den guten Agenten[4]	0,9	–
q	Eintrittswahrscheinlichkeit für den guten Agenten	30	%
$U_{0,S}$	Reservationsnutzen des schlechten Agenten	250	NE
$U_{0,G}$	Reservationsnutzen des guten Agenten	300	NE

1 Vgl.: Abschnitt 4.2.2 Gleichung (4.14)

2 Dieser Umstand kann dadurch begründet werden, dass es dem Agenten vom Typ θ_G am Markt leichter fällt Aufträge zu akquirieren und dementsprechend sein outside option höher sind.

3 Entgegen dem Beispiel 2.5.4 werden hier zusätzliche Arbeitseinsätze hinzugefügt, um das Ergebnis anschaulich darstellen zu können.

4 $k_G = 0{,}9$ bedeutet, dass der Agent vom Typ θ_G den Arbeitseinsatz um 10% günstiger erbringen kann als jener Agent vom Typ θ_S.

5.2 First-Best-Lösung bei Informationssymmetrie

Herrscht eine Informationssymmetrie, so kann der Prinzipal feststellen, von welchem Typ der Agent ist und legt für jeden Typ die entsprechende Entlohnung fest.

Somit ist der Auftragnehmer gezwungen, den von ihm geforderte Arbeitseinsatz $e \in [e_L, e_H]$ entsprechend seines Typs zu liefern. Einzig und allein die Möglichkeit, den Vertrag abzulehnen liegt in der Hand des Agenten. Somit wird zur Berechnung nur die Partizipationsbedingung (4.19) herangezogen.

5.2.1 Lösung unter First-Best

Der Investor muss für einen optimalen Vertrag seine Nutzenfunktion (4.18) unter der Nebenbedingung der Partizipation (4.19) des Agenten maximieren. Dieser Vorgang wurde bereits im Abschnitt 4.3.1 durchgeführt und ergab die allgemeine Lösung des optimalen Vertrages für den Agenten vom Typ θ_G (e_G^*, w_G^*):[5,6]

$$\pi'(e_G^*) = \frac{k_G \cdot V'(e_G^*)}{U'(w_G^*)} \ , \tag{5.4}$$

$$U(w_G^*) - k_G \cdot V(e_G^*) = U_{0,G} \ . \tag{5.5}$$

Ist der Agent vom Typ θ_S, so basiert der optimale Vertrag (e_S^*, w_S^*) auf folgenden Gleichungen:[7,8]

$$\pi'(e_S^*) = \frac{k_S \cdot V'(e_S^*)}{U'(w_S^*)} \ , \tag{5.6}$$

$$U(w_S^*) - k_S \cdot V(e_S^*) = U_{0,S} \ . \tag{5.7}$$

5 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 122.
6 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 107.
7 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 122.
8 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 107.

5.2.2 First-Best mit Zahlen

Nach dieser allgemeinen Betrachtung lässt sich dieses Beispiel für den Fall von Informationssymmetrie auswerten. Dazu muss das Gleichungssystem (5.4) und (5.5) für den Vertrag des guten Agenten gelöst werden:

$$\pi'(e_G^*) = \frac{k_G \cdot V'(e_G^*)}{U'(w_G^*)} = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}02(225 + e_G^*)}{\frac{1}{2 \cdot \sqrt{w_G^*}}} = 0{,}36 \cdot (225 + e_G^*) \cdot \sqrt{w_G^*}\ ,$$
$$U(w_G^*) - k_G \cdot V(e_G^*) = U_{0,G} = \sqrt{w_G^*} - 0{,}9 \cdot 0{,}01(225 + e_G^*)^2 = 300\ .$$

Nach Lösen dieses Gleichungssystem, ergibt sich der optimale Vertrag:[9]

$$(e_G^*, w_G^*) = (60, 1.063.013)\ .$$

Analog dazu lässt sich das System des Agenten vom Typ θ_S lösen, hier lautet der optimale Vertrag:

$$(e_S^*, w_S^*) = (50, 1.012.539)\ .$$

Diese Ergebnisse können auch unter Zuhilfenahme der Ansätze aus der First-Best Lösung im hidden action Beispiel (siehe Abschnitt 3.1.3) ermittelt werden, da es sich um die gleiche Problemstellung handelt, lediglich muss die Berechnung zweimal durchgeführt werden, da es nun zwei unterschiedliche Typen von Agenten gibt.[10]

Tabelle 5.1: Erzielbare Ergebnisse bei symmetrischer Informationsverteilung in Abhängigkeit von Typ des Agenten

e	π_i	w_S	$E(U_P)_S$	w_G	$E(U_P)_G$
40	1.035.738	906.780	128.957	868.671	167.067
45	1.123.813	958.441	165.372	914.127	209.685
50	1.195.589	1.012.539	**183.050**	961.625	233.963
55	1.233.906	1.069.156	164.750	1.011.231	222.675
60	1.299.963	1.128.375	171.587	1.063.013	**236.950**

Ebenso ersichtlich aus der Tabelle 5.1 ist, dass es für den Prinzipal, der mit dem Agenten vom Typ θ_S verhandelt, optimaler ist, einen geringeren Arbeitseinsatz zu fordern als maximal möglich wäre.

9 Die Lösung dieses Gleichungssystems erfolgt mit dem Mathematiksoftwarepaket *Mathematica*.
10 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 114.

5.2.3 First-Best Conclusio

Der Prinzipal kann im First-Best Fall die Eigenschaften des Agenten problemlos erkennen, so dass einem Auftragnehmer vom Typ θ_G $1.063.013$ angeboten werden und einem vom Typ θ_G nur $1.012.539$. Daraus ergibt sich ein erwarteter Erfolg für den Prinzipal in Höhe von:

$$E(U_P) = q \cdot E(U_G) + (1-q) \cdot E(U_S) = 199.220$$

Das Vertragsangebot des Auftragnehmers hat nun folgendes Aussehen:[11]

$$w = \begin{cases} 1.063.013\ Eur & \text{falls der Agent vom Typ } G \text{ das Niveau 60 wählt,} \\ 1.012.539\ Eur & \text{falls der Agent vom Typ } S \text{ das Niveau 50 wählt.} \end{cases}$$

Der Nutzen für den Agenten entspricht immer dem Reservationsnutzen U_0. Der Investor ist bemüht, den höheren Arbeitseinsatz vom Agenten des Typs θ_G einzufordern, da der erwartete Nutzen für ihn höher als bei einem niedrigen Arbeitseinsatz ist und dadurch ein geringerer Lohn für den höheren Arbeitseinsatz zu entrichten ist als bei dem Agenten vom Typ θ_S.

Die First-Best Lösung wird auch als Referenzlösung bezeichnet, da sie nur unter optimalen Bedingungen entstehen kann (z.B. bei Informationssymmetrie). Lösungen bei nicht optimalen Bedingungen (z.B. bei Informationsasymmetrie) können niemals die Referenzlösung übersteigen.

5.3 Second-Best-Lösung bei Informationsasymmetrie

Entgegen dem ersten Fall gibt es in dem nachfolgenden Beispiel eine Informationsasymmetrie. Somit kann der Auftraggeber den Typ des Auftragnehmers nicht mehr eindeutig zuordnen. Durch diesen Umstand kann sich ein Agent vom Typ θ_G als ein Agent vom Typ θ_S ausgeben.

Da der Agent vom Typ θ_G geringere Nutzenverluste $V(e)$ beim gleichen Arbeitseinsatz e erleidet, ist für ihn die optimale Strategie, sich als Agent vom Typ θ_S auszugeben, wobei der Prinzipal an Nuten verliert.

Ziel dieses Abschnittes ist es, die oben erwähnten Probleme zugunsten beider Parteien zu lösen. Doch bevor mit der Ermittlung des optimalen Vertrages begonnen wird, sollte noch eine Entlohnung gemäß der First-Best Lösung für den Fall einer asymmetrischen Information behandelt werden.

11 Angelehnt an: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 114.

5.3.1 First-Best bei Informationsasymmetrie

Die zuvor hergeleiteten Verträge (e_G^*, w_G^*) und (e_S^*, w_S^*) sind für den Prinzipal nur dann optimal, wenn kein hidden information Problem vorliegt.[12]

Bei einer asymmetrischen Informationsverteilung sind die dargestellten Verträge nicht mehr nutzenmaximal für den Auftraggeber. Dies kann er überprüfen, indem er die optimalen Verträge für den First-Best Fall auch bei einer Informationsasymmetrie einsetzt.

Ein Auftragnehmer vom Typ θ_S wird in diesem Beispiel immer seine wahren Fähigkeiten offenbaren, da er durch eine falsche Angabe nur schlechter gestellt werden kann. Ein Auftragnehmer vom Typ θ_G dagegen wird seine Fähigkeiten nicht mitteilen und gegenüber dem Auftraggeber behaupten, er sei vom Typ θ_S, denn in diesem Fall erhält er eine erwartete Entlohnung von $1.012.539$, die im bei der Wahl des Arbeitseinsatzes e_L einen Nutzen in Höhe von 325 erreichen lässt.[13] Er stellt sich somit besser als unter der Wahl von (e_G^*, w_G^*), welche ihm nur seinen Reservationsnutzen von 300 einbringt.

Der Auftraggeber erzielt in diesem Fall einen geringeren Projekterfolg, statt seinem erwarteten Wert von 199.220. Um dies zu verhindern und dem Auftragnehmer zur Angabe seiner wahren Charakteristik zu motivieren, kann er einen Vertrag konzipieren, der die Nutzendifferenz ausgleicht.

5.3.2 Lösung unter Second-Best

Zusätzlich zu den in Abschnitt 4.3.3 behandelten Gleichungen für die Optimierung des Vertrages (4.27) und der Partizipationsbedingung (4.28) muss nun die Anreizkompatibilitätsbedingung (4.29) implementiert werden. Diese Bedingung fordert, dass es für den Agenten besser ist, seine wahren Fähigkeiten mitzuteilen und jenen Vertrag zu unterschreiben, der für ihn konzipiert wurde, statt seine Fähigkeiten zu verschleiern und einen anderen angebotenen Vertrag anzunehmen.

Die Anreizkompatibilitätsbedingung unter hidden information ist somit nicht mehr auf die Wahl eines bestimmten Arbeitseinsatzes, sondern viel mehr auf die Auswahl eines spezifischen Vertrages ausgelegt und wird deshalb auch als Selbst-Selektionsbedingung bezeichnet.

12 Vgl: BANNIER: Vertragstheorie, S 123.
13 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 115.

Für den einfachen Fall von zwei Agenten-Typen $\theta_C \in [\theta_S,\ \theta_G]$ folgt folgendes Optimierungsproblem des Prinzipals:

$$\max_{(e_G,w_G),(e_S,w_S)} = q\,[\pi(e_G) - w_G] + (1-q)\,[\pi(e_S) - w_S]\ , \tag{5.8}$$

Zielfunktion des Prinzipals

mit q als Eintrittswahrscheinlichkeit für einen guten Agenten und $(1-q)$ für einen Agenten vom Typ θ_S.

Die Nebenbedingung für die Partizipation der Agenten lautet dabei:

$$U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) \geq U_{0,G}\ , \tag{5.9}$$

Partizipationsbedingung (PC) des guten Agenten

$$U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) \geq U_{0,S}\ . \tag{5.10}$$

Partizipationsbedingung (PC) des schlechten Agenten

So wie die Selbst-Selektionsbedingungen:

$$U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) \geq U(w_S) - k_G \cdot V(e_S)\ , \tag{5.11}$$

Selbst-Selektionsbedingung (SSC) des guten Agenten

$$U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) \geq U(w_G) - k_S \cdot V(e_G)\ . \tag{5.12}$$

Selbst-Selektionsbedingung (SSC) des schlechten Agenten

Die Partizipationsbedingung (5.9) des Agenten vom Typ θ_G ist bereits in den Gleichungen (5.10) und (5.12) impliziert[14] und deckt sich somit mit den Aussagen aus Abschnitt 4.4.3:

$$U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) \geq U(w_S) - k_G \cdot V(e_S) \geq U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) \geq U_{0,S}\ .$$

So muss auch hier nur jene Partizipationsbedingung berücksichtigt werden, die dem Agenten mit dem größten Nutzenverlust zuzuordnen ist. In diesem Fall dem Agenten vom Typ θ_S, da $k_S > k_G$.

Durch die Selbst-Selektionsbedingung erhält der Agent vom Typ θ_G keinen Anreiz, sich als ein anderer Typ auszugeben. So muss der für ihn vorgesehene Vertrag seinen Reservationsnutzen befriedigen.

In diesem Zusammenhang zeigt sich, dass durch den optimalen Vertrag der höhere Arbeitseinsatz vom effizienteren Agenten verlangt wird. So folgt $e_G \geq e_S$ aus den Gleichungen (5.11) und (5.12):

$$k_G \cdot [V(e_G) - V(e_S)] \leq U(w_G) - U(w_S) \leq k_S \cdot [V(e_G) - V(e_S)]\ . \tag{5.13}$$

14 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 110.

Mit $k_S > k_G$ ergibt sich $V(e_G) \geq V(e_S)$.

Mit den vier Gleichungen (5.8), (5.10), (5.11) und (5.12) folgt die LAGRANGE-Funktion zur Ermittlung des optimalen Menüs an Verträgen:

$$\begin{aligned} L(w_G,w_S,e_G,e_S,\lambda,\mu,\delta) =& q\,[\pi(e_G) - w_G] + (1-q)\,[\pi(e_S) - w_S] \\ &+ \lambda[U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) - U_{0,S}] \\ &+ \mu[U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) - U(w_S) + k_G \cdot V(e_S)] \\ &+ \delta[U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) - U(w_G) + k_S \cdot V(e_G)]\ . \end{aligned} \tag{5.14}$$

Mit λ als LAGRANGE-Multiplikator der Partizipationsbedingung des Agenten vom Typ θ_S, μ als LAGRANGE-Multiplikator der Selbst-Selektionsbedingung des Agenten vom Typ θ_G und δ ebenso für die Selbst-Selektionsbedingung des Agenten vom Typ θ_S.

Die Ableitung der LAGRANGE-Funktion nach w_G, w_S, e_G und e_S ergibt die notwendigen Bedingungen für einen optimalen Vertrag bzw. die LAGRANGE- Multiplikatoren:[15]

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w_G} =& -q + \mu \cdot U'(w_G) - \delta \cdot U'(w_G) = 0 \\ &\Rightarrow \mu - \delta = \frac{q}{U'(w_G)}\ , \end{aligned} \tag{5.15}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial w_S} =& -(1-q) + \lambda \cdot U'(w_S) - \mu \cdot U'(w_S) + \delta \cdot U'(w_S) = 0 \\ &\Rightarrow \lambda - \mu + \delta = \frac{1-q}{U'(w_S)}\ , \end{aligned} \tag{5.16}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial e_G} =& q \cdot \pi'(e_G) - \mu \cdot k_G \cdot V'(e_G) + \delta \cdot k_S \cdot V'(e_G) = 0 \\ &\Rightarrow \mu \cdot k_G - \delta \cdot k_S = \frac{q \cdot \pi'(e_G)}{V'(e_G)}\ , \end{aligned} \tag{5.17}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial e_S} =& (1-q) \cdot \pi'(e_S) - \lambda \cdot k_S \cdot V'(e_S) + \mu \cdot k_G \cdot V'(e_S) - \delta \cdot k_S \cdot V'(e_S) = 0 \\ &\Rightarrow \lambda \cdot k_S - \mu \cdot k_G + \delta \cdot k_S = \frac{(1-q) \cdot \pi'(e_S)}{V'(e_S)}\ . \end{aligned} \tag{5.18}$$

Aus Gleichung (5.15) und (5.16) folgt:

$$\lambda = \frac{q}{U'(w_G)} + \frac{1-q}{U'(w_S)} > 0\ . \tag{5.19}$$

15 Vgl: BANNIER: Vertragstheorie, S 126.

Aus der Gleichung (5.17) und (5.18) ergibt sich:

$$\lambda \cdot k_S = \frac{q \cdot \pi'(e_G)}{V'(e_G)} + \frac{(1-q) \cdot \pi'(e_S)}{V'(e_S)} \ . \tag{5.20}$$

Die Partizipationsbedingung für den Agenten vom Typ θ_S ist immer bindend, da $\lambda > 0$. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kuhn-Tucker Bedingungen nicht-negative LAGRANGE-Multiplikatoren verlangen.[16] Durch diesen Umstand folgt, dass $\mu > 0$ sein muss. Wäre $\mu = 0$, so folgt aus der Gleichung (5.15), dass $\delta < 0$, was unmöglich ist.

Ebenso ist es nicht optimal, dass von beiden Agenten dasselbe Arbeitseinsatz $e_G = e_S$ verlangt wird. In diesem Fall müssen auch die gleichen Löhne $w_G = w_S$ gezahlt werden, was aus der Gleichung (5.13) mit $U(w_G) - U(w_S) = 0$ folgt. Andererseits bedeutet dieser Fall, dass sich die Gleichungen (5.19) und (5.20) vereinfachen zu:

$$\lambda = \frac{1}{U'(w)} = \frac{\pi'(e)}{k_S \cdot V'(e)} \ . \tag{5.21}$$

Weiters folgt bei gleichem Arbeitseinsatz und gleicher Entlohnung aus den Gleichungen (5.15) und (5.17), erweitert durch (5.21):

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{q}{U'(w)} + \delta = q \cdot \lambda + \delta \ , \\ \mu &= \frac{q \cdot \pi'(e)}{V'(e) \cdot k_G} + \delta \cdot \frac{k_S}{k_G} = q \cdot \lambda \cdot \frac{k_S}{k_G} + \delta \cdot \frac{k_S}{k_G} = \frac{k_S}{k_G} \cdot (q \cdot \lambda + \delta) \ . \end{aligned}$$

Dies ist jedoch unmöglich, da μ nicht gleich $k_S/k_G \cdot \mu$ sein kann, wenn $k_S > k_G$ und $\mu > 0$ gilt. Somit muss das optimale Menü an Verträgen zwei unterschiedliche Vertragsausgestaltungen für die beiden Typen von Agenten vorsehen.[17]

Deshalb muss für den Arbeitseinsatz $e_G > e_S$ gelten. Diese Aussage ermöglichte es jedoch nicht, dass beide Selbst-Selektionsbedingungen (5.11) und (5.12) gleichzeitig bindend sind, wie unter Gleichung (5.13) gezeigt wird. Gleichung (5.11) bindet für $\mu > 0$. Dies bedeutet: Gleichung (5.12) ist nicht bindend und somit folgt $\delta = 0$.

Aus den Gleichungen (5.10) und (5.12) folgt:

$$\begin{aligned} U(w_S) &= U_{0,S} + k_S \cdot V(e_S) \\ U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) &= U(w_S) - k_G \cdot V(e_S) = U_{0,S} + k_S \cdot V(e_S) - k_G \cdot V(e_S) \\ &= U_{0,S} + (k_S - k_G) \cdot V(e_S) \ , \end{aligned}$$

16 Siehe Anhang V Maximierung mit Nebenbedingungen.
17 Vgl: BANNIER: Vertragstheorie, S 127.

dies ist das Vertragsdesign für den effizienteren Agenten. Es garantiert, dass ein Nutzenniveau erreicht wird, welches über seinem Reservationsnutzen liegt. Dabei bezeichnet der Term $(k_S - k_G) \cdot V(e_S)$ die Informationsrente, die in Abschnitt (4.4.5) eingeführt wurde.

Dadurch, dass $\delta = 0$ ist, folgt aus den Gleichungen (5.15) und (5.17):

$$\frac{1}{U'(w_G)} = \frac{\pi'(e_G)}{k_G \cdot V'(e_G)} \; . \tag{5.22}$$

Diese Gleichung ist äquivalent zu der Effektivitätsbedingung (5.4) für den optimalen Vertrag (e_G^*, w_G^*) bei symmetrischer Informationsverteilung.

Schlussendlich folgt aus der Gleichung (5.16) und der Bedingung $\delta = 0$:

$$-\mu = \frac{1-q}{U'(w_S)} - \lambda \; , \tag{5.23}$$

eingesetzt in Gleichung (5.18) unter Zuhilfenahme von Gleichung (5.19) folgt:

$$\frac{(1-q) \cdot \frac{k_S}{k_G}}{U'(w_S)} + \frac{q \cdot \left(\frac{k_S}{k_G} - 1\right)}{U'(w_G)} = \frac{(1-q) \cdot \pi'(e_S)}{k_G \cdot V'(e_S)} \; ,$$

welche ausgedrückt werden kann durch:

$$\frac{q \cdot (k_S - k_G)}{(1-q)} \frac{V'(e_S)}{U'(w_G)} + \frac{k_S \cdot V'(e_S)}{U'(w_S)} = \pi'(e_S) \; . \tag{5.24}$$

Somit wird das optimale Menü an Verträgen $\{(e_G, w_G), (e_S, w_S)\}$ durch folgende Gleichungen charakterisiert:[18]

$$U(w_G) - k_G \cdot V(e_G) = U_{0,S} + (k_S - k_G) \cdot V(e_S) \; , \tag{5.25}$$

$$U(w_S) - k_S \cdot V(e_S) \geq U_{0,S} \; , \tag{5.26}$$

$$\pi'(e_G) = \frac{k_G \cdot V'(e_G)}{U'(w_G)} \; , \tag{5.27}$$

$$\pi'(e_S) = \frac{k_S \cdot V'(e_S)}{U'(w_S)} + \frac{q \cdot (k_S - k_G)}{(1-q)} \frac{V'(e_S)}{U'(w_G)} \; . \tag{5.28}$$

18 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 111.

5.3.3 Second-Best mit Zahlen

Es wird nun das Gleichungssystem mit den Gleichungen (5.25), (5.26), (5.27) und (5.28) für das optimale Menü an Verträgen gelöst.[19] Es folgt:

$$\sqrt{w_G} - 0{,}9 \cdot 0{,}01(225+e_G)^2 = 250 + (1-0{,}9)\cdot 0{,}01(225+e_S)^2 \ ,$$

$$\sqrt{w_S} - 1 \cdot 0{,}01(225+e_S)^2 \geq 250 \ ,$$

$$\pi'(e_G) = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}02(225+e_G)}{\frac{1}{2\cdot\sqrt{w_G}}} \ ,$$

$$\pi'(e_S) = \frac{1 \cdot 0{,}02(225+e_S)}{\frac{1}{2\cdot\sqrt{w_S}}} + \frac{0{,}3\cdot(1-0{,}9)}{(1-0{,}3)}\frac{0{,}02(225+e_S)}{\frac{1}{2\cdot\sqrt{w_G}}} \ .$$

Aufgelöst nach w_G, w_S, e_G und e_S ergeben sich die optimalen Verträge:

$$\{(e_G,w_G),(e_S,w_S)\} = \{(60, 1.098.912),(47, 987.937)\} \tag{5.29}$$

5.3.4 Second-Best Conclusio

Durch die Informationsasymmetrie weiß der Prinzipal nicht, mit welchem Typ θ_C von Agent er zusammenarbeitet. Damit er nicht vom Agenten ausgenutzt wird, legt er ein Menü von Verträgen vor, aus denen der Agent wählen kann.

Würde er die Verträge in gleicher Art und Weise wie bei Informationssymmetrie erstellen, so würde der Agent vom Typ θ_G dies zu seinen Gunsten ausnutzen können. Um diesen Umstand zu verhindern, muss ein notwendiges Anreizsystem implementiert werden.

Durch die Erfüllung der Selbst-Selektionsbedingung wählt der Auftragnehmer jenen Vertrag, für den er den größten Nutzen erhält. Durch Optimierung des Vertrages, unter Beachtung dieser Nebenbedingung kann ein Menü an Verträgen erstellt werden, bei dem jeder Auftragnehmer einen Arbeitseinsatz e, entsprechend seiner Qualifizierung, wählt und keinen Anreiz sieht, davon abzuweichen.

Dies bedeutet jedoch, dass nicht nur der Vertrag für den Agenten vom Typ θ_G, sondern auch der Vertrag für den Agenten vom Typ θ_S vom optimalen Vertrag unter symmetrischer Information abweicht. Zurückzuführen ist dies auf den Umstand, dass der Vertrag (e_S^*, w_S^*) den Agenten vom Typ θ_G zum opportunistischen Handeln anregt.

19 Die Lösung dieses Gleichungssystems erfolgt mit dem Mathematiksoftwarepaket *Mathematica*.

Somit gilt unter Informationsasymmetrie, dass $e_S < e_S^*$ und $w_S < w_S^*$. Durch diese Verzerrung kommt es für den Prinzipal zu einem Verlust an Effizienz bei einem Vertrag mit dem Agenten vom Typ θ_S. Aber ebenso mindert dieser Umstand den Anreiz des Agenten vom Typ θ_G diesen Vertrag zu wählen.

Somit sinkt die Informationsrente, was soviel bedeutet, dass die Differenz zwischen der Entlohnung im akzeptierten Vertrag und der Entlohnung, die für denselben Arbeitseinsatz im optimalen Vertrag unter symmetrischer Information zu entrichten wäre, kleiner wird.[20]

Der optimale Vertrag minimiert den *trade off* zwischen der Ineffizienz, die aus dem Vertrag mit dem Agent vom Typ θ_S, entsteht und er Informationsrente, die für den Agenten vom Typ θ_G anfällt.[21]

Durch eine optimale Verzerrung des Vertrages mit dem Agenten vom Typ θ_S kann der Prinzipal seinen Nutzen maximieren, wobei die Verzerrung stark von der Eintrittswahrscheinlichkeit q abhängt. So ist die Verzerrung maximal, wenn nur Agenten vom Typ θ_G ($q = 1$) auftreten. Treten hingegen nur Agenten vom Typ θ_S auf, so ist der Vertrag unter Informationsasymmetrie äquivalent zu dem Vertrag unter Informationsasymmetrie. Ist die Eintrittswahrscheinlichkeit q für einen Agenten vom Typ θ_G sehr klein, so ist es wenig vorteilhaft, auf die Effizienz des Agenten vom Typ θ_S zu verzichten, da dieser mit einer wesentlich höheren Wahrscheinlichkeit auftritt.[22]

5.4 Literaturhinweise zu Kapitel 5

Hier gilt im Grunde, dasselbe wie bereits im Abschnitt 3.3.4 erwähnt wurden. Lediglich im Werk von BLUM gibt es kein Beispiel für diese Problematik.

20 Vgl: BANNIER: Vertragstheorie, S 127 f..
21 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 115 f..
22 Vgl: BANNIER: Vertragstheorie, S 128.

6 Signalling

Das bislang betrachtete Problem der adverse selection urteilt über die Qualifikation des Agenten lediglich über dessen Vertragswahl und führt bei einer Informationsasymmetrie immer zu einem Nutzenverlust bei mindestens einem der beiden Vertragspartner.

Jedoch besteht auch die Möglichkeit, dass der Agent von sich aus versucht, diese asymmetrische Informationsverteilung zu verringern, um sich selbst besser zu stellen. Solche Vorgänge, die dazu dienen, private Informationen an die Öffentlichkeit zu bringen, werden *signalling* genannt.

In der Praxis tritt dieses Verhalten in vielfältiger Art und Weise auf:

- So kann der Verkäufer einer Baumaschine aus Abschnitt 4.1.2 dem Käufer, als Signal für eine gute Qualität, eine verlängerte Garantie anbieten.
- Ein Arbeitnehmer wird seine erworbenen Bildungsabschlüsse als Signal für seine Fähigkeiten und Talente bei einem Bewerbungsgespräch heranziehen.
- Industrielle Produkte werden oft mit diversen Qualitätsauszeichnungen und Kennzeichnungen versehen, um die Konsumenten mit entsprechenden Informationen zu versorgen.

6.1 Einführung

6.1.1 Private Informationen vs. Öffentliche Informationen

Ein rationaler Vertragspartner wird seine private Information grundsätzlich immer zu seinem Vorteil einsetzen. Durch diesen Umstand kommt es zu dem typischen Prinzipal-Agent-Problem. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, lässt der Prinzipal den Umstand der Informationsasymmetrie in die Vertragsgestaltung miteinfließen. Somit ist es dem Agenten nicht immer möglich, seinen Nutzen durch seine privaten Informationen zu steigern.

Der Vertrag wird sowohl im Falle des moral hazard als auch bei adverse selection so konzipiert, dass dem Agenten nur sein Reservationsnutzenniveau zugesprochen wird. Er kann sich somit nicht durch seine privaten Informationen verbessern. Der Prinzipal hingegen erfährt durch eine asymmetrische Informationsverteilung ebenso einen Nutzenverlust, da wie vorangegangen gezeigt, eine Second-Best Lösung nie besser als eine First-Best Lösung sein kann.[1]

1 Vgl.: Abschnitt 3.3.4, so wie Abschnitt 5.2.3.

Beim Problem der hidden information kann zumindest der effizientere Agent seinen Informationsvorsprung ausnützen und einen Nutzen über seinem Reservationsnutzen erzielen. Dieser Nutzengewinn wird auch als Informationsrente bezeichnet (siehe Abschnitt 4.4.5).

Tritt jedoch der Fall ein, dass es auf dem Markt mehr als einen Prinzipal gibt und ein hidden information Problem besteht, hätte der Agent einen Anreiz, seine privaten Informationen öffentlich zu machen. Denn gerade jener Agent, der eine hohe Produktivität besitzt, erleidet eine Nutzeneinbuße, wenn er seinen Typ nicht glaubhaft dem Prinzipal übermitteln kann. Währenddessen kann der Agent mit einer niedrigeren Produktivität immer seinen Reservationsnutzen erreichen. Somit hat der produktive Agent einen Anreiz, seine Information über seinen Typen dem Prinzipal mitzuteilen.[2]

6.1.2 Signale

Bevor mit der Herleitung des Modells begonnen wird, werden die Eigenschaften und Anforderungen an ein *Signal* näher definiert.

Ein Agent wird niemals seine privaten Informationen preisgeben, wenn er daraus keinen größeren Nutzen ziehen könnte als durch deren Geheimhaltung. Ebenso wenig wird er zur Reduktion der Informationsasymmetrie beitragen, wenn das Signal zu teuer ist und dadurch die Signalisierungskosten nicht gedeckt werden.[3]

Ein Signal selbst ist eine Aktion oder eine Entscheidung, die beweist, dass der Agent zu einer bestimmten Kategorie von Agenten gehört. Damit aus dem Signal auch tatsächlich Informationen entnommen werden können, sollte das Signal nur von denjenigen Agenten ausgesendet werden, welche der bestimmten Kategorie an Agenten zugeordnet sind. Ansonsten würde ein anderer Agent das selbe Signal verwenden und sich dadurch besser stellen. Somit wird von der Annahme ausgegangen, dass es für einen Agenten-Typen zu geringeren Kosten beim Signalisieren kommt, als es bei einem anderen Typ der Fall ist.[4]

Das Signal selbst muss keinen direkten Einfluss auf die Produktivität oder Fähigkeit des Agenten haben[5] und ebensowenig nimmt es direkten Einfluss auf das Projektergebnis.

2 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 148.
3 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 187.
4 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 148.
5 Vgl.: RASMUSEN: Games and Information: An Introduction to Game Theory, S 267.

6.2 Grundgedanken - Job Market

SPENCE[6] hat als erster ein Signalling-Modell für den Arbeitsmarkt entwickelt. Durch eine geeignete Interpretation lässt sich dieses Grundmodell auf viele ökonomische Anwendungen umlegen.[7] So auch auf die Baubranche, wie das nachfolgende Beispiel aufzeigt.

6.2.1 Modell von Spence

Betrachtet werden soll das Beispiel der Erkundungsbohrungen, welches bereits aus Kapitel 2.5.4 und 4.5.2 bekannt ist. Ähnlich wie im Abschnitt 4.2.1 gibt es Agenten θ mit unterschiedlicher Produktivität. Vereinfacht sei angenommen, dass es nur zwei Typen $\theta \in [\theta_S, \theta_G]$ von Auftragnehmern gibt. Einen produktiven (guten) Auftragnehmer vom Typ θ_G und einen unproduktiven (schlechten) vom Typ θ_S. Dabei gilt, dass $0 < \theta_S < \theta_G$ und q die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen guten Agenten darstellt.

Die wichtigste Erweiterung bei diesem Modell ist, dass der Auftragnehmer bevor er sich vertraglich bindet, ein Signal an den Auftraggeber übermitteln kann. Dieses Signal sei in diesem Beispiel ein Zertifikat, wie zum Beispiel eine Zertifizierung nach EN ISO 9001:2008[8]. Der Erwerb dieses Zertifikats beeinflusst zwar nicht die Produktivität, jedoch ist die Zertifizierung der beiden Agenten-Typen mit unterschiedlichen Kosten verbunden. Die Zertifizierung kann unterschiedlich stark ausgeprägt sein, dabei beschreibt e den Grad der Zertifizierung (Intensivitätsniveau). Wobei ein geringer Grad an Zertifizierung mit relativ geringem Aufwand zu erhalten ist und ein hoher Grad an Zertifizierung mit entsprechend hohen Kosten.

Um eine Zertifizierung zu erhalten, fallen bei den Agenten Kosten c an:

$$c = c(\theta, e)\ . \tag{6.1}$$

Die Kosten c sind einerseits abhängig von dem Typ θ des Agenten und andererseits vom Grad der Zertifizierung e.

Unter den Voraussetzungen:[9, 10]

$$\begin{gathered} c(\theta,0) = 0 \quad , \quad \frac{\partial c(\theta,e)}{\partial e} > 0 \quad , \quad \frac{\partial c(\theta,e)}{\partial \theta} < 0\ , \\ \frac{\partial^2 c(\theta,e)}{\partial e^2} > 0 \quad \text{und} \quad \frac{\partial^2 c(\theta,e)}{\partial e\,\partial \theta} < 0\ , \qquad \forall e > 0\ . \end{gathered}$$

6 SPENCE, Michael: Job Market Signaling. Quarterly Journal of Economics, Vol. 87 Aug. 1973, Nr. 3.
7 Vgl.: HOLLER, Manfred J./ILLING, Gerhard: Einführung in die Spieltheorie. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2006, S 178.
8 CEN: EN ISO 9001:2008 Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen. International Organization for Standardization, 12 2008 (9001). – EN ISO.
9 Vgl.: MAS-COLELL/WHINSTON/GREEN: Microeconomic Theory, S 450.
10 Diese Bedingungen gewährleisten einen optimalen Vertrag mit einer mathematisch eindeutigen Lösung.

Dies bedeutet, dass die Kosten konvex zum Grad der Zertifizierung verlaufen.[11]

Somit fällt es einem Agenten vom Typ θ_G leichter sich einen hohen Zertifizierungsgrad anzueignen, als einem Agenten vom Typ θ_S:

$$c(\theta_S, e) > c(\theta_G, e) .$$

Ganz allgemein kann für einen risikoneutralen Agenten[12] folgende Nutzenfunktion aufgestellt werden:

$$U_A(w, e|\theta) = w - c(\theta, e) . \tag{6.2}$$

Nutzenfunktion U_A des Agenten setzt sich aus dem erhaltenen Lohn w, abzüglich seinen Kosten c, welche einerseits vom Typ des Agenten θ und andererseits vom gewählten Grad der Zertifizierung e, abhängen.

In dem vorangegangen Kapiteln war es dem Agenten möglich, einen Reservationsnutzen U_0 aus anderen Tätigkeiten zu beziehen. Um das Modell so einfach wie möglich zu halten, wird in diesem Beispiel davon ausgegangen, dass sich ein Reservationsnutzenniveau von $U_{0,S} = U_{0,G} = 0$ einstellt.[13]

Die Prinzipals können wie üblich nicht die Produktivität des Agenten beobachten, jedoch kann zweifelsfrei der Grad der Zertifizierung festgestellt werden. Aufgrund dieser Beobachtung legen die Auftraggeber eine Entlohnung fest.

Für den risikoneutralen Prinzipal kann nun folgende Nutzenfunktion aufgestellt werden:

Nutzenfunktion U_P des Prinzipals setzt sich aus dem Projektergebnis π abzüglich der Entlohnung w zusammen, wobei das Projektergebnis π von der Fähigkeit θ des Agenten, welcher den Zertifizierungsgrad e erreicht hat, abhängt.

$$U_p(\pi, w) = \pi(\theta, e) - w . \tag{6.3}$$

Dadurch, dass der Grad der Zertifizierung e keinen Einfluss auf das Projektergebnis U_P hat, ist dieses nur von der Produktivität des Agenten abhängig ($\pi(\theta)$).[14]

Durch die Annahme, dass sowohl Prinzipal als auch Agent risikoneutral sind, kann in diesem Beispiel davon ausgegangen werden - falls ein Vertragsverhältnis zwischen Prinzipal und Agent zustande kommt - dass der Output direkt mit der Produktivität korreliert, somit gilt:

$$\pi(\theta) = \theta . \tag{6.4}$$

11 Vgl.: Christian Bayer/Heufer: Skriptum: Informationsökonomik, S 20.

12 Entgegen den zuvor behandelten risikoaversen Agenten, wird in diesem Kapitel von einem risikoneutralen Agenten ausgegangen, was zu wesentlichen Vereinfachungen bei den nachfolgenden Überlegungen führt.

13 Vgl.: Mas-Colell/Whinston/Green: Microeconomic Theory, S 451.

14 Vgl.: Gibbons, Robert: Game theory for applied economists. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992, S 191.

6.3 Der optimale Vertrag

Mit einer spieltheoretischen Notation kann der Verlauf der Vertragsabwicklung in vereinfachter Weise wie folgt dargestellt werden:

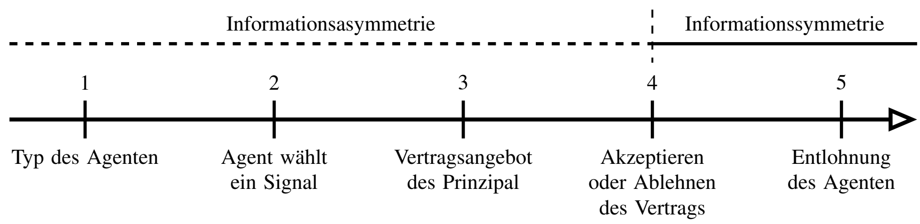

Abbildung 6.1: Zeitliche Struktur im Signalling-Fall (in Anlehnung an MACHO-STADLER[15])

In Worten:[16]

1. Gemäß einer Verteilung $F(\theta)$ wird die Produktivität θ des Auftragnehmers festgelegt. Die Produktivität kann entweder gut θ_G oder schlecht θ_S sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen Agenten vom Typ θ_G handelt, liegt bei q.
2. Der Auftragnehmer kennt seine Produktivität und wählt einen gewissen Grad an Zertifizierung $e \geq 0$.
3. Zwei potentielle Auftraggeber können den Grad der Zertifizierung e eindeutig feststellen, jedoch bleibt ihnen der Typ θ des Agenten verborgen. Jeder bietet dem Agenten einen Vertrag bezüglich der Entlohnung w_i an.
4. Der Auftraggeber unterzeichnet jenen Vertrag, bei dem er den größten Lohn w, erhält oder er lehnt beide Angebote ab.
5. Entsprechend der Produktivität des Agenten wird das Projektergebnis realisiert. Der Prinzipal zahlt den dafür vereinbarten Lohn.

Um den erwarteten Projekterfolg π zu maximieren, wird jeder Prinzipal versuchen, einen Lohn w in der Höhe der erwarteten Produktivität θ des Agenten mit dem Zertifizierungsgrad e anzubieten:[17]

Der Lohn w ist abhängig vom Grad der Zertifizierung e. Berechnet wird er über den Erwartungswert der beiden Agenten-Typen.

$$w(e) = F(\theta_G|e) \cdot \pi(\theta_G, e) + (1 - F(\theta_G|e)) \cdot \pi(\theta_L, e) \ . \tag{6.5}$$

Beide Auftraggeber gehen demzufolge mit der gleichen Eintrittswahrscheinlichkeit $F(\theta_G|e)$ davon aus, dass es sich um einen Agenten vom Typ θ_G handelt. Dies

15 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, Fig. 5.1, S 192
16 Angelehnt an: GIBBONS: Game theory for applied economists, S 190 f..
17 Vgl.: a. a. O., S 193.

stellt den sogenannten *belief*[18] der Prinzipals dar. Da beide Auftraggeber bemüht sind, einen produktiven Auftragnehmer zu beauftragen, werden sie sich so lange bei der Entlohnung überbieten, bis sie indifferent sind, d.h. $w = w_1 = w_2$.[19] Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass durch die Konkurrenz eines zweiten Prinzipals, der optimale Vertrag gerade einen erwartete Nutzen von Null erzielt, was auch als *zero profit constraint* ausgedrückt wird.[20]

Wenn die Prinzipals unterschiedliche Entlohnungen für einen unterschiedlichen Grad an Zertifizierung bieten, ist der Agent in der Lage, durch seine Zertifizierungsentscheidung sein Einkommen zu beeinflussen. Indem er seinen Grad an Zertifizierung e ändert, beeinflusst er auch den belief $F(\theta_G|e)$ der Auftraggeber. Wobei der belief durch die Bayes-Regel[21] bestimmt wird.[22]

Um nun den optimalen Vertrag zu erstellen, muss für den Agenten folgendes Maximierungsproblem gelöst werden:

Maximierung der Nutzenfunktion U_A des Agenten unter Variation des Grades der Zertifizierung e.

$$\max_e w(e) - c(\theta_G, e) \ . \tag{6.6}$$

Für die Lösung des Problems (6.6) können zwei Gleichgewichtszustände eintreten. Unter Gleichgewichtszustand wird jener Zustand verstanden, bei dem keine der Vertragsparteien einen Anreiz hat, von ihrer Strategie abzuweichen. Die Strategiewahl für den Agenten als auch den Prinzipal erweist sich als optimal (optimaler Vertrag). Durch keinen anderen Grad an Zertifizierung kann sich der Agent besser stellen.[23]

Im ersten Fall kommt es dazu, dass sich ein Agent vom Typ θ_S niemals als ein Agent vom Typ θ_G ausgeben wird, da die Kosten, um den Grad der optimalen Zertifizierung e_G^* zu erlangen, nicht wirtschaftlich tragbar sind, wie in Abbildung 6.2 schematisch dargestellt wird:

$$w(e_S^*) - c(\theta_S, e_S^*) > w(e_G^*) - c(\theta_S, e_G^*) \ . \tag{6.7}$$

Dieser Zustand wird als *trennendes Gleichgewicht* oder als *separating equilibrium* bezeichnet.

Im zweiten Fall kann sich der Agent vom Typ θ_S die entsprechende Zertifizierung e_G^* leisten und gibt sich ebenfalls als ein Agent vom Typ θ_G aus, da dadurch ein

18 Der Belief eines Prinzipals gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der der Prinzipal glaubt einem bestimmten Typ von Agenten gegenüber zu stehen.
19 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 21.
20 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 153.
21 Eine Definition der Regel von Bayes, so wie ein Anwendungsbeispiel findet sich im Anhang V.
22 Vgl.: CHRISTIAN BAYER/HEUFER: Skriptum: Informationsökonomik, S 21.
23 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 57.

größerer Nutzen akquiriert werden kann:

$$w(e_S^*) - c(\theta_S, e_S^*) < w(e_G^*) - c(\theta_S, e_G^*) \ . \tag{6.8}$$

Die schematische Abbildung dieses Falles findet sich unter Abbildung 6.2. Bezeichnet wird diese Gleichgewichtslage als *vereinendes Gleichgewicht* oder als *pooling equilibrium*.

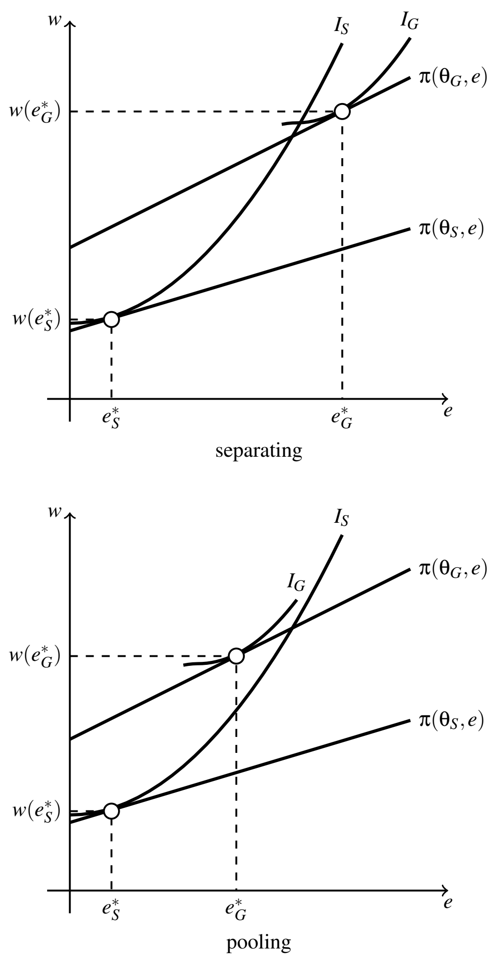

Abbildung 6.2: Gleichgewichtsstrategien (in Anlehnung an GIBBONS[24])

Im separating equilibrium investieren die verschiedenen Typen von Agenten in unterschiedlich hohe Signale. Durch Beobachtung dieses Signals wird auf indirekter Weise den Prinzipals die tatsächliche Produktivität enthüllt. In diesem Gleichgewicht stimmt der Lohn mit der tatsächlichen Produktivität überein:[25]

$$w(e_S^*) = \pi(\theta_S, e_S^*) = \theta_S \qquad \text{und} \qquad w(e_G^*) = \pi(\theta_G, e_G^*) = \theta_G \ . \tag{6.9}$$

24 Vgl.: GIBBONS: Game theory for applied economists, Figure 4.2.5, 4.2.6, S 195 f.
25 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 179.

Im pooling equilibrium senden beide Typen von Agenten das gleiche Signal e^*. Weil die Prinzipals durch das beobachtete Signal keinerlei Rückschlüsse auf die wahre Produktivität der Agenten ziehen können, entspricht die Entlohnung der erwarteten Durchschnittsqualität

$$w(e^*) = \pi(\bar{\theta}, e^*) = E[\bar{\theta}] \ . \tag{6.10}$$

Dadurch erzielen Agenten mit einer geringeren Produktivität höhere und Agenten mit einer höheren Produktivität niedrigere Löhne, als bei Informationssymmetrie.[26]

6.3.1 Verhalten unter Separating

Bei dem gewählten Beispiel mit zwei Typen von Agenten, können sich theoretisch zwei unterschiedliche separating-Gleichgewichte einstellen:

1. Nur ein Agent vom Typ θ_G wählt einen hohen Grad an Zertifizierung, der andere den niedrigeren Grad.
2. Lediglich ein Agent vom Typ θ_S wählt einen hohen Grad an Zertifizierung, der Typ θ_G hingegen einen niedrigeren Grad.

Aus den zuvor getroffenen Annahmen, dass es einem Agenten vom Typ θ_G leichter fällt, sich einen hohen Zertifizierungsgrad anzueignen als einem Agenten vom Typ θ_S, kann das 2. Separating Verhalten keine gleichgewichtige Verhaltensannahme sein.[27]

Das 1. Separating Verhalten bedeutet für den Agenten vom Typ θ_S, dass er einen Zertifizierungsgrad von e_S^* wählt und der Agent vom Typ θ_G wählt e_G^* als seine optimale Strategie. Dadurch lassen sich eindeutige Rückschlüsse durch das Signal e auf den Typ des Agenten ziehen:

$$F(\theta_G|e) = \begin{cases} 0 & \text{für } e < e_G^* \\ 1 & \text{für } e \geq e_G^* \end{cases} \tag{6.11}$$

Ist das Signal $e < e_G^*$, so handelt es sich um einen Agenten vom Typ θ_S, ansonsten ist er vom Typ θ_G.

Für die Entlohnungsfunktion gilt:

$$w(e) = \begin{cases} \pi(\theta_S|e) & \text{für } e < e_G^* \\ \pi(\theta_G|e) & \text{für } e \geq e_G^* \end{cases} \tag{6.12}$$

Der Lohn w ist abhängig vom Grad der Zertifizierung e, welcher eindeutig Aufschluss über die Produktivität des Agenten gibt.

26 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 179.
27 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 152.

Dieser optimale Vertrag wird die Auftragnehmer mit einer hohen Produktivität dazu veranlassen, einen hohen Grad an Zertifizierung zu wählen. Auftragnehmer mit geringerer Produktivität werden dagegen nicht in ein teures Zertifikat investieren. Die Auftraggeber schließen von dem Signal eines hohen Grades an Zertifizierung ebenfalls immer auf eine hohe Produktivität, was die Anreizwirkung des optimalen Vertrages verstärkt. Dadurch erhält das Verhalten der Auftragnehmer eine selbstverstärkende Dynamik.[28]

6.3.2 Verhalten unter Pooling

Auch hier können sich bei zwei Agenten-Typen, theoretisch zwei unterschiedliche pooling-Gleichgewichte einstellen:

1. Sowohl der Agent vom θ_G als auch vom Typ θ_G wählt einen hohen Grad an Zertifizierung.
2. Beide Typen wählen einen geringen Grad an Zertifizierung.

Liegt ein pooling-Gleichgewicht vor, so kann nicht mehr so einfach eines der beiden Verhalten ausgeschlossen werden. Denn einerseits kann der Agent vom Typ θ_S die Kosten für das Signal eines Typs θ_G aufbringen, was dem 1. Pooling Verhalten entspräche. Andererseits kann das Signal so kostspielig sein, dass sich weder Typ θ_G, noch Typ θ_S dieses Signal leisten kann.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich aus dem gemeinsam gewählten Signal $e_G^* = e_S^* = e^*$ keine Rückschlüsse auf den Typ des Agenten ergeben. Somit können die Prinzipals nur auf die Eintrittswahrscheinlichkeit q zurückgreifen, die der prior Wahrscheinlichkeit $F(\theta_G|e^*) = q$ entspricht. Die Entlohnung beträgt dann gemäß Gleichung (6.10):

$$w(e^*) = q \cdot \pi(\bar{\theta}, e^*) + (1-q) \cdot \pi(\bar{\theta}, e^*) = E[\bar{\theta}] \ . \tag{6.13}$$

Um einen optimalen Vertrag zu gestalten, darf keiner der Agenten-Typen von der Wahl der Zertifizierung e^* abweichen. Da dies per Definition nicht vorgesehen ist, stellt jede Wahrscheinlichkeit für einen guten Arbeiter bei beobachtetem Zertifizierungsgrad $e \neq e^*$ einen *out of equilibrium belief*[29] dar.

[28] Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 157.
[29] Diese Wahrscheinlichkeiten können im postulierten Gleichgewicht nicht auftreten

Somit folgt formal, folgender Rückschluss bei einem beobachteten Grad an Zertifizierung:

$$F(\theta_G|e) = \begin{cases} 0 & \text{für } e \neq e^* \\ q & \text{für } e = e^* \end{cases} \tag{6.14}$$

Nur das Signal e^* kann mit einem Agenten in Verbindung gebracht werden. Jedoch gibt es keinen Aufschluss über dessen Typ.

Für die Entlohnungsfunktion gilt:

$$w(e) = \begin{cases} \pi(\theta_S|e) & \text{für } e \neq e^* \\ w(e^*) & \text{für } e = e^* \end{cases} \tag{6.15}$$

Der Lohn w entspricht $w(e^*)$ bei einem beobachteten Signal e^*, ansonsten wird der geringste Lohn ausgezahlt.

Löst ein Agent vom Typ θ die Gleichung (6.6), so ergibt es seinen optimalen Grad an Zertifizierung, welcher sich trivialerweise zu e^* ergibt.

Somit lautet der optimale Vertrag für jeden Typ von Agent (e^*, w^*). Graphisch kann dieser Punkt als Schnittpunkt der Indifferenzkurven der einzelnen Agenten aufgefasst werden. Ebenso wird aus Abbildung 6.3 ersichtlich, dass es für jeden Punkt zwischen e^* und e_i zu einem Gleichgewichtszustand kommen wird, da beide Agenten eine höheren Nutzen aus dem Vertrag ziehen können.[30]

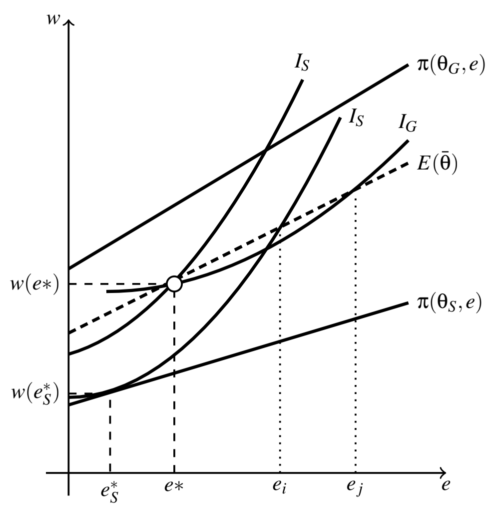

Abbildung 6.3: Pooling (in Anlehnung an GIBBONS[31])

30 Vgl.: GIBBONS: Game theory for applied economists, S 197 ff..
31 Vgl.: a. a. O., Figure 4.2.7, 4.2.6, S 198 f.

6.3.3 Erweiterungen

Werden die zuvor behandelten Gleichgewichte sowie die Ungleichgewichte untersucht, so kann Folgendes festgestellt werden:

Bei einem pooling-Verhalten können für unterschiedliche Signale e^* unterschiedliche Löhne und somit Verträge angeboten werden. Dies muss jedoch nicht immer der Fall sein. Stellt sich jedoch ein pooling-Gleichgewicht heraus, so wird nur ein Vertrag mit gleicher Entlohnung für die Agenten erstellt. In einer separating Situation werden hingegen unterschiedliche Verträge für unterschiedliche Signale angeboten und für die Gleichgewichtslage realisiert. Ob sich nun ein pooling-Gleichgewicht oder separating-Gleichgewicht einstellt, hängt stark von den unterschiedlichen Lohnniveaus in Abhängigkeit der Signale ab. Nur dann, wenn es sich für den produktiven Agenten lohnt, wird er ein kostenintensives Signal wählen. Sind diese Kosten bereits für den produktive Agenten unrentabel, so sind sie auch für den Agenten mit geringerer Produktivität zu teuer.[32]

6.4 Literaturhinweise zu Kapitel 6

Die Arbeit von SPENCE (1973) hat auf diesem Gebiet pionierhaften Charakter, sodass sämtliche Werke auf diesen Aufsatz Bezug nehmen.

GIBBONS (1992) stellt die Problematik sehr anschaulich dar. In MAS-COLELL, WHINSTON und GREEN (1995) findet sich eine sehr grafisch orientierte Lösung des Problems.

32 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 158.

7 Screening

Beim vorangegangenen Modell des Signalling wählte der Agent, bevor ihm der Vertrag offeriert wird, sein Signal und teilte dies dem Prinzipal mit. Beim Screening hingegen wird zuerst der Vertrag unterbreitet und danach wählt der Agent erst sein Signal.[1]

Wie bereits im Abschnitt 1.3.3 erwähnt, kann bei der Gestaltung des optimalen Vertrages auf die Notation der Spieltheorie zurückgeführt werden. In vereinfachter Weise kann somit die Vertragsabwicklung wie folgt dargestellt werden:

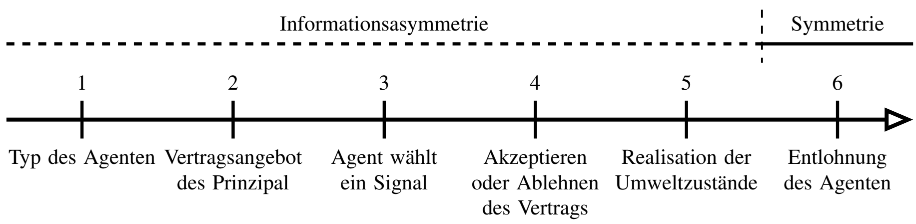

Abbildung 7.1: Zeitliche Struktur im Screening-Fall

In Worten:[2]

1. Gemäß einer Verteilung $F(\theta)$ wird der Typ θ des Agenten festgelegt.
2. Jeder Auftraggeber bietet einen Lohnvertrag w in Abhängigkeit von den möglichen, beobachtbaren Signalen an.
3. Der Auftragnehmer kennt seine Produktivität, so wie die angebotenen Verträge. Dementsprechend wählt er ein gewisses Signal e.
4. Der Agent kann einen angebotenen Vertrag akzeptieren oder alle ablehnen.
5. Nach Aufnahme der Arbeit treten entsprechende Umweltzustände ein.
6. Entsprechend der Produktivität des Agenten wird das Projektergebnis realisiert. Der Prinzipal zahlt den dafür vereinbarten Lohn.

Aus der Situation, dass der Agent bereits über die möglichen Verträge Bescheid weiß, muss er auf das formulierte Vertragsdesign reagieren, ohne es durch sein Signal beeinflussen zu können.

Der Prinzipal kann seinerseits nicht aus dem Verhalten des Agenten lernen, da er bereits vor dem Signal seinen optimalen Vertrag erstellen muss. Insofern muss das Vertragsdesign ähnlich dem Fall hidden information (siehe Teil III) gestaltet

1 Vgl.: RASMUSEN: Games and Information: An Introduction to Game Theory, S 267.
2 Angelehnt an: BANNIER: Vertragstheorie, S 160.

werden. Damit der Agent den für ihn konzipierten Vertrag annimmt, muss neben der Partizipationsbedingung auch die Selbst-Selektionsbedingung erfüllt sein.

Jeder Agent kann jedoch durch die Wahl seines Signals e schlussendlich die Entlohnung w beeinflussen. Dadurch besteht ein Zusammenhang zwischen der Nutzenfunktion des Agenten und dem verwendeten Signal.

Somit lässt sich das screening Problem in ein hidden information Problem mit angegliedertem hidden action Problem überführen.[3]

Auf diese *gemischten Modelle* wird im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

7.1 Literaturhinweise zu Kapitel 7

In der Literatur zur Prinzipal-Agent-Theorie, stellt das screening eher ein untergeordnetes Kapitel der adverse selection dar. Dies geht sogar soweit, dass MACHO-STADLER / PEREZ-CASTRILLO (2001) und ähnliche Lehrbücher dieses Thema nicht einmal erwähnen.

Geprägt wurde diese Problematik durch die Arbeiten von ROTHSCHILD und STIGLITZ (1976). Eine gute Aufarbeitung der Grundlagen findet sich bei MAS-COLELL, WHINSTON und GREEN (1995). Für die gemischten Modelle empfiehlt sich LAFFONT und MARTIMORT (1984).

3 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 161.

Teil IV

Abschluss

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

8 Resümee und Ausblick

8.1 Resümee

Diese Arbeit gibt die Grundlagen zu der Prinzipal-Agent-Theorie in vereinfachter Form wieder, neben einem groben Überblick über die anderen theoretischen Ansätze der Institutionenökonomik, wird in den darauf folgenden Kapiteln speziell auf die Prinzipal-Agent-Theorie eingegangen.

In der Situation von moral hazard wird besonders die hidden action Problematik behandelt. Neben der Betrachtung des Basismodells erfolgt auch die Veranschaulichung an einem einfachen numerischen Beispiel, welches sich an eine bauwirtschaftliche Fragestellung angelehnt ist. Um diese Berechnung einfach und nachvollziehbar zu gestalten, werden wesentliche Vereinfachungen in den jeweiligen Funktionen vorgenommen, der Grundgedanke und das Vorgehen bleiben jedoch methodisch korrekt erhalten.

Wesentliche Erkenntnisse ergeben sich aus der Betrachtung zwischen Informationssymmetrie und Informationsasymmetrie. Im ersten Fall kann die First-Best-Lösung umgesetzt werden, jedoch tritt dieser Fall meist nur in theoretischen Überlegungen auf. Praxisnaher ist jener Fall, in dem von einer asymmetrischen Informationsverteilung ausgegangen wird. Hier kann die Second-Best-Lösung erreicht werden, welche aber nie die Lösung bei symmetrischer Information übertreffen kann, jedoch bessere Resultate liefert als eine willkürlich angenommene Entlohnung.

Neben dem Problem der hidden action werden mehrere Möglichkeiten betrachtet, bereits ex ante den geeigneten Agenten zu finden. Im Teil adverse selection wird als erstes das Grundmodell der hidden information erläutert und wiederum am gleichen numerischen Beispiel dargestellt. Neben dieser Betrachtung werden die Grundmodelle von signalling und screening betrachtet, auch hier werden kleinere Beispiele angeführt.

Neben der jeweiligen Einführung in die Grundlagen, findet sich im Anhang eine Darstellung der wichtigsten mathematischen Überlegungen in Form von Definitionen und Sätzen. Im Glossar werden die wichtigsten Begriffe der Prinzipal-Agent Theorie noch einmal explizit angeführt.

8.2 Ausblick

Da diese Arbeit sich mit den Grundlagen der Prinzipal-Agent-Theorie beschäftigt, stellen sich die verwendeten Modelle dementsprechend einfach dar. Um diese an den Stand der Wissenschaft anzupassen, bedarf es noch einiger Erweiterungen. Ebenso wird durch diese Arbeit aufgezeigt, dass es auch noch bei den verwendeten Grundlagen einiges an Untersuchungspotential gibt.

Um den Schritt von der Theorie in die Praxis zu schaffen, bedarf es noch einer detaillierteren Betrachtung der einzelnen Funktionen. Vor allem die Darstellung der Nutzenfunktionen sowie der Umweltbedingungen für bauspezifische Tätigkeiten sind wesentliche Punkte. Aber auch eine Definition und Überlegung zum Reservationsnutzen in der Baubranche würden denkbare Erweiterungen darstellen.

Bei einer Detaillierung des Grundmodells, bieten sich ebenfalls einige Möglichkeiten an. Sollte beispielsweise der Reservationsnutzen nicht wie im derzeitigen Modell eine verifizierbare Größe darstellen, sondern dem Prinzipal nicht bekannt sein.

Auch die Präferenzen der Entscheidungsträger sind in den dargestellten Modellen sehr vereinfacht abgebildet. Ebenso wenig ist jener Fall behandelt, bei dem der Agent mehrere Tätigkeiten ausübt und jeweils unterschiedliche Arbeitseinsätze wählen kann.

Naheliegend ist die Erweiterung der Grundmodelle zu einem gemischten Modell, in welchem sowohl moral hazard als auch adverse selection auftreten.

Ebenso können die unterschiedlichen Risikoeinstellungen des Agenten und des Prinzipals in den Grundmodellen aufgenommen werden.

Neben diesen Weiterentwicklungen kann auch die Möglichkeit betrachtet werden, dass der Prinzipal seinen Arbeitseinsatz nach Unterzeichnung des Vertrages ändert, was wesentliche näher an der bauwirtschaftlichen Realität liegen würde als das Grundmodell mit der Annahme, eines über die Vertragsdauer konstanten Arbeitseinsatzes.

Teil V

Appendix

A Mathematik: Definitionen und Sätze

A.1 Entscheidungsmodelle: Definitionen und Sätze

Definition A.1 (Seperable Nutzenfunktion):

Die Nutzenfunktion des Agenten U_A ($E \to \Re$) mit den reellwertigen Funktionen u_1, u_2, v ($u_1 : E \to \Re$; $u_2 : E \to \Re_+$; $v : \Re \to \Re$) und einer Konstanten $c \in \Re_+$ heißt

1. in e seperabel, wenn $U_A(w,e) := u_1(w) + u_2(w)\, v(e)$,
2. in e additiv seperabel, wenn U_A in e seperabel und $u_2(w) \equiv c$,
3. in e multiplikativ seperabel, wenn U_A in e seperabel und für $u_1(w) \equiv 0$ gilt.[1,2]

Definition A.2 (Risikounabhängigkeit):

Die Entlohnung w heißt risikounabhängig vom Arbeitseinsatz e des Agenten in Bezug auf die zweimal nach w differenzierbare Nutzenfunktion U_A, wenn das ARROW/PRATT-Maß

$$r(w,e) = -\frac{\partial^2 U_A/\partial w^2}{\partial U_A/\partial w}$$

unabhängig von e ist.[3]

Satz A.3:

Die zweimal nach w differenzierbare Nutzenfunktion U_A ist genau dann in e seperabel, wenn die Entlohnung w risikounabhängig vom Arbeitsniveau des Agenten e in Bezug auf dessen Nutzenfunktion ist.[4,5]

institut für baubetrieb + bauwirtschaft
projektentwicklung + projektmanagement

1 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 49.
2 Vgl.: GROSSMAN/HART: Econometrica Vol. 51 [1983], S 11.
3 Vgl.: KEENEY, Ralph L.: Risk Independence and Multiattributed Utility Functions. Ec, Vol. 41 1973, Nr. 1, S 11.
4 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 49.
5 Beweis.: KEENEY: Ec Vol. 41 [1973], S 29 f.

A.2 Modelltheoretische Definitionen und Sätze

Definition A.4 (Monotone Likelihood-Ratio Condition (MLRC)):

Ein monotoner Likelihood Quotient liegt vor, wenn $\forall\, e_k, e_{k-1} \in E$ mit $U_A(w, e_k) \geq U_A(w, e_{k-1})$:

1. für eine parametrisierte stetige Zufallsvariable ψ mit dem Ergebnis $\pi \in [\pi_L, \pi_H]$:

$$F(\pi_L|e) = 0\,, \quad F(\pi_H|e) = 1 \qquad \forall e \in E$$

und $f(\pi|e_{k-1}) > 0$ der Quotient der Dichtefunktion

$$\frac{f(\pi|e_k)}{f(\pi|e_{k-1})}$$

in e monoton fallend ist;

2. für eine parametrisierte diskrete Zufallsvariable ψ mit den Trägerpunkten π_i ($i \in \{1, \ldots, I\}$ und $\pi_1, \ldots, \pi_I$ und $p(\pi_i|e_{k-1}) > 0$ (für $i \in \{1, \ldots, I\}$) der Quotient der Wahrscheinlichkeiten

$$\frac{p(\pi_i|e_k)}{(\pi_i|e_{k-1})}$$

in i monoton fallend ist.[6,7,8]

Satz A.5:

Für eine parametrisierte stetige Zufallsvariable ψ liegt genau dann ein MLRC vor, wenn $\forall\ e \in [e_L, e_H]$ der Quotient

$$\frac{f_e(\pi|e)}{f(\pi|e)}$$

in $\pi \in [\pi_L, \pi_H]$ monoton steigt.[9,10]

Satz A.6:

Weisen zwei Aktivitäten $e_k, e_{k-1} \in E$ mit $U_A(w, e_k) \geq U_A(w, e_{k-1})$ einen MLRC auf und ist $F(\pi|e_k) \neq F(\pi|e_{k-1})$, dann dominiert die Aktion e_{k-1} die Aktion e_k im Sinne der stochastischen Dominanz ersten Grades.[11,12]

6 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 52.
7 Vgl.: MILGROM: The Bell Journal of Economics Vol. 12 [1981], S 383.
8 Vgl.: ROGERSON: Econometrica Vol. 53 [1985b], S 1361.
9 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 52.
10 Beweis.: MILGROM: The Bell Journal of Economics Vol. 12 [1981], S 386.
11 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 53.
12 Beweis.: ROGERSON: Econometrica Vol. 53 [1985b], S 1362.

Definition A.7 (Convexity of the Distribution Function Condition (CDFC)):

Eine $\forall\ \pi \in [\pi_L, \pi_H]$ in e zweimal differenzierbare Verteilungsfunktion heißt in e konvexe Verteilungsfunktion ($e \in [e_L, e_H]$), wenn $F_{ee}(\pi|e)\ \forall\ \pi \in [\pi_L, \pi_H]$ positiv ist.

Weisen zwei Aktivitäten $e_k, e_{k-1} \in E$ mit $U_A(w, e_k) \geq U_A(w, e_{k-1})$ einen MLRC auf und ist $F(\pi|e_k) \neq F(\pi|e_{k-1})$, dann dominiert die Aktion e_{k-1} die Aktion e_k im Sinne der stochastischen Dominanz ersten Grades.[13,14,15]

Definition A.8 (Single Crossing Condition):

Eine Funktion $f(x,t) : X \times T \rightarrow \Re$ ist erfüllt die single-crossing Bedingung genau dann, wenn $\forall x' > x^*$ gilt:[16]

$$f(x', t^*) \geq f(x^*, t^*) \implies f(x', t') \geq f(x^*, t') \qquad \forall t' > t^*$$

und

$$f(x', t^*) > f(x^*, t^*) \implies f(x', t') > f(x^*, t') \qquad \forall t' > t^*$$

Definition A.9 (Spence-Mirrlees Condition):

Eine Funktion $f(x,y,t) : X \times T \rightarrow \Re$ sei stetig differenzierbar, sie erfüllt die Spence-Mirrlees Bedingung, wenn $f_x/|f_y|$ wächst in t und $f_y \neq 0$.[17]

13 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 53.
14 Vgl.: KIENER: Die Principal-Agent-Theorie aus informationsökonomischer Sicht, S 47.
15 Vgl.: ROGERSON: Econometrica Vol. 53 [1985b], S 1362.
16 Vgl.: EDLIN, Aaron S./SHANNON, Chris: Strict Single Crossing and the Strict Spence-Mirrlees Condition: A Comment on Monotone Comparative Statics. Econometrica, Vol. 66 Nov. 1998, Nr. 6, S 1417 f..
17 Vgl.: a. a. O., S 1418.

A.3 Maximierung mit Nebenbedingungen

Nachfolgende Definitionen und Sätze dieses Abschnittes sind von SCHMID[18] entnommen.

Satz A.10 (Lagrange):

Wenn ein Vektor x^* die Funktion $f(x)$ unter der Nebenbedingung $g(x) = b$ maximiert, und wenn $g_i(x^*) \neq 0$ für wenigstens ein $i \in \{1,\ldots,I\}$, dann existiert eine reelle Zahl λ^* (LAGRANGE-Multiplikator), so dass:

$$L_i(x^*,\lambda^*) = 0 \qquad \forall i \in \{1,\ldots,I\}$$

und

$$L_\lambda(x^*,\lambda^*) = 0\,.$$

Satz A.11:

Die LAGRANGE-Bedingungen sind nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend für eine (eindeutige) optimale Lösung,

1. wenn die Menge, über die maximiert wird, konvex ist und
2. wenn die Zielfunkion $f(x)$ global (streng) quasikonkav ist.

Definition A.12 (Quasikonkavität):

Eine Funktion $f(x) : \Re^N \to \Re$ ist (streng) quasikonkav genau dann, wenn $\forall k \in (0,1)$ und $\forall x', x'' \in \Re^N$ gilt:

$$f(x') \geq f(x'') \quad \Rightarrow \quad f(kx' + (1-k)x'') \geq (>) f(x'')$$

Satz A.13 (Lagrange mit Nicht-Negativitätsbeschränkungen):

Wenn der Vektor x^* die Funktion $f(x)$ unter der Nebenbedingung $g(x) = b$ und $x_i \geq 0$ maximiert und wenn $g_i(x^*) \neq 0$ für wenigstens ein $i \in \{1,\ldots,I\}$, dann existiert eine reelle Zahl λ^*, so dass:

$$L_i(x^*,\lambda^*) \leq 0\,, \quad x_i^* L_i(x^*,\lambda^*) = 0\,, \qquad \forall i \in \{1,\ldots,I\}$$

und

$$L_\lambda(x^*,\lambda^*) = 0\,.$$

18 SCHMIDT, Klaus: VWL III, Spieltheorie. München: Volkswirtschaftliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität, 2001.

Satz A.14 (Kuhn-Tucker):

Wenn x^* die Funktion $f(x)$ unter der Nebenbedingung $g(x) \leq b$ und $x_i \geq 0$ maximiert und wenn $g_i(x^*) \neq 0$ für wenigstens ein $i \in \{1, \ldots, I\}$, dann existiert eine reelle Zahl λ^*, so dass $\forall\, i \in \{1, \ldots, I\}$:

$$L_i(x^*, \lambda^*) \leq 0\,, \qquad x_i^* \geq 0\,, \qquad x_i^* L_i(x^*, \lambda^*) = 0\;,$$

und

$$L_\lambda(x^*, \lambda^*) \geq 0\,, \qquad \lambda^* \geq 0\,, \qquad \lambda^* L_i(x^*, \lambda^*) = 0\;.$$

Satz A.15 (Envelope Theorem (Umhüllungssatz)):

Für das mit dem Vektor q parametrisierte Maximierungsproblem $v(q) = \max_x f(x|q)$ unter den Nebenbedingungen $g_i(x|q) = b_i$ für $i \in I$ und einem differenzierbaren $\bar{q} \in \Re^S$ mit den LAGRANGE-Multiplikatoren λ_i für Lösungsfunktion $x(\bar{q})$ an der Stelle $\bar{q}$, besagt das Envelope Theorem für alle s:[19]

$$\frac{\partial v(\bar{q})}{\partial q_s} = \frac{\partial f(x(\bar{q})|\bar{q})}{\partial q_s} - \sum_{i \in I} \lambda_i \frac{\partial g_i(x(\bar{q})|\bar{q})}{\partial q_s} \qquad \forall s \in S$$

A.4 Regel von Bayes

Die allgemeine Regel von Bayes lautet:[20]

$$\text{prob}\{A_i|B_j\} = \frac{\text{prob}\{A_i\} \cdot \text{prob}\{B_j|A_i\}}{\text{prob}\{B_j\}} = \frac{\text{prob}\{A_i\} \cdot \text{prob}\{B_j|A_i\}}{\sum_n \text{prob}\{A_n\} \cdot \text{prob}\{B_j|A_n\}}$$

Verbal ausgedrückt bedeutet dies: Bevor eine Partei zusätzliche Informationen erhält, hat sie eine a-priori-Wahrscheinlichkeitsverteilung prob$\{A_i\}$ über die nichtunterscheidbaren Ereignisse A_n mit $n = 1, \ldots, i, \ldots N$. Nun beobachtet die Partei das Signal B_j aus der Menge B_m mit $m = 1, \ldots, j, \ldots M$. Daraufhin revidiert sie ihre Wahrscheinlichkeitseinschätzung für das Ereignis A_i. Der Partei ist bekannt, dass das Signal B_j mit der Wahrscheinlichkeit prob$\{B_j|A_i\}$ gesendet wird, falls A_i wahr wäre. Wenn man B_j beobachtet, berechnet sich die Wahrscheinlichkeit für A_i nunmehr aus prob$\{A_i\} \cdot$ prob$\{B_j|A_i\}$, korrigiert durch die Gesamtwahrscheinlichkeit prob$\{B_j\}$, mit der das Signal B_j überhaupt erwartet wurde.[21]

19 Vgl.: MAS-COLELL/WHINSTON/GREEN: Microeconomic Theory, S 964 f..

20 Ursprünglich erwähnt in: BAYES, Thomas/PRICE, Richard: An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. By the Late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. Communicated by Mr. Price, in a Letter to John Canton, A. M. F. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 53 1763, ..

21 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 51.

Um diese Aussage numerisch darzustellen, folgt ein kleines Beispiel angelehnt an HOLLER/ILLING, welches als Ergänzung zu den Beispielen aus Kapitel 2.5.4 und 4.5.2 angesehen werden kann:

Ein Unternehmer plant den Abbau von Mineralien, dabei kann er in ein Grundstück investieren, das möglicherweise ($\text{prob}\{\pi_H\}$) eine abbauwürdige Lagerstätte mit einem hohen Gewinn π_H darstellt. Das Mineralvorkommen kann aber andererseits ($1 - \text{prob}\{\pi_H\}$) von minderer Qualität, mit einem niedrigen Gewinn π_L sein. Nun stellt sich die Frage, in welches Grundstück der Unternehmer investieren soll.

Die dargestellte Situation lässt sich wie folgt aus der Sicht der Spieltheorie darstellen: Die Natur wählt die Art der Lagerstätte. Eine abbauwürdige Lagerstätte tritt mit der Wahrscheinlichkeit von $\text{prob}\{\pi_H\} = 0{,}3$ auf, eine nichtabbauwürdige hingegen mit $1 - \text{prob}\{\pi_H\} = 0{,}7$. Wenn der Investor seine Entscheidung trifft, ist die Wahl der Natur nicht bekannt. Es besteht die Möglichkeit durch Erkundungsbohrungen genauere Informationen s_j über die Qualität der Lagerstätte einzuholen. Diese Bohrungen können erfolgreich sein (Signal s_E), oder ein Misserfolg (Signal s_M). Der Erfolg oder Misserfolg lässt allerdings keine eindeutigen Schlüsse auf die Qualität der Lagerstätte zu. Ist die Qualität des Vorkommens hoch, besteht freilich eine größere Wahrscheinlichkeit $\text{prob}\{s_E|\pi_H\} = 0{,}6$ für eine erfolgreiche Bohrung. Immerhin kann mit $\text{prob}\{s_M|\pi_H\} = 0{,}4$ trotz hoher Qualität die Bohrung erfolglos bleiben. Bei niedriger Qualität ist die Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Bohrung sehr gering. Es gilt $\text{prob}\{s_E|\pi_L\} = 0{,}2$ und $\text{prob}\{s_M|\pi_L\} = 0{,}8$.

Nun kann der Unternehmer aus den Erkundungsbohrungen lernen. Ihn interessiert die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Lagerstätte qualitativ hochwertig ist, wenn die Bohrungen erfolgreich verlaufen ($\text{prob}\{\pi_H|s_E\}$) bzw. wenn sie ohne Erfolg bleiben ($\text{prob}\{\pi_H|s_M\}$).

$$\begin{aligned}
\text{prob}\{\pi_H|s_E\} &= \frac{\text{prob}\{\pi_H\} \cdot \text{prob}\{s_E|\pi_H\}}{\text{prob}\{s_E\}} \\
&= \frac{\text{prob}\{\pi_H\} \cdot \text{prob}\{s_E|\pi_H\}}{\text{prob}\{\pi_H\} \cdot \text{prob}\{s_E|\pi_H\} + \text{prob}\{\pi_L\} \cdot \text{prob}\{s_E|\pi_L\}} \\
&= \frac{0{,}3 \cdot 0{,}6}{0{,}3 \cdot 0{,}6 + 0{,}7 \cdot 0{,}2} = 0{,}56
\end{aligned}$$

$$\text{prob}\{\pi_H|s_M\} = \frac{0{,}3\cdot 0{,}4}{0{,}3\cdot 0{,}4+0{,}7\cdot 0{,}8} = 0{,}18$$

$$\text{prob}\{\pi_L|s_E\} = \frac{0{,}7\cdot 0{,}2}{0{,}3\cdot 0{,}6+0{,}7\cdot 0{,}2} = 0{,}44$$

$$\text{prob}\{\pi_L|s_M\} = \frac{0{,}7\cdot 0{,}8}{0{,}3\cdot 0{,}4+0{,}7\cdot 0{,}8} = 0{,}82$$

Während die a-priori-Wahrscheinlichkeit für eine abbauwürdige Lagerstätte bei 0,3 lag, ist die a-posteriori-Wahrscheinlichkeit aufgrund der Erkundungsbohrungen wesentlich höher und liegt damit bei 0,56, falls eine erfolgreiche Bohrung durchgeführt wurde.

B Glossar

additiv separierbar Eine additiv separierbare Nutzenfunktion kann als Summe einzelner Nutzenwerte aufgefasst werden.

Adverse Selection Von adverse selection oder Selektionsproblem wird gesprochen, wenn der Prinzipal bereits vor Vertragsabschluss einen Informationsnachteil gegenüber seinen Agenten besitzt. Für den Agenten besteht der Anreiz, sich ex ante opportunistisch zu verhalten.[1]

agency costs beschreiben die Nutzeneinbußen des Prinzipals zwischen First-Best und Second-Best Fall.[2]

Agent oder Auftragnehmer ist derjenige, der die Aufgabe ausführt und dafür entlohnt wird. Er kennt handlungsrelevante Sachverhalte und Informationen, die der Prinzipal selbst nicht wahrnehmen kann und besitzt somit einen Informationsvorsprung.

Allokation Unter Allokation wird die Aufteilung gegebener Ressourcenbestände (Produktionsfaktoren) auf unterschiedliche Verwendungsmöglichkeiten verstanden.[3]

Anreizkompatibilitätsbedingung oder incentive compatibility constraint garantiert den optimalen Arbeitseinsatz des Agenten. Dieser Arbeitseinsatz wird nach der Unterzeichnung des Vertrages (unabhängig von der vertraglichen Regelung) vom Agenten gewählt, weil dieser ihm den höchsten Nutzen bietet.

Arbeitseinsatz effort, Aufwand, etc. beschreibt die für die Aufgabenerfüllung notwendigen Anstrengungen des Agenten.[4]

belief Der Belief eines Prinzipals gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der der Prinzipal glaubt, einem bestimmten Typ von Agenten gegenüber zu stehen.

common knowledge beschreibt jenes Wissen, das allen Parteien gleichermaßen bekannt ist. Common knowledge (gemeinsames Wissen) sind Dinge, die jede Partei weiß und von denen jeder auch weiß, das sie allen anderen bekannt sind und zudem, dass auch alle anderen wiederum wissen, dass sie allen bekannt sind etc.[5]

---

1 Vgl.: FURUBOTN/RICHTER: Neue Institutionenökonomik. Eine Einführung und kritische Würdigung, S 509.
2 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 82.
3 WIRTSCHAFTSLEXIKON24.NET: Allokation. 10 2011 ⟨URL: `http://www.wirtschaftslexikon24.net`⟩.
4 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 30.
5 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 43.

convexity of the distribution function condition drückt aus, dass die Wahrscheinlichkeit für ein hohes Projektergebnis nicht überproportional mit dem Arbeitseinsatz steigt.[6]

Dichtefunktion Eine Dichtefunktion beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Zufallsvariable eine bestimmte Merkmalsausprägung annimmt. Dies gilt allerdings nur bei diskreten Merkmalen. Bei stetigen Merkmalen können über die Dichtefunktion keine Aussagen über das Eintreffen einer Merkmalsausprägung getroffen werden, hier werden die Wahrscheinlichkeiten über die Verteilungsfunktion ermittelt.[7]

Effizienzbedingung bindet für das optimale Menü an Verträgen den effizienten Agenten.[8]

Entlohnung wage, Lohn etc. beschreibt die monetäre Entlohnung des Agenten.

ex ante beschreibt einen Zeitraum vor Vertragsabschluss.

ex post beschreibt einen Zeitraum nach Vertragsabschluss.

First-Best Lösung beschreibt den optimalen Vertrag unter Informationssymmetrie.[9]

first-order stochastic dominance Bei einem größeren Arbeitseinsatz, soll ebenfalls das wahrscheinliche Projektergebnis größer werden.[10]

gemischte Modelle sind Modelle in denen sowohl adverse selection als auch moral hazard auftreten.

hidden action In diesem Fall kann der Prinzipal zwar das Ergebnis beobachten, aufgrund der bestehenden Umwelteinflüsse aber nicht eindeutig auf die Entscheidung bzw. das Arbeitseinsatz des Agenten schließen.[11]

hidden characteristics Solch ein Problem liegt vor, wenn dem Prinzipal vor Eingehen der Vertragsbeziehung relevante Eigenschaften des Agenten, wie z.B. Begabung oder Risikoeinstellung, nicht zugänglich sind.[12]

hidden information Hier lässt sich nur der Arbeitseinsatz des Agenten beobachten, wobei dieser aber zum Zeitpunkt der Entscheidung über einen Informationsvorsprung verfügt, den er zur Eigennutzmaximierung ausnutzt.[13]

---

6 Vgl.: NEUS: Ökonomische Agency-Theorie und Kapitalmarktgleichgewicht, S 67.
7 STATISTA-LEXIKON: Dichtefunktion. 03 2012 ⟨URL: `http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/48/dichtefunktion/`⟩.
8 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 126.
9 A. a. O., S 85 f.
10 Vgl.: PETERSEN: Optimale Anreizsysteme, S 43.
11 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 158.
12 A. a. O.
13 Vgl.: a. a. O.

hidden intension Hier entsteht die Informationsasymmetrie in den verborgenen Verhaltensmerkmalen der anderen Partei, die aber deren Willen unterliegt, wie zum Beispiel Kulanz, Fairness und Ehrlichkeit.[14]

homo oeconomicus Rational denkender Mensch, bei dem vollständige Informationen und unbegrenzte Rechenkapazität vorausgesetzt werden, und der sich ökonomisch unter gegebenen Bedingungen so verhält, dass er seinen Nutzen bzw. Gewinn maximiert.[15]

Indifferenzkurven stellt alle Kombinationen dar, zwischen denen eine Partei gemäß seinen Präferenzen indifferent ist, die er also als gleich gut einschätzt.

indirekte Nutzenfunktion gibt den Nutzen an, welchen der Agent aus dem Vertrag erhält.[16]

individuelle Rationalitäten Ein Spieler verhält sich individuell rational, wenn er seinen individuellen Nutzen maximiert, ohne dabei Rücksicht auf die Auswirkungen für andere Spieler zu nehmen.

LEN-Modell ist ein stochastisches Entscheidungsmodell mit einer linearen Entlohnungsfunktion, exponentiellen Nutzenfunktion des Agenten und normalverteilten Zufallsvariablen zugrunde gelegt.[17]

Likelihood Quotient impliziert, dass der Lohn mit steigendem Projektergebnis, ebenfalls wachsen muss.[18]

Menü an Verträgen Werden dem Agenten nicht ein, sondern mehrere Verträge angeboten, so spricht man von einem Menü an Verträgen. Wählt der Agent dann den für ihn optimalen Vertrag aus, so gibt er durch seine Wahl automatisch Informationen an den Prinzipal weiter.[19]

monetären Nutzen beschreibt jenen Nutzen, welchen der Agent aus der Entlohnung erhält.

monotone likelihood ratio condition beschreibt das Verhältnis zwischen den Projektergebnissen bei einem geringen und einem hohen Arbeitseinsatz.[20]

Moral Hazard Wenn der Agent nach Vertragsabschluss entweder mehr Informationen erlangt hat als der Prinzipal (hidden information), oder die Möglich-

14 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 158.
15 NEUBÄUMER/HEWEL: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik, S 126.
16 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 129.
17 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 58.
18 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 87.
19 Vgl.: a. a. O., S 8.
20 Vgl.: KLEINE: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie, S 52.

keit zur hidden action besitzt, und somit Handlungen setzt, die der Prinzipal nicht beobachten kann, so wird von moral hazard gesprochen.[21]

Nutzenfunktionen ist eine Quantifizierung der Präferenzen einer Person gegenüber bestimmten Objekten oder Handlungen.[22]

Nutzenverlust disutility, Kosten, Aufwand, etc. beschreibt jenen Nutzen, den der Agent verliert, wenn er einen Arbeitseinsatz erbringt.

opportunistisches Verhalten Dieses Verhalten beschreibt, dass jede Partei ihren eigenen Nutzen individuell maximiert, dies kann zu einem nicht kooperativ Handeln führen.

optimaler Vertrag Ein optimaler Vertrag muss nicht nur dafür sorgen, dass bei der Produktion ein effizienter Ressourceneinsatz erfolgt, vielmehr muss auch gewährleistet sein, dass die Aufteilung des erwirtschafteten Outputs nach Maßstäben erfolgt, die keiner der beteiligten Parteien Anreize zum Vertragsbruch geben.[23]

out of equilibrium belief Diese Wahrscheinlichkeiten können im postulierten Gleichgewicht nicht auftreten[24]

Partizipationsbedingung oder partitcipation contraint garantiert, dass der Agent den Vertrag auch anzunehmen bereit ist.

pooling equilibrium Jeder Typ von Agent übermittelt dasselbe Signal.

Prinzipal oder Auftraggeber ist derjenige, der eine Aufgabe delegiert und daraus einen bestimmten Nutzen zieht. Dafür hat er ein entsprechendes Entgelt zu bezahlen.

prohibitive Kosten sind jene Kosten, bei denen der Prinzipal nicht mehr bereit bzw. nicht mehr in der Lage ist diese aufzubringen.

Projektergebnis payoff, Betriebsergebnis, Zahlungsüberschuss, Bruttogewinn, Output, Cash Flow, Ertrag, etc. beschreibt das Ergebnis der vom Prinzipal delegierten Aufgabe an den Agenten.

Referenzlösung siehe First-Best Lösung. Sie wird als Vergleich zur Second-Best Lösung herangezogen.

Regel von Bayes Die Regel von Bayes stellt eine Formel für prob$\{A|B\}$ dar. Diese beschreibt die (bedingte) Wahrscheinlichkeit für das Ereignis A wenn das Ereignis B bereits eingetreten ist. Seien prob$\{A\}$, prob$\{B\}$ und prob$\{A,B\}$ (a-priori) Wahrscheinlichkeiten , dass sich Ereignis A oder Ereignis B oder

21 Vgl.: FURUBOTN/RICHTER: Neue Institutionenökonomik. Eine Einführung und kritische Würdigung, S 515.
22 Vgl.: DAVIS: Spieltheorie für Nichtmathematiker, S 63.
23 BANNIER: Vertragstheorie, S 148.
24 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 179.

beide Ereignisse A und B auftreten. Die Regel von Bayes besagt, dass $\text{prob}\{A|B\} = \text{prob}\{A,B\}/\text{prob}\{B\}$. In Worten: die bedingte Wahrscheinlichkeit für A, wenn B beobachtet werden kann, ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass A und B auftreten, geteilt durch die a-priori Wahrscheinlichkeit von B.[25]

Reservationsnutzen beschreibt jenen Nutzen, den der Agent durch externe Möglichkeiten erreichen kann.[26]

Risikoaffinität bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei Wahl zwischen mehreren Alternativen gleichen Erwartungswerts stets die Alternative mit dem größeren Risiko hinsichtlich des Ergebnisses - und damit auch dem höchstmöglichen Gewinn - zu bevorzugen. Risikofreudige Vertragsparteien bevorzugen also einen möglichst hohen Gewinn, auch wenn dieser dadurch unsicher wird.[27]

Risikoaversion bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei der Wahl zwischen mehreren Alternativen gleichen Erwartungswertes stets die Alternative mit dem geringeren Risiko hinsichtlich des Ergebnisses - und damit auch dem geringstmöglichen Verlust - zu bevorzugen. Risikoscheue Vertragsparteien bevorzugen also einen möglichst sicheren Gewinn, auch wenn dieser dadurch kleiner ausfällt.[28]

Risikoneutralität bezeichnet die Eigenschaft einer Vertragspartei, bei der Wahl zwischen verschiedenen Alternativen gleichen Erwartungswerts weder sichere noch unsichere Alternativen zu bevorzugen, sondern sich allein an deren mathematischem Erwartungswert zu orientieren.[29]

screening Hier wird zuerst der Vertrag unterbreitet und danach wählt der Agent erst sein Signal.[30]

Second-Best Lösung Dies ist die Lösung des optimalen Vertrags unter Informationsasymmetie. Die Second-Best-Lösung versucht den bestehenden trade off zwischen Effizienz und Risikoteilung zu minimieren.[31]

Selbst-Selektionsbedingung siehe Anreizkompatibilitätsbedingung.

self selection Durch die Wahl eines bestimmten Vertrages offenbart der Agent seine Intention.

25 Vgl.: GIBBONS: Game theory for applied economists, S 149 Fußnote 2.
26 Vgl.: MACHO-STADLER/PEREZ-CASTRILLO: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts, S 20.
27 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikofreude.
28 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikoaversion.
29 Vgl.: WIKIPEDIA.ORG: Risikoneutralität.
30 Vgl.: RASMUSEN: Games and Information: An Introduction to Game Theory, S 267.
31 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 14.

separating equilibrium Je nach Typ des Agenten wird ein anderes Signal übermittelt.[32]

Signal Ein Signal selbst ist eine Aktion oder eine Entscheidung, die beweist, dass der Agent zu einer bestimmten Kategorie von Agenten gehört.[33]

signalling Hier übermittelt der Agent von sich aus ein Signal an den Prinzipal und trägt so zur Minimierung der Informationsasymmetie vor Vertragsabschlus bei.

Spence-Mirrlees Bedingung besagt, je effizienter ein Agent ist, desto geringer muss der gebotene Lohn für diesen Typ von Agent sein, um ihn zu einem bestimmten Arbeitseinsatz zu bewegen.[34]

Spieltheorie ist in erster Linie ein Teilgebiet der Mathematik. Hier werden Entscheidungssituationen modelliert, in denen sich mehrere Beteiligte gegenseitig beeinflussen. Sie versucht dabei u. a. das rationale Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen abzuleiten.[35]

Theorie der Verfügungsrechte Inhalte und Struktur der Verfügungsrechte (Eigentumsrechte) beeinflussen in spezifischer und vorhersehbarer Weise die Allokation und die Nutzung von Ressourcen.[36]

Transaktionskosten Der Begriff der Transaktionskosten ist nicht abschließend definiert. In der Regel ist darunter der gesamte Prozess der Klärung, Vereinbarung und Abwicklung eines Leistungsaustausches zu verstehen.[37]

Verteilungsfunktion Die Verteilungsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen einer Zufallsvariablen und deren Wahrscheinlichkeiten, d.h. sie gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Zufallsvariable höchstens einen bestimmten Wert annimmt.[38]

Vertrag bezeichnet sämtliche institutionelle Vorkehrungen, welche die Möglichkeiten der strategischen Interaktion von individuellen Entscheidungsträgern definieren, beeinflussen und koordinieren.[39]

zero profit constraint beschreibt jene Situation, bei dem der Prinzipal aus dem optimalen Vertrag einen Nutzen von Null erzielt.[40]

32 Vgl.: HOLLER/ILLING: Einführung in die Spieltheorie, S 179.
33 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 148.
34 Vgl.: Fußnote 2: a. a. O., S 150.
35 WIKIPEDIA.ORG: Spieltheorie. 03 2012 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Spieltheorie`⟩.
36 Vgl.: BLUM et al.: Angewandte Institutionenökonomik, S 45.
37 NEUBÄUMER/HEWEL: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik, S 125.
38 STATISTA-LEXIKON: Verteilungsfunktion. 03 2012 ⟨URL: `http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/140/verteilungsfunktion/`⟩.
39 SCHWEIZER: Vertragstheorie, S 5.
40 Vgl.: BANNIER: Vertragstheorie, S 153.

Zielfunktion beschreibt jene Funktionen, die optimiert werden (Minimum bzw. Maximum). Die Zielfunktion stellt hier den Gewinn des Prinzipals bzw. des Agenten dar.

C Symbolverzeichnis

C.1 Hidden Action

C.1.1 Prinzipal-Agent-Beziehung

e	Arbeitseinsatz des Agenten (effort)
e^*	vom Prinzipal geforderter Arbeitseinsatz des Agenten
E	Menge aller zulässigen Arbeitseinsätze (Aktionsmenge)
π	Projektergebnis (payoff)
Π	Menge aller möglichen Betriebsergebnisse
w	Entlohnungsfunktion für den Agenten
θ	Zufallsvariable, die das Projektergebnis beeinflusst (Störgröße)
Θ	Menge aller möglichen Umweltzustände
U_A	Nutzenfunktion des Agenten
U_P	Nutzenfunktion des Prinzipals
U_0	Reservationsnutzen des Agenten
ZF_P	Zielfunktion des Prinzipals
ZF_A	Zielfunktion des Agenten
E	Erwartungswertoperator

C.1.2 Entscheidungsmodelle

U	Nutzenfunktion
w	Entlohnungsfunktion
E	Erwartungswertoperator
$E(U)$	erwarteter Nutzen
$E(w)$	erwarteter Lohn
$r(w)$	Risikoaversionskoeffizient

C.1.3 Modelltheoretische Variablen

$U(w)$	monetärer Nutzen des Agenten
$V(e)$	Nutzenverlust des Agenten
ψ	Zufallsabhängiges Ergebnis
$F(\pi\|e)$	parametrische Verteilungsfunktion des Ergebnis
$f(\pi\|e)$	parametrisierte Dichtefunktion des Ergebnis
$p_i(e)$	Wahrscheinlichkeit für das Projektergebnis π_i bei der Wahl von e
e_L	niedriger Arbeitseinsatz des Agenten
e_H	hoher Arbeitseinsatz des Agenten
π_L	niedriges Betriebsergebnis
π_H	hohes Betriebsergebnis
λ	LAGRANGE-Multiplikator der Partizipationsbedingung
μ	LAGRANGE-Multiplikator der Anreizkompatibilitätsbedingung

C.2 Beispiel für Hidden Action

n_d	Anzahl der Bohrungen
t_d	durchschnittliche Bohrtiefe
t_g	gesamte Bohrtiefe
b	Budget des Investors
z	interne Kalkulationszins
g	Gültigkeitsdauer der Genehmigung
k	tägliche Konventionalstrafe
π_i	ein mögliches Betriebsergebnis
w_i	eine mögliche optimale Lohnzahlung

C.3 Hidden Information

C.3.1 Market for Lemons

θ	Zufallsvariable, die die Qualitätsstufe eines Gutes beschreibt
$F(\theta)$	Verteilungsfunktion der Qualitätsstufe
P	Verkaufspreis des Gutes
U_K	Nutzenfunktion des Käufers
U_V	Nutzenfunktion des Verkäufers
π_K	Payoff des Käufers
π_V	Payoff des Verkäufers
θ_G	Qualitätsstufe eines guten Gutes
θ_S	Qualitätsstufe eines schlechten Gutes
p	Eintrittswahrscheinlichkeit für eine Qualitätsstufe
p_G	Eintrittswahrscheinlichkeit für eine gute Qualitätsstufe
p_S	Eintrittswahrscheinlichkeit für eine schlechte Qualitätsstufe
P_G	Verkaufspreis für ein gutes Gut
P_S	Verkaufspreis für ein schlechtes Gut
$\bar{\theta}$	Qualitätsstufe eines durchschnittlichen Gutes
$\bar{P}$	Verkaufspreis für ein durchschnittliches Gut

C.3.2 Prinzipal-Agent-Beziehung

e	Arbeitseinsatz des Agenten (effort)
E	Menge aller zulässigen Arbeitseinsätze (Aktionsmenge)
π	Projektergebnis (payoff)
Π	Menge aller möglichen Betriebsergebnisse
w	Entlohnungsfunktion für den Agenten
e^*	vom Prinzipal geforderter Arbeitseinsatz des Agenten
w^*	optimaler Lohn für den geforderten Arbeitseinsatz des Agenten

θ_U	Zufallsvariable, die das Projektergebnis beeinflusst (Störgröße)
Θ_U	Menge aller möglichen Umweltzustände
θ_C	Zufallsvariable, die den Agenten beschreibt
$\hat{\theta}_C$	angegebene Qualifikation des Agenten
Θ_C	Menge aller möglichen Agenten
U_A	Nutzenfunktion des Agenten
U_P	Nutzenfunktion des Prinzipals
U_0	Reservationsnutzen des Agenten
$V(e)$	Nutzenverlust des Agenten
k	Parameter für den Nutzenverlust des Agenten
K	Menge aller möglichen Parameter für den Nutzenverlust
k_L	Parameter für einen niedrigen Nutzenverlust des Agenten
k_H	Parameter für einen hohen Nutzenverlust des Agenten
$F(k)$	Verteilungsfunktion der Agenten-Typen
$f(k)$	Dichtefunktion der Agenten-Typen
ZF_A	Zielfunktion des Agenten
E	Erwartungswertoperator
λ	LAGRANGE-Multiplikator der Partizipationsbedingung
E	Erwartungswertoperator
θ^*	vom Prinzipal geforderter Agenten-Typ

C.3.3 Modelltheoretische Variablen

$e(k)$	Funktion des Arbeitseinsatzes
$w(k)$	Funktion der Entlohnung
$I(k)$	indirekte Nutzenfunktion des Agenten

C.4 Beispiel für Hidden Information

θ_S	schlechter Agent
θ_G	guter Agent
e_L	niedriger Arbeitseinsatz des Agenten
e_M	mittlerer Arbeitseinsatz des Agenten
e_H	hoher Arbeitseinsatz des Agenten
k_S	Parameter für einen schlechten Agenten
k_G	Parameter für einen guten Agenten
q	Eintrittswahrscheinlichkeit für einen guten Agenten
$U_{0,S}$	Reservationsnutzen des schlechten Agenten
$U_{0,G}$	Reservationsnutzen des guten Agenten
λ	LAGRANGE-Multiplikator der Partizipationsbedingung
μ	LAGRANGE-Multiplikator der Selbst-Selektionsbedingung
δ	LAGRANGE-Multiplikator der Selbst-Selektionsbedingung
e_S	Arbeitseinsatz des schlechten Agenten
e_G	Arbeitseinsatz des guten Agenten
w_S	Entlohnung des schlechten Agenten
w_G	Entlohnung des guten Agenten

C.5 Signalling

θ	Zufallsvariable, die den Agenten beschreibt
$F(\theta)$	Verteilungsfunktion der Qualitätsstufe
e	Grad der Zertifizierung
c	Kosten der Zertifizierung
$F(\theta_G\|e)$	Wahrscheinlichkeit für einen guten Arbeiter bei beobachtetem Zertifizierungsgrad
e_G^*	Grad der optimalen Zertifizierung eines guten Agenten
e_S^*	Grad der optimalen Zertifizierung eines schlechten Agenten
e^*	gemeinsamer Grad der optimalen Zertifizierung

C.6 Einheiten

m	Meter
NE	Nutzeneinheit
Stk	Stück
Eur	Euro
$\%$	Prozent
d	Tage
Eur/d	Euro pro Tag
$-$	Ohne Einheit

Literaturverzeichnis

AKERLOF, George A.: The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84 Aug. 1970, Nr. 3, pp. 488–500

ARROW, Kenneth J.: The Theory of Risk Aversion. International Economic Review, 1970a, S 90–120

ARROW, Kenneth J.; Pratt, John Winsor/Zeckhauser, Richard (Hrsg.): Kap. The Economics of Agency In Principal and Agents: The Structure of Business. Harvard Business School Press, 1985, S 37 – 51

BAMBERG, Günter/COENENBERG, Adolf G.: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 13. Auflage. München: Vahlen Verlag, 2006, S 330

BANNIER, Christiana E.: Vertragstheorie. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005, S 218

BAYES, Thomas/PRICE, Richard: An Essay towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. By the Late Rev. Mr. Bayes, F. R. S. Communicated by Mr. Price, in a Letter to John Canton, A. M. F. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 53 1763, pp. 370–418

BLUM, Ulrich et al.: Angewandte Institutionenökonomik. 1. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005, S 309

BREID, V.: Aussagefähigkeit agencytheoretischer Ansätze im Hinblick auf die Verhaltenssteuerung von Entscheidungsträgern. Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, Vol. 47 1995, Nr. 9/95, S 821–852

CAILLAUD, Bernard/HERMALIN, Benjamin: The Use of an Agent in a Signalling Model. Journal of Economic Theory, Vol. 60 1993, pp 83–113

CEN: EN ISO 9001:2008 Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen. International Organization for Standardization, 12 2008 (9001). – EN ISO

CHRISTIAN BAYER, Tobias Guse/HEUFER, Jan: Skriptum: Informationsökonomik. Technische Universität Dortmund, 2008

COASE, Ronald H.: The Nature of the Firm. Economica, Vol. 4 Nov 1937, Nr. 16, pp. 386–405

DASWIRTSCHAFTSLEXIKON.COM: Vertragstheorie. 7 2011 ⟨URL: `http://www.daswirtschaftslexikon.com`⟩

DAVIS, Morton D.: Spieltheorie für Nichtmathematiker. München, Wien: Oldenbourg, 1972, S 216

Edlin, Aaron S./Shannon, Chris: Strict Single Crossing and the Strict Spence-Mirrlees Condition: A Comment on Monotone Comparative Statics. Econometrica, Vol. 66 Nov. 1998, Nr. 6, pp. 1417–1425

Furubotn, Erik G./Richter, Rudolf: Neue Institutionenökonomik. Eine Einführung und kritische Würdigung. 2. Auflage. Tübingen: Mohr Siebeck, 1999

Gibbons, Robert: Game theory for applied economists. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992, S 267

Grossman, Sanford J./Hart, Oliver D.: An Analysis of the Prinzipal-Agent Problem. Econometrica, Vol. 51 1983, Nr. 1, pp 7–45

Guesnerie, Roger/Laffont, Jean-Jacques: A Complete Solution to a Class of Principal-Agent Problems with Application to the Control of a Self-Managed Firm. Journal of Public Economics, Vol. 25 1984, p. 329–369

Heck, Detlef/Schlagbauer, Dieter: Skriptum: Bauwirtschaftslehre. WS 11/12 Auflage. Graz: Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, 2011

Holler, Manfred J./Illing, Gerhard: Einführung in die Spieltheorie. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2006, S 429

Holmström, Bengt: Moral hazard and observability. The Bell Journal of Economics, Vol. 10 1979, Nr. 1, pp 74–91

Keeney, Ralph L.: Risk Independence and Multiattributed Utility Functions. Ec, Vol. 41 1973, Nr. 1, p 27–33

Kiener, Stefan: Die Principal-Agent-Theorie aus informationsökonomischer Sicht. Heidelberg: Physica-Verlag, 1990, S 204

Kleine, Andreas: Entscheidungstheoretische Aspekte der Prinzipal-Agent-Theorie. Heidelberg: Physica-Verlag, 1996

Laux, Helmut: Grundfragen der Organisation: Delegation, Anreiz und Kontrolle. Berlin: Springer-Verlag, 1979

Levy, Haim/Sarnat, Marshall: Portfolio and Investment Selection: Theory and Practice. New York: Prentice Hall, 1984, S 768

Macho-Stadler, Ines/Perez-Castrillo, J. David: An Introduction to the Economics of Information: Incentives and Contracts. Oxford: Oxford University Press, 2001, 2, p. 287

Mas-Colell, Andreu/Whinston, Michael D./Green, Jerry R.: Microeconomic Theory. New York, NY [u.a.]: Ox, 1995, p 981

MILGROM, Paul R.: Good News and Bad News: Representation Theorems and Applications. The Bell Journal of Economics, Vol. 12 1981, Nr. 2, pp. 380–391

MIRRLEES, James A.: The Optimal Structure of Incentives and Authority Within an Organization. The Bell Journal of Economics, Vol. 7 1976, Nr. 1, p 105–131

MORGENSTERN, Oskar: Prolegomena to a Theory of Organization. U.S. Air Force, 10 Dec. 1951, Nr. RM-734, p 59

MYERSON, Roger B.: Incentive Compatibility and the Bargaining Problem. Econometrica, Vol. 47 Jan. 1979, pp 61–74

NEUBÄUMER, Renate/HEWEL, Brigitte: Volkswirtschaftslehre: Grundlagen der Volkswirtschaftstheorie und Volkswirtschaftspolitik. 4. Auflage. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2005

NEUMANN, John von/MORGENSTERN, Oscar: Theory of Games and Economic Behavior. Band 60, New York: Princeton University Press, 2004, S 739

NEUS, Werner: Ökonomische Agency-Theorie und Kapitalmarktgleichgewicht. Wiesbaden: Gabler, 1989, S 304

NISTER, Oliver: Die baubetrieblichen und bauökonomischen Aspekte des Vertragswesens der Projektentwicklung aus der Sicht Unvollständiger Verträge. Dortmund: Universität Dortmund, 2005, S 332

PETERSEN, Thomas: Optimale Anreizsysteme. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1989, S 294

POENSGEN, O.H.: Geschäftsbereichsorganisation. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1973

RASMUSEN, Eric: Games and Information: An Introduction to Game Theory. 3. Auflage. Malden, Mass. [u.a.]: Blackwell, 2004, p. 445

ROGERSON, William P.: The First-Order Approach to Prinzipal-Agent Problems. Econometrica, Vol. 53 1985b, Nr. 6, S. 1357–1368

SCHMIDT, Klaus: VWL III, Spieltheorie. München: Volkswirtschaftliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität, 2001

SCHWEIZER, Urs: Vertragstheorie. Tübingen: Mohr Siebeck, 1999, S 295

SHAVELL, Steven: Risk sharing and incentives in the principal and agent relationship. Econometrica, Vol. 10 1975, Nr. 1, S. 55–73

SPENCE, Michael: Job Market Signaling. Quarterly Journal of Economics, Vol. 87 Aug. 1973, Nr. 3, pp. 355–374

SPREMANN, Klaus; Bamberg, Günter/Spremann, Klaus (Hrsg.): Kap. Agent and Principal In Agency Theory, Information, and Incentives. Berlin: Springer Verlag, 1987, pp. 3–37

SPREMANN, Klaus: Asymmetrische Information. Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Vol. 60 1990, pp. 561–586

STATISTA-LEXIKON: Dichtefunktion. 03 2012 ⟨URL: `http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/48/dichtefunktion/`⟩

STATISTA-LEXIKON: Verteilungsfunktion. 03 2012 ⟨URL: `http://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/140/verteilungsfunktion/`⟩

WIKIPEDIA.ORG: Risikoaversion. 10 2011 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Risikoaversion`⟩

WIKIPEDIA.ORG: Risikofreude. 10 2011 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Risikofreude`⟩

WIKIPEDIA.ORG: Risikoneutralität. 10 2011 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Risikoneutralität`⟩

WIKIPEDIA.ORG: Spieltheorie. 03 2012 ⟨URL: `http://de.wikipedia.org/wiki/Spieltheorie`⟩

WILLIAMSON, Oliver E.: Die ökonomischen Institutionen des Kapitalismus. Tübingen: Mohr Siebeck, 1990, S 382

WIRTSCHAFTSLEXIKON24.NET: Allokation. 10 2011 ⟨URL: `http://www.wirtschaftslexikon24.net`⟩