

KOLLUSION IN AUKTIONEN

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
(Dr. rer. pol.)

des Fachbereiches Wirtschaftswissenschaften
der Universität Hamburg

vorgelegt von
Diplom-Volkswirt · Diplom-Kaufmann
Christoph Menzel
aus Hamburg

Dezember 2000

Mitglieder der Promotionskommission

Vorsitzender: Prof. Dr. Bernd Lucke

1. Gutachter: Prof. Dr. Manfred Holler

2. Gutachter: Prof. Dr. Wilhelm Pfähler

Das wissenschaftliche Gespräch fand am 14. März 2001 statt.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung	1
1.1 Kollusion in Auktionen?	1
1.2 Fragestellung und Zielsetzung	2
1.3 Vorgehensweise	3
2. Grundlagen der Auktionstheorie	5
3. Kollusion in Standardauktionen	13
3.1 Grundlagen und Bedingungen für effiziente Kollusion	13
3.2 Interne Mechanismen einer effizienten Kollusion	16
3.2.1 Anforderungen an Kollusionsmechanismen	16
3.2.2 Kollusionsmechanismen in Zweitpreis- und Englischen Auktionen	19
3.2.2.1 Der „Preauktion Knockout“-Mechanismus	19
3.2.2.2 Eigenschaften allgemeiner Kollusionsmechanismen	24
3.2.3 Kollusionsmechanismus in allgemeinen Standardauktionen	32
3.3 Auswirkung einer Kollusion auf das Auktionsergebnis	37
3.3.1 Kollusionseffekte in Zweitpreis- und Englischen Auktionen	39
3.3.2 Kollusionseffekte in Erstpreisauktionen	42
3.3.2.1 Nicht über die Kollusion informierte Einzelbieter	42
3.3.2.2 Über die Kollusion informierte Einzelbieter	46
3.3.3 Vergleich von Zweit- und Erstpreisauktion	51
3.3.4 Kollusionseffekte in Allpay-Auktionen	53
3.3.4.1 Nicht informierte Einzelbieter	53
3.3.4.2 Informierte Einzelbieter	57

4. Kollusion in erweiterten Auktionen	64
4.1 Grundlagen	64
4.2 Kollusion in wiederholten Auktionen	66
4.2.1 Stabilität der Kollusion	66
4.2.1.1 Identische Wertschätzungen der Bieter	67
4.2.1.1.1 Stabilität im Mechanismus mit identischen Geboten	67
4.2.1.1.2 Stabilität im Mechanismus mit rotierenden Geboten	69
4.2.1.2 Unterschiedliche Wertschätzungen der Bieter	72
4.2.2 Ein spezieller Kollusionsmechanismus mit rotierenden Geboten	73
4.2.2.1 Grundlagen	73
4.2.2.2 Der SRB-Mechanismus	75
4.2.2.3 Ein Beispiel des SRB-Mechanismus	82
4.2.3 Zusammenfassung und Erweiterungen	84
4.3 Kollusion in einer Auktion für mehrere Güter	85
4.3.1 Kriterien zur Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit	86
4.3.2 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von der Auktionsform	89
4.3.2.1 Grundlagen und Modellannahmen	89
4.3.2.2 Kollusion in erweiterten Erstpreisauktionen	93
4.3.2.3 Kollusion in erweiterten Zweitpreisauktionen	94
4.3.2.4 Kollusion in erweiterten Englischen Auktionen	99
4.3.3 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von der Güterbündelung	101
4.3.4 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit vom Reservationspreis	108
4.3.5 Zusammenfassung und Erweiterungen	109
5. Anwendung: Kollusion in Auktionen zur Frequenzvergabe	112
5.1 Grundlagen der Frequenzauktionen	113
5.1.1 Rahmenbedingungen der Frequenzvergabe	114
5.1.2 Zielsetzung der Frequenzvergabe	115
5.1.3 Auktionsdesign der mehrstufigen simultanen Auktion	116

5.2 Kollusion in Frequenzauktionen	119
5.2.1 Formen der Kollusion	119
5.2.1.1 Kollusion ohne Seitenzahlungen	119
5.2.1.2 Kollusion mit Seitenzahlungen	124
5.2.2 Determinanten der Kollusionsanfälligkeit	126
5.2.3 Gegenmaßnahmen	128
5.2.3.1 Maßnahmen innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion	129
5.2.3.2 Verwendung anderer Auktionsformen	136
5.3 Beurteilung der Ergebnisse	138
6. Zusammenfassung und Ausblick	141
Anhang	149
Literaturverzeichnis	154
Symbolverzeichnis	161
Abkürzungsverzeichnis	166

1. EINFÜHRUNG

1.1 Kollusion in Auktionen?

Schon lange werden Auktionen als Marktmechanismus genutzt. In den letzten Jahren gewinnen sie immer mehr an Bedeutung. Heute werden Auktionen nicht nur zur Veräußerung von Kunstgegenständen oder Immobilien, sondern zum Beispiel auch zur Vergabe von öffentlichen Aufträgen, zum Verkauf von Rechten zur Gewinnung von Bodenschätzen oder zur Allokation von Sendefrequenzen eingesetzt.¹ Durch gesunkene Transaktionskosten infolge neuer Technologien wie dem Internet bekommen Auktionen bei traditionellen Transaktionen ebenfalls einen immer höheren Stellenwert.

Dem Hauptziel der meisten Auktionen, den Erlös des Verkäufers zu maximieren, steht auf der Bieterseite häufig der Anreiz gegenüber, den Wettbewerb durch Absprache der Gebote außer Kraft zu setzen. So heißt es beispielsweise in einem der Fälle des Bundeskartellamts, daß sich führende Bauunternehmer „in wechselnder Beteiligung bei mehreren Bauvorhaben . . . darüber abgesprochen haben, wer von ihnen das niedrigste Angebot abgeben und wer darüber liegende Schutzangebote einreichen sollte. Die schützenden Unternehmen sind zum Teil mit erheblichen Geldsummen abgefunden . . . worden“ (Bundeskartellamt 1979/80, S. 89). Es liegen Schätzungen vor, daß es bei über 50% der öffentlichen Bauausschreibungen zu Submissionsabsprachen kommt (Prognos AG 1977, S. 138).

Auch in den USA, wo Auktionen für den Erwerb von öffentlichen Gütern und Rechten weitaus verbreiteter sind als in der Bundesrepublik Deutschland, gibt es immer wieder Berichte über Absprachen der Gebote. Laut Angaben des U.S. Justizministeriums erhöht beispielsweise die Kollusion von Bauunternehmern die Kosten für den Straßenbau um mehr als 10% (New York Times, 4. April 1988, S. 29).

¹ Unter einer Auktion werden dabei sowohl Mechanismen verstanden, die das Bieten für ein Gut beinhalten, wie auch Mechanismen, welche die Abgabe von Angeboten zum Verkauf eines Gutes zum Gegenstand haben (Ausschreibungen). In den theoretischen Abhandlungen dieser Arbeit werden, wie allgemein üblich, nur Auktionen betrachtet, die das Bieten zum Erwerb eines Gutes beinhalten. Lediglich geringe Modifikationen sind nötig, um auch den anderen Fall zu erfassen (siehe dazu Philips 1995, S. 66-78).

In jüngster Zeit scheint es auch nicht ausgeschlossen, daß der öffentlichen Hand durch ein kollusives Verhalten der Bieter bei den Auktionen zur Vergabe von GSM-1800er-Frequenzen in Deutschland und zur Vergabe von UMTS-Lizenzen in Europa erhebliche Erlöse entgangen sein könnten, verbunden mit einer ineffizienten Allokation des Frequenzspektrums.²

1.2 Fragestellung und Zielsetzung

Im Rahmen einer Auktion stellt sich daher für den Verkäufer die Frage, wie er verhindern kann, daß die mit einer Auktion angestrebten Erlös- oder Effizienzziele durch eine Kollusion von Bietern gefährdet werden. Da eine unerlaubte Kollusion rechtlich nur schwer nachzuweisen ist, muß der Verkäufer das Auktionsdesign so wählen, daß eine erfolgreiche Kollusion unterbunden wird oder keine negativen Auswirkungen auf die Zielerreichung hat.

Um die Frage nach dem geeigneten Auktionsdesign zu beantworten, muß der Verkäufer auf der einen Seite die interne Struktur einer möglichen Kollusion kennen. Durch welche Mechanismen erreichen die Bieter eine Kollusion? Wie wird der Kollusionsüberschuß unter den Bietern verteilt? Unter welchen Bedingungen haben Bieter einen Anreiz, an einer Kollusion teilzunehmen und wann läßt diese sich durchsetzen? Auf der anderen Seite ist nach den Auswirkungen einer Kollusion auf das Auktionsergebnis zu fragen. Inwieweit verringert sich durch eine Kollusion der Erlös des Verkäufers und die Effizienz des Auktionsergebnisses? Gibt es Unterschiede in verschiedenen Auktionsformen hinsichtlich der negativen Auswirkungen einer Kollusion? Aufgrund der Antworten kann der Zusammenhang zwischen dem vom Verkäufer zu bestimmenden Auktionsdesign und der Kollusionsanfälligkeit sowie den Auswirkungen einer Kollusion auf das Auktionsergebnis dargestellt werden.

Die Arbeit hat eine theoretische und eine praktische Zielsetzung. Das erste Ziel dieser Arbeit ist es, die skizzierten Fragestellungen und Zusammenhänge in spieltheoretischen Modellen zu analysieren. Trotz der hohen praktischen Bedeutung von Kollusion in Auktionen

² Der Staat benutzt Auktionen zur Vergabe von öffentlichen Ressourcen, um das Ziel einer effizienten Allokation der Ressourcen zu erreichen.

gibt es bisher nur wenige theoretische Modelle zu dem Thema (Klemperer 1999, S. 240, Laffont 1997, S. 25, Hendricks und Porter 1989, S. 217).³ Diese untersuchen überwiegend Kollusion in Standardauktionen für ein Gut, während Kollusion in erweiterten Auktionen (Auktionen für mehrere Güter) weniger untersucht worden ist. In dieser Arbeit sollen die wichtigsten Modelle von Kollusion in Standardauktionen dargestellt und offene Fragestellungen mit Hilfe eigener Modelle beantwortet werden. Außerdem wird Kollusion in erweiterten Auktionen in neuen Modellen untersucht, um wichtige Erkenntnisse für die Beantwortung der oben gestellten Fragen zu erlangen und eine Grundlage für weitergehende theoretische Untersuchungen zu legen.

Neben der Entwicklung theoretischer Modelle liegt die zweite Zielsetzung dieser Arbeit darin, aus den Modellergebnissen praktische Empfehlungen für den Verkäufer bei der Wahl des geeigneten Auktionsdesigns abzuleiten und aufzuzeigen, wie er Kollusion der Bieter vermeiden kann. Diese Empfehlungen werden im Hinblick auf die aktuellen Auktionen zur Frequenzvergabe konkretisiert. Dabei sollen Formen der Kollusion dargestellt und Determinanten der Kollusionsanfälligkeit aufgezeigt werden, um zu diskutieren, durch welche wirtschaftspolitischen Maßnahmen der Staat eine Kollusion der Bieter verhindern kann beziehungsweise hätte können.

1.3 Vorgehensweise

Zunächst werden im Kapitel 2 die für das Verständnis der Modelle grundlegenden Begriffe und Erkenntnisse der Auktionstheorie vorgestellt. Kapitel 3 befaßt sich anschließend mit Kollusion in Standardauktionen. Während in Abschnitt 3.1 zunächst die Grundlagen und Bedingungen für eine effiziente Kollusion der Bieter dargestellt werden, beschäftigt sich Abschnitt 3.2 eingehender damit, wie die Bieter eine solche effiziente Kollusion - unter der Annahme möglicher Seitenzahlungen⁴ - erreichen können. Es werden die drei wesentlichen in der Literatur bekannten Kollusionsmechanismen dargestellt und an geeigneter Stelle so erweitert, daß für die in Abschnitt 3.3 behandelten Modelle eine effiziente

³ Dies liegt zum einen an Schwierigkeiten bei der Formulierung eines überzeugenden Modells (Mailath und Zemsky 1992, S. 468), zum anderen an der hohen Komplexität bei der Berechnung von Gleichgewichtsstrategien.

⁴ Kollusion ohne Seitenzahlungen in Standardauktionen haben McAfee und McMillan (1992) behandelt.

Kollusion vorausgesetzt werden kann. In diesem Abschnitt werden für verschiedene Auktionsformen die Auswirkungen einer Kollusion auf das Auktionsergebnis untersucht. An Hand eigens dafür entwickelter Modelle werden die Bietstrategien von Kollusionsbietern und nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbietern berechnet. Mit Hilfe dieser Bietstrategien werden die erwarteten Auszahlungen für die Bieter und den Verkäufer bestimmt und Aussagen über die individuelle Rationalität einer Kollusionsteilnahme getroffen.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit Kollusion in erweiterten Auktionen. Im Gegensatz zum vorigen Kapitel wird die Annahme getroffen, daß Seitenzahlungen unter den Bietern ausgeschlossen sind.⁵ Zunächst werden in Abschnitt 4.2 wiederholte Auktionen betrachtet und Bedingungen für die Stabilität einer Kollusion bei verschiedenen Bietmechanismen ermittelt. Im Gegensatz zu Kollusion in Standardauktionen und zur Aussage von McAfee und McMillan (1992) wird anschließend aufgezeigt, wie Bieter durch Verwendung eines speziellen Rotationsmechanismus eine höhere Auszahlung erreichen können als bei Verwendung der bisher bekannten Mechanismen. Abschnitt 4.3 untersucht schließlich die Kollusionsanfälligkeit von Auktionen für mehrere Güter. Zunächst werden Kriterien zur Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit entwickelt. Anhand dieser Kriterien wird die Kollusionsanfälligkeit verschiedener möglicher Auktionsmechanismen untersucht. Auch wird gezeigt, welchen Einfluß die Güterbündelung und die Wahl des Reservationspreises auf die Kollusionsanfälligkeit hat.

Kapitel 5 beschäftigt sich mit Kollusion in den aktuellen Auktionen zur Frequenzvergabe. Nach einer Darstellung möglicher Kollusionsformen in der mehrstufigen simultanen Auktion wird mit Hilfe der in den vorherigen Kapiteln gewonnenen theoretischen Erkenntnisse dargelegt, unter welchen Bedingungen eine Kollusion der Bieter wahrscheinlich ist und welche Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Kapitel 6 faßt die Ergebnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf weiterführende Forschungsansätze.

⁵ Zur Begründung und Diskussion der Annahme möglicher Seitenzahlungen siehe Abschnitt 4.1.

2. GRUNDLAGEN DER AUKTIONSTHEORIE

Ziel dieses Kapitels ist es, die grundlegenden Aussagen der Auktionstheorie darzustellen, die für das weitere Verständnis der Kollusionsmodelle notwendig sind.⁶ Dabei sind insbesondere folgende Fragen zu beantworten:

- Was ist eine Auktion?
- Warum werden Auktionen benutzt, um Güter zu verkaufen?
- Welches sind die grundlegenden Formen von Auktionen?
- Welches sind die Bietstrategien in diesen Auktionen?

Auktionen kommen in der Wirtschaft zur Anwendung, wenn der Verkäufer eines Gutes nur unvollständige Information über die Zahlungsbereitschaft von potentiellen Käufern hat. Anstatt einen festen Verkaufspreis vorzugeben, mit der Gefahr, daß das Angebot nicht mit der Nachfrage übereinstimmt, kann der Verkäufer zum Verkauf des Gutes eine Auktion verwenden. Bei einer Auktion haben interessierte Bieter die Möglichkeit, Gebote für das Gut abzugeben. In Abhängigkeit von diesen Geboten bestimmen die Auktionsregeln, welcher Bieter das Gut bekommt und wieviel er dem Verkäufer zu zahlen hat. Dabei sind auch Auktionsformen gebräuchlich, in denen Bieter mehrmals Gebote abgeben oder in denen mehrere Güter versteigert werden. Die Versteigerung lediglich eines Gutes wird im folgenden als Standardauktion bezeichnet, werden mehrere Güter versteigert, so wird von erweiterten Auktionen gesprochen. Allgemein formuliert, ist eine Auktion ein Mechanismus mit bestimmten Regeln, der die Allokation von Gütern und die an den Verkäufer zu tätigen Zahlungen in Abhängigkeit von den Geboten der Bieter festlegt.

Zwei Gründe sprechen dabei aus Sicht des Verkäufers für die Wahl einer Auktion als Marktmechanismus. Zum einen führt eine Auktion häufig zu einer effizienten Allokation. Aus diesem Grund benutzt der Staat zur Vergabe von Gütern, Rechten oder Aufträgen Auktionsmechanismen. Der zweite Vorteil einer Auktion liegt darin, daß der Verkäufer in relativ kurzer Zeit auch bei einer schwachen Verhandlungsposition und asymmetrischer

⁶ Einen umfassenden Überblick über die Auktionstheorie geben zum Beispiel McAfee und McMillan (1987) oder Klemperer (1999).

Information für die Güter hohe Preise erzielen kann (Milgrom 1987, S. 3). Damit sind zwei mögliche Ziele einer Auktion genannt: Effizienz und Erlösmaximierung.⁷

DEFINITION: *Das Auktionsergebnis ist effizient, wenn es keine andere Allokation der Güter gibt, bei der die Summe der Wertschätzungen der erfolgreichen Bieter für die Güter höher ist.*

Die Definition der Effizienz schließt Pareto-Optimalität ein. Aus der Definition folgen zwei Sätze:

SATZ: *Bei dem Verkauf nur eines Gutes ist das Auktionsergebnis effizient, wenn derjenige Bieter das Gut bekommt, der die höchste Wertschätzung dafür hat.*

SATZ: *Werden mehrere Güter versteigert und gibt es keine substitutiven oder komplementären Beziehungen der Güter, so ist das Auktionsergebnis effizient, wenn jedes Gut an den Bieter mit der jeweils höchsten Wertschätzung vergeben wird.*

Erlösmaximierung bedeutet, daß der Verkäufer möglichst hohe Einnahmen aus den Geboten der Bieter erzielt.

Um seine Ziele zu erreichen, kann der Verkäufer verschiedene Auktionsformen verwenden. Die folgenden vier Auktionsformen sind die gängigsten Mechanismen, um ein einzelnes Gut zu auktionieren. Sie sind in der Praxis weit verbreitet und in der Theorie eingehend analysiert worden:

- Englische Auktion
- Holländische Auktion
- Erstpreisauktion
- Zweitpreisauktion

Die wohl bekannteste Auktionsform ist die Englische Auktion, die beispielsweise bei der Versteigerung von Kunstgegenständen zum Einsatz kommt. Bei der Englischen Auktion

⁷ Ein weiteres Auktionsziel kann die Gewinnung von Informationen über die Wertschätzungen der Bieter sein. Beispielsweise könnten Unternehmen Auktionen verwenden, um die Zahlungsbereitschaften der Nachfrager für bestimmte Güter und damit die Preisabsatzfunktionen zu ermitteln. Mit Hilfe dieser Informationen kann anschließend eine optimale Preispolitik festgelegt werden.

werden die Gebote kontinuierlich erhöht, bis nur noch ein Bieter übrigbleibt, welcher das Gut erhält und das aktuelle Gebot an den Auktionator⁸ zu zahlen hat. Dabei gibt es die Möglichkeit, daß der Auktionator die Gebote ansagt oder die Bieter ihre Gebote selber abgeben. Zu jedem Zeitpunkt der Auktion kennen die Bieter dabei das jeweils aktuelle Gebot.

Im Gegensatz zur Englischen Auktion steht die Holländische Auktion. Bei dieser senkt der Auktionator den zu zahlenden Preis von einem hohen Ausgangsniveau kontinuierlich, bis ein Bieter die Bereitschaft bekundet, das Gut zu dem gerade aktuellen Preis erwerben zu wollen.⁹ Die dritte Auktionsform ist die sogenannte Erstpreisauktion. Bei der Erstpreisauktion gibt jeder Bieter ein einziges verdecktes Gebot an den Auktionator ab. Der Bieter mit dem höchsten abgegebenen Gebot bekommt das Gut und muß sein Gebot an den Verkäufer zahlen. Diese Auktionsform wird oft bei der Vergabe von öffentlichen Aufträgen verwendet.¹⁰ Eine vor allem theoretisch sehr wichtige, weil einfach zu handhabende Auktionsform ist die Zweitpreis- oder Vickrey-Auktion (Vickrey 1968). Bei dieser geben die Bieter wie in der Erstpreisauktion verdeckte Gebote ab, und der Bieter mit dem höchsten Gebot erhält das Gut. Im Gegensatz zur Erstpreisauktion muß er in der Zweitpreisauktion jedoch nur das zweithöchste Gebot aller Bieter an den Verkäufer zahlen.

Alle bisher vorgestellten Auktionsformen haben die Eigenschaft, daß nur derjenige, der das Gut auch erhält, an den Verkäufer zahlen muß. Im Gegensatz dazu steht die Allpay-Auktion. Bei der Allpay-Auktion werden ebenfalls verdeckte Gebote abgegeben und der Bieter mit dem höchsten Gebot erhält das Gut. Die Besonderheit der Allpay-Auktion besteht jedoch darin, daß nicht nur der Gewinner der Auktion, sondern jeder Bieter sein Gebot zu zahlen hat. Zum Verkauf von Gütern in der Praxis kaum angewandt, spielt diese Auktion jedoch in Modellen des „lobbying“ oder des Patentwettbewerbs eine große Rolle (Amann und Leininger 1996, S. 2).

⁸ Auktionator und Verkäufer werden in dieser Arbeit synonym verwendet. Es wird von der Beziehung zwischen dem Verkäufer und dem Auktionator abstrahiert. Der Verkäufer führt als Auktionator die Auktion selber durch.

⁹ Diese Auktion wurde zuerst beim Handel von Blumen in Holland eingesetzt, daher der Name „Holländische Auktion“.

¹⁰ Bei einer Ausschreibung erhält natürlich der Bieter mit dem niedrigsten Angebot den Auftrag.

Um zu beantworten, welche Bietstrategien in den einzelnen Auktionsformen gewählt werden, müssen zunächst einige Annahmen getroffen werden:

- n Bieter bieten in der Auktion um ein einzelnes, unteilbares Gut.
- Jeder Bieter $i = 1, \dots, n$ hat eine private Wertschätzung v_i , die seine maximale Zahlungsbereitschaft für das Gut angibt. Die Wertschätzung ist unabhängig von den Wertschätzungen der anderen Bieter (IPV-Modell).¹¹ Weder der Verkäufer noch die anderen Bieter kennen diese.
- Alle Bieter haben gemeinsame Informationen über die Wertschätzung eines Bieters i in Form einer Wahrscheinlichkeitsverteilung F_i mit der zugehörigen Dichtefunktion f_i . Ihr Träger $V_i \equiv [\underline{v}_i, \bar{v}_i]$ beschreibt das Intervall, in dem sich die Wertschätzung von Bieter i befindet. Die minimale beziehungsweise maximale Wertschätzung aller Bieter wird bezeichnet mit $\underline{v} = \min_i \underline{v}_i$ und $\bar{v} = \max_i \bar{v}_i$.
- Der Überschuß eines Bieters ergibt sich aus seiner Wertschätzung für das Gut, wenn er die Auktion gewinnt, abzüglich des an den Verkäufer zu zahlenden Gebotes.¹² Ein Bieter ist risikoneutral und maximiert seinen erwarteten Überschuß in der Auktion.
- Der Verkäufer hat für das Gut die Wertschätzung 0. Er hat die Möglichkeit, vor der Auktion einen Reservationspreis von R festzulegen.¹³ Übersteigt kein Gebot diesen Reservationspreis, so wird das Gut nicht verkauft. Die Auszahlung des Verkäufers ist abhängig von den Geboten der Bieter und dem jeweiligen Auktionsmechanismus. Die Auszahlung ergibt sich als Summe der an ihn zu zahlenden Gebote.

Eine Auktion läßt sich nun als Bayes'sches Spiel modellieren. In der ersten Stufe wählt die Natur für jeden einzelnen Bieter i den Typ in Form seiner Wertschätzung v_i aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung F_i . Jeder Bieter erhält Kenntnis über seinen Typ. In der zweiten Stufe geben die Bieter unter Berücksichtigung der Regeln der einzelnen Auktionsform ihre Gebote ab.

¹¹ Dies ist das „Independent Private Values model“ (IPV). Im Gegensatz dazu steht das „Common Value model“, in dem das Gut einen für alle Bieter gleichen, aber unbekanntem Wert hat. Beide Modelle vereint das Modell mit korrelierten (genauer: affiliated) Wertschätzungen (Milgrom und Weber 1982).

¹² Überschuß, Auszahlung und Nutzen werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

¹³ Wenn nicht anders angegeben, beträgt der Reservationspreis Null.

Bei der Englischen Auktion ist die Bestimmung der Gleichgewichtsstrategien relativ einfach. Ein Bieter wird solange mitbieten, wie der gerade aktuelle Preis seine Wertschätzung nicht übersteigt. Höhere Gebote würden im Falle des Zuschlags zu einer negativen Auszahlung führen. Ein Ausstieg aus der Auktion vor Erreichen der eigenen Wertschätzung erfüllt ebenfalls nicht die Bedingungen einer Gleichgewichtsstrategie, da die Chance besteht, mit einem höheren Gebot eine positive Auszahlung zu erhalten, falls die anderen Bieter aussteigen. Die optimale Strategie eines Bieters ist es daher, solange mitzubieten, bis die eigene Wertschätzung erreicht ist. Diese Strategie ist dabei unabhängig von den Wertschätzungen und Strategien der anderen Bieter, das Offenbaren des eigenen Typs ist eine schwach dominante Strategie. Es ergibt sich ein Gleichgewicht in schwach dominanten Strategien. Da die Auktion dann endet, wenn der vorletzte Bieter aussteigt und dessen Gebot den Preis bestimmt, erhält der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut zu dem Preis, der gleich der Wertschätzung des zweithöchsten Bieters ist.

Die Zweitpreisauktion führt unter den oben genannten Annahmen zum gleichen Ergebnis wie die Englische Auktion. Es ist nämlich eine schwach dominante Strategie, sein verdecktes Gebot in Höhe der eigenen Wertschätzung abzugeben. Bietet der Bieter mehr als seine Wertschätzung, erhält er zusätzlich das Gut, wenn das höchste Gebot der anderen Bieter zwischen seiner Wertschätzung und seinem neuen Gebot liegt. Im Falle einer Zweitpreisauktion zahlt er dann jedoch ein Gebot, welches über seiner Wertschätzung liegt, und erhält eine negative Auszahlung. Gibt er hingegen ein geringeres Gebot als seine Wertschätzung ab, ist dies nur dann relevant, wenn das höchste Gebot der anderen Bieter zwischen seinem neuen Gebot und seiner Wertschätzung liegt. In diesem Fall würde er das Gut nicht erhalten, obwohl er eine positive Auszahlung bekommen hätte, wenn er seine Wertschätzung geboten hätte. Der Gewinner in der Zweitpreisauktion ist daher der Bieter mit der höchsten Wertschätzung, und der an den Verkäufer zu zahlende Preis ist gleich der zweithöchsten Wertschätzung unter den Bietern.¹⁴

Wie in der Englischen Auktion ist in der Zweitpreisauktion die Auszahlung für den Gewinner die Differenz zwischen seiner Wertschätzung und der höchsten Wertschätzung aller anderen Bieter. Unter den Annahmen des IPV-Modells führen daher beide Auktionen zu dem gleichen Ergebnis. Das Ergebnis beider Auktionen ist effizient, da jeweils der

¹⁴ Beziehungsweise gleich dem Reservationspreis, falls dieser höher ist als die zweithöchste Wertschätzung unter den Bietern. Der Reservationspreis gilt als Zweitpreis.

Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut erhält. Zudem ist das Ergebnis unabhängig von den Verteilungsfunktionen der Wertschätzungen der einzelnen Bieter. Aufgrund dieser Ergebnisse wird bei den Modellen in Kapitel 3 nicht zwischen der Zweitpreisauktion und der Englischen Auktion unterschieden. Alle Ergebnisse, die für die Zweitpreisauktion erzielt werden, gelten gleichermaßen für die Englische Auktion.

Die Gleichgewichtsstrategien in der Erstoppreisauktion unterscheiden sich von den Strategien in Zweitpreis- und Englischer Auktion. In der Erstoppreisauktion muß ein Bieter ein Gebot unterhalb seiner individuellen Wertschätzung abgeben. Nur wenn sein Gebot unter der eigenen Wertschätzung liegt, hat er die Möglichkeit, eine positive Auszahlung zu erhalten. Die Frage ist nur, wie stark er sein Gebot senken soll. Je stärker er sein Gebot senkt, desto höher wird sein Überschuß sein, falls er die Auktion gewinnt. Gleichzeitig sinkt jedoch auch die Wahrscheinlichkeit, daß er die Auktion gewinnt. Um sein Gebot konkret zu bestimmen, muß er die Wertschätzungen und Gebote der anderen Bieter mit beachten. Die konkrete Bestimmung von Gleichgewichtsstrategien in der Erstoppreisauktion ist daher wesentlich schwieriger als in der Englischen- oder der Zweitpreisauktion. Es gibt weder Gleichgewichte in schwach dominanten Strategien, noch ist es möglich, im allgemeinen Aussagen über die Existenz und Eindeutigkeit von Gleichgewichten zu machen. Um dennoch Bayes-Nash-Gleichgewichte berechnen zu können, werden die Modellannahmen folgendermaßen eingeschränkt:

- Die Bieter sind symmetrisch / homogen, das heißt $F_i(v) = F_j(v) = F(v)$ für alle i, j .

Mit dieser Annahme ergibt sich in der Erstoppreisauktion als Bayes-Nash-Gleichgewichtsstrategie (McAfee und McMillan 1987, S. 709)

$$b(v) = v - \frac{\int_0^v F(t)^{n-1} dt}{F(v)^{n-1}}.$$

Die Bietfunktion ist steigend in der individuellen Wertschätzung v . Die rechte Seite des obigen Ausdrucks gibt an, um wieviel ein Bieter sein Gebot unter seine Wertschätzung senkt. Dieses ist abhängig von seiner individuellen Wertschätzung v , der Verteilungsfunktion aller Wertschätzungen F sowie der Zahl der Bieter n .

Zur Verdeutlichung der Bietstrategien wird die Bietfunktion bei einer Gleichverteilung der Wertschätzungen im Intervall $[0,1]$ berechnet. In diesem Fall ist der Wert der Verteilungsfunktion $F(v) = v$. Als Bietfunktion ergibt sich:

$$b(v) = v - \frac{\int_0^v t^{n-1} dt}{v^{n-1}} = v - \frac{\frac{1}{n} v^n}{v^{n-1}} = v - \frac{1}{n} v = \frac{n-1}{n} v.$$

Zu erkennen ist, daß ein einzelner Bieter sein Gebot um so weniger gegenüber seiner Wertschätzung absenkt, je höher die Zahl der Bieter in der Auktion ist.

Für allgemeine Verteilungsfunktionen kann gezeigt werden (McAfee und McMillan 1987, S. 710), daß das Gebot eines Bieters $b(v)$ genau der erwarteten zweithöchsten Wertschätzung entspricht, unter der Bedingung, daß v die höchste Wertschätzung ist. Unter Annahme von Risikoneutralität und homogenen Bietern ergibt sich in der Erstpreisauktion daher im Erwartungswert für Verkäufer und Bieter der gleiche Nutzen wie in der Zweitpreisauktion und der Englischen Auktion. Diese Aussage wird im Revenue-Equivalence-Theorem unter bestimmten Annahmen an die Verteilungsfunktion für allgemeine Auktionsmechanismen bewiesen (Myerson 1981, Riley und Samuelson 1981).

Die Gleichgewichtsstrategien in der Holländischen Auktion stimmen schließlich mit den Bietstrategien in der Erstpreisauktion überein, da beide Auktionsmechanismen für die Bieter strategisch äquivalent sind. In der Holländischen Auktion mit fallenden Preisen muß ein Bieter bestimmen, zu welchem Preis er das Gut haben möchte unter der Bedingung, daß noch kein anderer einen Anspruch auf das Gut erhoben hat. Falls er als erster einen Anspruch auf das Gut erhebt, muß er diesen Preis dann zahlen. Die Entscheidung über die Höhe des Preises ist äquivalent zu der Festlegung des optimalen Gebotes in der Erstpreisauktion. Auch bei der Erstpreisauktion muß ein Bieter sein Gebot festlegen, unter der Bedingung, daß das eigene Gebot das höchste ist. Da beide Auktionsformen strategisch äquivalent sind, wird im weiteren Verlauf der Arbeit nur die Erstpreisauktion betrachtet. Die Ergebnisse für die Erstpreisauktion gelten analog für die Holländische Auktion. Gleichgewichtsstrategien in der Allpay-Auktion werden in Abschnitt 3.3.4 behandelt.

Bei der Untersuchung der Kollusion in Standardauktionen in den folgenden Kapiteln werden, sofern nicht anders angegeben, die oben getroffenen Modellannahmen beibehalten.

Es wird das IPV-Modell mit homogenen Bieter verwendet. Bei der Analyse von Kollusionsmechanismen in Zweitpreis- und Englischen Auktionen im Abschnitt 3.2.2 ist die Einschränkung von homogenen Bieter hingegen nicht erforderlich.

Im vierten Kapitel dieser Arbeit sind erweiterte Auktionen Grundlage der Analyse. Unter erweiterten Auktionen soll die Tatsache verstanden werden, daß nicht nur ein Gut versteigert wird. Zunächst wird Kollusion in wiederholten Auktionen behandelt. Wiederholte Auktionen bedeuten, daß ein Verkäufer in einem gewissen zeitlichen Abstand für einen festen Bieterkreis und mit einer der oben beschriebenen Auktionsformen immer wieder eine bestimmte Art von Gütern versteigert. Öffentliche Bauausschreibungen sind dafür ein typisches Beispiel. Anschließend wird Kollusion in Auktionen für mehrere Güter untersucht. Hierbei kann der Verkäufer die Güter entweder simultan oder sequentiell mit den oben genannten Auktionsformen versteigern. Aber auch andere Auktionsformen, wie die mehrstufige simultane Auktion, können verwendet werden.

Da ein allgemeines Modell für erweiterte Auktionen mit asymmetrischer Information fehlt¹⁵, wird, um die einzelnen Auktionsformen hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für Kollusion miteinander vergleichen zu können, im vierten Kapitel weitgehend auf die Annahme der vollständigen Information zurückgegriffen, bei der unterstellt wird, daß die Wertschätzungen der einzelnen Bieter deren gemeinsames Wissen darstellen.

¹⁵ Einen Überblick mit Literaturverweisen auf bisher entwickelte Modelle sequentieller und simultaner Auktionen bei asymmetrischer Information gibt Klemperer (1999, S. 241-243).

3. KOLLUSION IN STANDARDAUKTIONEN

3.1 Grundlagen und Bedingungen für effiziente Kollusion

Alle oben vorgestellten Standardauktionen führen im Bayes-Nash-Gleichgewicht für den Verkäufer zu einer erwarteten Auszahlung in Höhe der zweithöchsten erwarteten Wertschätzung aller Bieter. Die Bieter können als Auszahlung lediglich die erwartete Differenz zwischen der höchsten und der zweithöchsten Wertschätzung erlangen. Daher besteht für die Bieter ein großer Anreiz, ihre Gebote abzusprechen, um damit das Gut preiswerter zu bekommen und einen Teil der erwarteten Auszahlung des Verkäufers auf die Bieter zu übertragen. Ein solches Zusammenspiel von zwei oder mehr Bietern durch Absprache der Gebote in einer Auktion zulasten des Verkäufers wird als Kollusion bezeichnet.

Die an der Kollusion beteiligten Bieter werden im folgenden als Koalitionsbieter bezeichnet und in der Menge I zusammengefaßt. Die Anzahl der an der Kollusion teilnehmenden Bieter sei k . Die $s = n - k$ nicht an der Kollusion beteiligten Bieter werden in der Menge J zusammengefaßt und als Einzelbieter bezeichnet. Die Auszahlung der Koalition ergibt sich als Summe der Auszahlungen der einzelnen Koalitionsbieter.

DEFINITION: *Eine Kollusion, welche die erwartete Auszahlung der Koalition maximiert, wird als effiziente Kollusion bezeichnet.*¹⁶

Es ergeben sich folgende zentrale Fragestellungen:

- Wie soll die Koalition „nach außen“ in der Auktion auftreten und welche Gebote empfehlen sich für sie, um ihre Gesamtauszahlung zu maximieren? Welches sind die Bedingungen für effiziente Kollusion?
- Wie stellt die Koalition sicher, daß alle Bieter innerhalb der Koalition sich so verhalten, daß eine effiziente Kollusion resultiert? Welche Mechanismen kommen in Betracht, um allen Koalitionsbieter den Anreiz zu geben, sich optimal im Sinne der Koalition zu verhalten?

¹⁶ Diese Definition muß unterschieden werden von der oben getroffenen Definition eines effizienten Auktionsergebnisses. Die an der Kollusion beteiligten Bieter sind an einer effizienten Kollusion interessiert, der Staat als Auktionator unter gesamtwirtschaftlichen Aspekten an einem effizienten Auktionsergebnis.

In diesem Abschnitt wird zunächst die erste Frage nach den grundlegenden Bedingungen für eine effiziente Kollusion beantwortet, bevor im Abschnitt 3.2 auf Mechanismen eingegangen wird, mit denen die Koalition diese Bedingungen erfüllt.

Die erste Bedingung für eine effiziente Kollusion besteht darin, daß die Koalition nur dann in der Auktion bietet, wenn mindestens ein Bieter innerhalb der Koalition eine Wertschätzung für das Gut hat, die über dem Reservationspreis des Verkäufers liegt. Hat kein Bieter innerhalb der Koalition eine Wertschätzung oberhalb des Reservationspreises, so kann die Koalition niemals eine positive Auszahlung erhalten.

Die zweite Bedingung für die Effizienz der Kollusion ergibt sich aus der Tatsache, daß unterstellt wurde, daß nur ein (privates) Gut in der Auktion angeboten wird und damit nur ein Bieter der Koalition es nutzen kann. Falls die Koalition in der Auktion erfolgreich ist, maximiert sie ihre Auszahlung genau dann, wenn der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition das Gut erhält, da dieser den größten Nutzen davon hat.

Aus diesen Bedingungen folgt, daß eine effiziente Kollusion dann gegeben ist, wenn die Koalition höchstens ein Gebot abgibt, und dieses Gebot dem optimalen Gebot des Koalitionsbieters mit der höchsten Wertschätzung entspricht, wenn dieser gegen die Einzelbieter unter Ausschluß der Konkurrenz aus der Koalition bietet. Dieses Bietverhalten maximiert die erwartete Auszahlung des Bieters mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition. Da für die Gewinnwahrscheinlichkeit in der Auktion nur das höchste Gebot ausschlaggebend ist, kann diese Wahrscheinlichkeit durch Gebote weiterer Bieter der Koalition, deren optimale Gebote aufgrund der geringeren Wertschätzung unter diesem Gebot liegen, nicht erhöht werden.¹⁷ Auch die Auszahlung bei Ersteigerung des Gutes kann nicht durch Abgabe weiterer Gebote erhöht werden. Die Koalition profitiert also davon, daß nur ein Koalitionsbieter ein Gebot in der Auktion abgibt und daß dadurch die zu hohen Verkaufspreisen führende Konkurrenz der Bieter abgeschwächt wird.

Zwei Beispiele sollen veranschaulichen, welcher Nutzen sich für Bieter ergibt, die an einer Kollusion beteiligt sind. Das erste Beispiel behandelt Kollusion in der Zweitpreisauktion.

¹⁷ Lediglich bei der Englischen Auktion ist die Abgabe von „Scheingeboten“ der anderen Koalitionsbieter sinnvoll, da der Verkäufer andernfalls die Kollusion am Bietverhalten entdecken und durch Abgabe von eigenen Scheingeboten als Reaktion auf die Kollusion den Reservationspreis erhöhen würde. Das Auktionsergebnis ist jedoch schließlich dasselbe wie bei der Zweitpreisauktion. Zur Analyse vgl. Graham und Marshall (1987, S. 1227-1233).

Angenommen, drei Bieter mit den privaten Wertschätzungen $v_1 = 0,9$, $v_2 = 0,6$ und $v_3 = 0,3$ nehmen an einer Zweitpreisauktion teil. Als schwach dominante Strategie bietet jeder Bieter seine Wertschätzung. In der Auktion ohne Kollusion würde Bieter 1 mit einem Gebot von 0,9 das Gut zum Preis von 0,6 ersteigern und damit eine Auszahlung von 0,3 erhalten. Falls sich nun Bieter 1 und 2 zu einer Koalition zusammenschließen, gibt bei einer effizienten Kollusion nur der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition, also Bieter 1, ein Gebot ab. Bieter 2 wird nicht in der Auktion mitbieten. Bei dieser Zweitpreisauktion mit Kollusion ist es für Bieter 1 weiterhin eine schwach dominante Strategie, seine Wertschätzung von 0,9 zu bieten. Das für den Verkaufspreis entscheidende zweithöchste Gebot ist jedoch nun nicht mehr gleich 0,6, da Bieter 2 aufgrund der Kollusionsvereinbarung kein Gebot abgibt. In der Auktion bekommt Bieter 1 das Gut zum nunmehr zweithöchsten Gebot von 0,3 und erhält damit eine Auszahlung von 0,6. Durch die Kollusion entsteht somit ein zusätzlicher Überschuß von 0,3 für die Koalition, welcher dem Verkäufer verloren geht. Es findet ein Transfer der Auszahlung vom Verkäufer zum Käufer statt. Ein solcher Transfer ist jedoch nur dann gegeben, wenn zumindest die Bieter mit den höchsten beiden Wertschätzung an der Kollusion teilnehmen. Würden beispielsweise Bieter 1 und 3 ihre Strategien absprechen, so läge der Preis weiterhin bei 0,6 und die Koalition würde keinen zusätzlichen Überschuß machen.

Das nächste Beispiel unterstellt eine Erstpreisauktion. Es gibt drei Bieter, deren Wertschätzungen im Intervall $[0,1]$ gleichverteilt sind. In einer Auktion ohne Kollusion sind die Gleichgewichtsstrategien so beschaffen, daß jeder Bieter $2/3$ seiner Wertschätzung bietet (siehe S. 11). Falls die Wertschätzungen der Bieter wiederum $v_1 = 0,9$, $v_2 = 0,6$ und $v_3 = 0,3$ betragen, so gewinnt Bieter 1 die Auktion mit seinem Gebot von 0,6, das er an den Verkäufer zu zahlen hat. Sein Überschuß beträgt 0,3. Wenn sich nun Bieter 1 und 2 zu einer Koalition zusammenschließen, bietet bei effizienter Kollusion wiederum nur Bieter 1 in der Auktion. Um einen zusätzlichen Überschuß durch die Kollusion zu machen, muß Bieter 1 sein Gebot jedoch senken, da, sollte Bieter 1 die Auktion gewinnen, der zu zahlende Preis in der Erstpreisauktion gleich dem eigenen Gebot ist. Durch eine Senkung des Gebotes unter 0,6 erhöht sich der Nutzen der Koalition. Es bleibt jedoch die Frage, wie weit Bieter 1 sein Gebot senken soll. Welches ist seine optimale Strategie und wie reagiert der dritte Bieter auf die Kollusion? Die Berechnung der optimalen Bietstrategien bei Kollusion in der Erstpreisauktion ist komplex und wird in Abschnitt 3.3 ausführlich behan-

delt. Für die Bestimmung der internen Struktur einer Kollusion im folgenden Abschnitt reicht es dagegen aus, die erwartete Auszahlung der Koalition im Bayes-Nash-Gleichgewicht mit $\pi(v)$ zu bezeichnen, wobei v die höchste Wertschätzung innerhalb der Koalition darstellt. Allein die Ermittlung der Auszahlung bei einer Koalition, an der alle Bieter teilnehmen, ist einfach anzugeben. In diesem Fall gilt $\pi(v) = \max\{v - R, 0\}$. Nähmen im obigen Beispiel alle drei Bieter an der Kollusion teil, dann würde Bieter 1 lediglich den Reservationspreis, in diesem Fall Null, bieten, die anderen Bieter kein Gebot abgeben und die Koalition eine Auszahlung von 0,9 erhalten.

3.2 Interne Mechanismen einer effizienten Kollusion

3.2.1 Anforderungen an Kollusionsmechanismen

Nachdem die Bedingungen für eine effiziente Kollusion dargestellt worden sind und anhand zweier Beispiele auf den Nutzen einer Kollusion eingegangen wurde, konzentriert sich die weitere Analyse darauf, wie es den Bietern innerhalb einer Koalition gelingt, diese Kollusion auch umzusetzen. Wie gezeigt wurde, bedeutet effiziente Kollusion, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition das Gut erhält. Aber wie schafft es die Koalition, diesen Bieter zu ermitteln, obwohl doch die Wertschätzungen der einzelnen Koalitionsbieter deren private Information darstellen? Da nur ein Bieter einen unmittelbaren Nutzen von dem Gut haben kann, stellt sich für die anderen Bieter innerhalb der Koalition die Frage, wieso sie ihre Wertschätzungen wahrheitsgemäß offenbaren sollen. Vielmehr erscheint es zunächst für alle Bieter erstrebenswert, mit der Angabe einer möglichst hohen Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt zu werden, um die Möglichkeit zu haben, in der Auktion das Gut zu ersteigern.

Eine Lösung dieses Problems besteht darin, einen Mechanismus zu finden, der den Bietern einen Anreiz gibt, ihre privaten Wertschätzungen vor der eigentlichen Auktion wahrheitsgemäß zu offenbaren, so daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung ermittelt und seine optimale Bietstrategie berechnet werden kann. Dieser Mechanismus müßte so beschaffen sein, daß alle Koalitionsbieter einen Nutzen von der Teilnahme an der Kollusion zu erwarten haben.

Das Instrument, mit dem dieser Anreiz geschaffen werden kann, sind Seitenzahlungen. Da lediglich der Bieter mit der höchsten Wertschätzung einen direkten Nutzen vom erstem Gut hat, muß dieser Seitenzahlungen an die anderen Bieter der Koalition tätigen. Durch die richtige Wahl dieser Seitenzahlungen könnte jedem einzelnen Bieter ein Anreiz geboten werden, seine eigene Wertschätzung zu offenbaren, so daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt werden kann und somit die Effizienz der Kollusion sicherstellt wird.¹⁸

Als Mechanismen sind hiernach alle Verfahren anzusehen, welche in Abhängigkeit von den Angaben der Wertschätzungen der einzelnen Bieter den Bieter mit der höchsten Angabe als Koalitionsbieter auswählen und gleichzeitig ein System von Seitenzahlungen beinhalten. Dieses schließt auch solche Mechanismen mit ein, bei denen die Bieter falsche Angaben über ihre Wertschätzungen machen. Aufgrund des Offenbarungsprinzips (Myerson 1979) ist es jedoch möglich, die Menge der Mechanismen einzuschränken und sich auf solche Mechanismen zu beschränken, in denen die Bieter ihre Wertschätzung wahrheitsgemäß offenbaren. Jedes Ergebnis im Bayes-Nash-Gleichgewicht eines Mechanismus, in dem die Bieter eine Angabe über ihre Wertschätzung machen und welcher den Koalitionsbieter und die Seitenzahlungen bestimmt, kann auch durch einen Mechanismus erreicht werden, in dem die Bieter mit dem wahrheitsgemäßen Offenbaren der Wertschätzung ihre Auszahlung maximieren. Diese Bedingung für einen Mechanismus wird Anreizkompatibilität genannt. Mit Hilfe dieser Bedingung ist es möglich, die Menge der Mechanismen stark einzuschränken.

Der Bieter muß jedoch nicht nur den Anreiz haben, seine private Wertschätzung zu offenbaren, sondern auch den Antrieb, überhaupt an der Kollusion teilzunehmen. Die Teilnahme an der Kollusion - und damit am Kollusionsmechanismus - muß ihm eine höhere erwartete Auszahlung geben als die Nichtteilnahme an der Kollusion und Bieten „auf eigene Faust“. Diese Bedingung für einen Kollusionsmechanismus wird als individuelle Rationalität bezeichnet.

¹⁸ Sind keine Seitenzahlungen möglich, ist zumindest in der Erstpreisauktion auch keine effiziente Kollusion möglich (vgl. McAfee und McMillan 1992). Der anreizkompatible Mechanismus besteht dann darin, daß alle Bieter das gleiche Gebot abgeben und der Auktionator danach zufällig einen Bieter als Gewinner der Auktion auswählt.

Bevor nun einzelne Mechanismen vorgestellt werden, muß noch eine Unterscheidung hinsichtlich der Seitenzahlungen, welche die einzelnen Bieter innerhalb der Koalition untereinander tätigen, gemacht werden. Gleichen sich die Seitenzahlungen der Bieter untereinander aus, das heißt summieren sie sich zu Null, so wird von einem „budget-balancing“ oder ex post ausgeglichenen Mechanismus gesprochen. Wird dagegen ein außenstehender Agent benötigt, über den die Seitenzahlungen der einzelnen Bieter laufen, dann kommt es vor, daß der Agent mehr an die Bieter ausschütten muß, als er von ihnen an Zahlungen bekommt oder umgekehrt. Die Seitenzahlungen gleichen sich lediglich im Erwartungswert aus, und der Agent trägt die Differenz. Ein solcher Mechanismus wird als „budget-breaking“ oder nur ex ante ausgeglichener Mechanismus bezeichnet.

In den folgenden Abschnitten werden drei Arten von Kollusionsmechanismen behandelt. Zunächst wird als Gegenstand der Untersuchung die Zweitpreisauktion gewählt. Der „Preauktion Knockout“-Mechanismus von Graham und Marshall (1987) ist der erste in der Literatur erwähnte Mechanismus für effiziente Kollusion. Es wird ein außenstehender, risikoneutraler Agent benötigt, welcher vor dem Offenbaren der Wertschätzungen Seitenzahlungen an die einzelnen Bieter tätigt und diese nach der eigentlichen Auktion vom Gewinner zurückerhält. Die Seitenzahlungen zwischen den Bietern sind dabei nicht unbedingt ausgeglichen, sondern summieren sich lediglich im Erwartungswert zu Null. Der Vorteil bei dem Mechanismus von Graham und Marshall besteht darin, daß er in schwach dominanten Strategien implementiert werden kann.

Daß effiziente Kollusion in Zweitpreisauktionen auch ohne Hilfe einer dritten Partei möglich ist, zeigen Mailath und Zemsky (1991). Sie entwickelten einen Mechanismus, bei dem die Seitenzahlungen auch ex post ausgeglichen sind. Ein Nachteil besteht allerdings darin, daß dieser Mechanismus wesentlich komplizierter ist als der Mechanismus von Graham und Marshall (1987).

Der dritte Mechanismus ist in seiner Anwendung nicht auf die Zweitpreisauktion beschränkt. Er wurde ursprünglich von McAfee und McMillan (1992) für effiziente Kollusion in Erstpreisauktionen entwickelt, bei der alle Bieter an der Kollusion teilnehmen. Der Mechanismus wird in dieser Arbeit so erweitert, daß er unter gewissen Einschränkungen auch in anderen Auktionsformen anwendbar ist. Im Gegensatz zu den oben genannten Mechanismen ist hier allerdings die Homogenität der Bieter Voraussetzung.

3.2.2 Kollusionsmechanismen in Zweitpreis- und Englischen Auktionen

3.2.2.1 Der „Preauktion Knockout“-Mechanismus

In diesem Abschnitt wird der von Graham und Marshall (1987) entwickelte Kollusionsmechanismus für Zweitpreisauktionen vorgestellt. Er gilt gleichermaßen für die Englische Auktion und wurde ursprünglich für homogene Bieter entwickelt. In einer zweiten Arbeit zeigen Graham et al. (1990), daß dieser Mechanismus sich auch bei heterogenen Bietern anwenden läßt.

Der Mechanismus, von Graham und Marshall (1987, S. 1224) und Graham et al. (1990, S. 504) als PAKT (preauktion knockout) bezeichnet, kann in drei Schritten dargestellt werden:

1. *Der Agent zahlt an jeden an der Kollusion beteiligten Bieter i einen festen Betrag P_i .*
2. *Jeder Bieter macht eine Angabe über seine private Wertschätzung. Der Bieter mit der höchsten Angabe wird als Koalitionsbieter ausgewählt und nimmt mit dem für ihn optimalen Gebot an der Auktion teil, falls seine Wertschätzung über dem Reservationspreis liegt.*
3. *Sollte der Koalitionsbieter die Zweitpreisauktion gewinnen, so kann er das Gut behalten. Falls der Preis, den er in der Zweitpreisauktion für das Gut zu zahlen hat, geringer ist als die in Schritt 2 gemachte zweithöchste Angabe der Wertschätzung innerhalb der Koalition, so hat der Koalitionsbieter die Differenz zwischen dieser zweithöchsten Angabe und dem Auktionspreis an den Agenten abzugeben.*

Der Koalitionsbieter, welcher die Auktion gewinnt, hat somit in jedem Fall das zweithöchste Gebot beziehungsweise die zweithöchste Angabe aller Bieter zu zahlen. Falls dieses insgesamt zweithöchste Gebot von einem nicht an der Kollusion beteiligten Bieter stammt, muß der Koalitionsbieter dieses als Verkaufspreis für das Gut in der Auktion zahlen, hat aber anschließend keine Zahlung mehr an den Agenten zu leisten. Wenn dagegen die zweithöchste Angabe von einem Bieter innerhalb der Koalition stammt, muß er zusätzlich zum Auktionspreis den Betrag an den Agenten abführen, um den die Angabe innerhalb der Koalition den Auktionspreis übersteigt. Er hat also auch in diesem Fall ins-

gesamt die zweithöchste Angabe aller Bieter zu zahlen. Für einen Bieter innerhalb der Koalition ist dieser Mechanismus daher strategisch äquivalent zur Zweitpreisauktion. Der einzige Unterschied besteht darin, daß der Bieter vor der Auktion zusätzlich eine feste Seitenzahlung vom außenstehenden Agenten bekommt.

Was nun die Festlegung der anfänglichen Seitenzahlung anbetrifft, so muß der am Anfang ausgeschüttete Betrag genau dem erwarteten Überschuß entsprechen, der durch die Kollusion entsteht. Denn der Agent ist als risikoneutral unterstellt und hat im Erwartungswert eine Auszahlung von Null. Der zusätzliche Überschuß durch die Kollusion ist dabei die Differenz zwischen der zweithöchsten Angabe innerhalb der Koalition und dem zu zahlenden Preis in der richtigen Auktion. Der Erwartungswert dieses Überschusses wird von dem Agenten vor der Auktion an die einzelnen Koalitionsbieter verteilt. Nach der Auktion zahlt der Koalitionsbieter den wahren Überschuß an den Agenten zurück, so daß dieser eine erwartete Auszahlung von Null hat. Der Agent übernimmt dabei das Risiko, daß die Koalition keinen zusätzlichen Überschuß macht, weil sich innerhalb der Koalition nicht die Bieter mit den beiden höchsten Wertschätzungen befinden. Die Verteilung des erwarteten Kollusionsüberschusses vor der Auktion an die einzelnen Bieter ist dem Agenten freigestellt, solange jeder Bieter i eine Zahlung von $P_i > 0$ erhält und die Höhe dieser Zahlung anreizneutral ist, das heißt nicht vom Verhalten der Bieter oder den Angaben über deren Wertschätzungen abhängt.

Graham und Marshall (1987, S. 1225) verwenden in ihrem Mechanismus eine Gleichverteilung des Überschusses, wobei es bei homogenen Bietern auch keine Motivation für eine differenzierte Verteilung gibt. Bei heterogenen Bietern ist hingegen in vielen Fällen eine ungleiche Verteilung notwendig, um zu gewährleisten, daß alle Bieter an der Kollusion teilnehmen können und damit der Kollusionsüberschuß maximiert wird.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen (Mailath und Zemsky 1991, S. 479). Angenommen, drei Bieter nehmen an einer Auktion teil, wobei zwei von diesen mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,5 die Wertschätzung 60 oder 70 haben. Der dritte Bieter hat mit der gleichen Wahrscheinlichkeiten entweder eine Wertschätzung von 0 oder von 62. Der Reservationspreis des Verkäufers liegt bei 60. Bei einer Kollusion aller Bieter wird genau dann ein zusätzlicher Kollusionsüberschuß erzielt, wenn die zweithöchste Wertschätzung über dem Reservationspreis von 60 liegt. Dies ist der Fall, wenn entweder Bieter 1 und 2 beide die

Wertschätzung 70 haben oder wenn einer von beiden die Wertschätzung 70 und der dritte Bieter die Wertschätzung 62 hat. Der erwartete Kollusionsüberschuß ist dann $1/4 \cdot 10 + 2 \cdot 1/8 \cdot 2 = 2,5 + 0,5 = 3$. Falls lediglich Bieter 1 und 2 eine Koalition bilden, wäre der zu erwartende Überschuß $1/4 \cdot (1/2 \cdot 8 + 1/2 \cdot 10) = 2,25$.¹⁹

Falls nur Mechanismen zulässig wären, die eine Gleichverteilung des Überschusses vorsehen, wären die Bieter 1 und 2 ohne die Teilnahme von Bieter 3 an der Kollusion besser gestellt, als wenn Bieter 3 an der Kollusion teilnehmen würde (ein Überschuß von 1,125 gegenüber 1). Falls es diese Beschränkung jedoch nicht gibt, wären die Bieter 1 und 2 besser gestellt, wenn sie Bieter 3 in die Koalition mit einbeziehen und dieser eine Zahlung zwischen 0 und 0,75 bekommt. Graham et al. (1990, S. 505) stellen für den PAKT ein mögliches Verfahren der differenzierten Aufteilung des erwarteten Kollusionsüberschusses vor.

Nach der Darstellung der Funktionsweise des Mechanismus wird im folgenden gezeigt, daß dieser Mechanismus anreizkompatibel und individuell rational ist sowie eine effiziente Kollusion sicherstellt. Das Offenbaren der eigenen Wertschätzung an den Agenten ist eine schwach dominante Strategie. Wie oben bereits erwähnt, zahlt ein Bieter innerhalb der Auktion in jedem Fall das zweithöchste Gebot beziehungsweise die zweithöchste Angabe aller Bieter, falls er die Auktion gewinnen sollte. Zudem erfolgt die Zahlung des Agenten an die einzelnen Bieter innerhalb der Koalition vor dem Offenbaren der Wertschätzung und erzeugt daher keine Anreize für die Bieter, falsche Angaben über ihre Wertschätzung zu machen. Mit der gleichen Logik, wie das Bieten der eigenen Wertschätzung in der Zweitpreisauktion eine schwach dominante Strategie ist (vgl. Kapitel 2), ist auch im PAKT das Offenbaren der wahren Wertschätzung eine schwach dominante Strategie. Daher ist der Mechanismus anreizkompatibel.

Der Mechanismus ist individuell rational, da die Teilnahme an der Kollusion für einen Bieter in jedem Fall eine höhere Auszahlung erwarten läßt als individuelles Bieten. Sollte die Koalition die Auktion nicht gewinnen, bekommt der Bieter bei Teilnahme an der Kollusion immer noch die Auszahlung P_i , während die Nichtteilnahme an der Kollusion eine Auszahlung von Null bedeutet hätte, da ein anderer Bieter eine höhere Wertschätzung

¹⁹ In Mailath und Zemsky (1991, S. 479) ist dieser Überschuß falsch berechnet.

hat. Sollte die Koalition die Auktion dagegen gewinnen, ergeben sich zwei Möglichkeiten. Hat der Bieter nicht die höchste Wertschätzung, bekommt er immer noch die Auszahlung P_i , während er bei Nichtteilnahme an der Kollusion nichts bekommen hätte. Hat der Bieter dagegen die höchste Wertschätzung innerhalb der Koalition, bekommt er das Gut und hat die zweithöchste Wertschätzung von allen Bietern zu zahlen, also denselben Betrag wie bei Nichtteilnahme an der Kollusion. Zusätzlich erhält er jedoch die Seitenzahlung P_i und hat damit insgesamt eine höhere Auszahlung als bei Nichtteilnahme.

Der Mechanismus stellt zudem die Effizienz der Kollusion sicher, da stets der Bieter mit der höchsten Wertschätzung mit dem für ihn optimalen Gebot an der Auktion teilnimmt. Zudem ersteigert die Koalition das Gut nur dann, wenn mindestens ein Bieter innerhalb der Koalition eine Wertschätzung hat, die über dem Reservationspreis liegt. Damit maximiert die Koalition ihre gemeinsame Auszahlung, und die Kollusion ist effizient.

Als ein großer Vorteil des PAKT ist die Tatsache anzusehen, daß das Offenbaren der Wertschätzung eines Bieters eine schwach dominante Strategie ist. Für Koalitionsteilnehmer entfällt die Berechnung von komplizierten Gleichgewichtsstrategien, und der Mechanismus ist einfach zu handhaben. Voraussetzung ist allerdings ein risikoneutraler Agent, welcher keine Wertschätzung für das zu versteigernde Gut hat und die Seitenzahlungen tätigt. Eine solcher Agent scheint generell eine Voraussetzung dafür zu sein, daß ein Mechanismus in schwach dominanten Strategien implementiert werden kann (McAfee und McMillan 1992, S. 588, d'Aspremont und Gérard-Varet, 1979).

Eine weitere Eigenschaft des Mechanismus ist, daß kein Bieter innerhalb der Koalition den Anreiz hat, nachträglich von der Kollusionsvereinbarung abzuweichen und in der Auktion zu bieten, wenn er nicht als Koalitionsbieter mit der höchsten Wertschätzung dafür ausgewählt wurde. Da der Bieter mit der höchsten Wertschätzung seine Wertschätzung in der Auktion in jedem Fall bietet, führt ein Überbieten zu einer negativen Auszahlung. Mit anderen Worten, in der Zweitpreisauktion gibt es kein Enforcement-Problem für die Koalition.

Ein Problem des Kollusionsmechanismus ist dagegen, daß die Seitenzahlung unabhängig von der Wertschätzung eines Bieters ist. Dies führt dazu, daß auch Bieter mit geringer Wertschätzung einen hohen Anreiz haben, an der Kollusion teilzunehmen. Selbst Bieter

mit einer Wertschätzung, welche geringer als der Reservationspreis ist, erhalten noch eine Seitenzahlung, obwohl sie die Auktion niemals gewinnen könnten und keinen Beitrag zum Kollisionsüberschuß leisten. Vielmehr schmälern diese mit ihrem Verhalten die Auszahlung der anderen Bieter innerhalb der Koalition. In der Auktionspraxis werden deshalb oft mehrere Stufen der Kollusion beobachtet (Graham und Marshall 1987, S. 1221). Dabei bilden sich innerhalb einer Koalition Unterkoalitionen, in denen die Bieter mit den höheren Wertschätzungen zu finden sind, welche den Kollisionsüberschuß, der durch diese hohen Wertschätzungen verursacht wird, unter sich allein aufteilen, um erst dann eine Koalition mit den anderen Bieter zu bilden.

Um jedoch eine solche Kollusionsstruktur zu ermöglichen, müssen die Bieter über die Höhe der anderen Wertschätzungen informiert sein. Graham et al. (1990, S. 498) zeigen ein Mechanismus auf, in dem die erwartete Auszahlung des einzelnen Bieters genau seinem Shapley-Wert entspricht, falls die Wertschätzungen allgemein bekannt sind. Wenn die Wertschätzungen hingegen private Information der einzelnen (homogenen) Bieter sind, führt dieser Mechanismus zu Problemen bei der Anreizkompatibilität. Da die Seitenzahlungen nun von der Höhe der Angaben über die eigene Wertschätzung abhängen, haben die Bieter einen Anreiz, ihre Wertschätzung nicht mehr wahrheitsgemäß zu offenbaren, sondern zu überbieten. Wird in diesem Mechanismus das Bayes-Nash-Gleichgewicht berechnet, so ergibt sich ein überraschendes Ergebnis. Jeder Bieter, unabhängig von seiner Wertschätzung, bekommt im Erwartungswert den gleichen Anteil vom Kollisionsüberschuß (Graham et al. 1990, S. 494, 503). Somit ergibt sich die gleiche Verteilung des Überschusses wie in dem in diesem Abschnitt vorgestellten Kollusionsmechanismus, in dem die Bieter ihre Wertschätzung wahrheitsgemäß offenbaren. Dies führt zu der Vermutung, daß jeder Kollusionsmechanismus in der Zweitpreisauktion zu einer erwarteten Zusatzauszahlung für den einzelnen Bieter führt, die unabhängig von seiner Wertschätzung ist. Auf diese Vermutung wird im folgenden Abschnitt, der sich mit allgemeinen Kollusionsmechanismen in Zweitpreisauktionen beschäftigt, näher eingegangen.

3.2.2.2 Eigenschaften allgemeiner Kollusionsmechanismen

In diesem Abschnitt werden Eigenschaften eines allgemeinen Kollusionsmechanismus für heterogene Bieter in Zweitpreisauktionen untersucht, der keinen Agenten benötigt und bei dem die Seitenzahlungen ex post ausgeglichen sind. Der Mechanismus wurde von Mailath und Zemsky (1991) entwickelt. Allgemein läßt er sich wie folgt darstellen:

1. *Jeder an der Kollusion beteiligte Bieter macht eine Angabe über seine private Wertschätzung.*
2. *In Abhängigkeit von den angegebenen Wertschätzungen erhält jeder Bieter eine Seitenzahlung oder hat eine zu tätigen.*
3. *Der Bieter mit der höchsten Angabe seiner Wertschätzung wird als Koalitionsbieter ausgewählt und darf „auf eigene Rechnung“ in der Auktion bieten. Alle anderen Bieter geben kein Gebot ab.*

Im Unterschied zum PAKT werden die Seitenzahlungen bei diesem Mechanismus erst nach dem Offenbaren der Wertschätzungen getätigt. Die Seitenzahlungen sind damit von den angegebenen Wertschätzungen der einzelnen Bieter abhängig. Nachdem die Seitenzahlungen getätigt worden sind und der Bieter mit der höchsten Angabe der Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt worden ist, muß dieser, im Gegensatz zum PAKT, nach der Auktion keine Zahlungen mehr an einen Agenten oder an die anderen Bieter tätigen.

Gesucht wird nun ein System von Seitenzahlungen, bei dem die Bieter einen Anreiz haben, ihre Wertschätzungen wahrheitsgemäß zu offenbaren, und jeder Bieter bei Teilnahme an der Kollusion einen größeren erwarteten Nutzen hat, als wenn er individuell bietet. Zudem muß der Mechanismus gewährleisten, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt wird und die Seitenzahlungen zwischen den Bietern ausgeglichen sind.

Es stellt sich die Frage, welche Eigenschaften ein solcher Mechanismus hat. Ist es möglich, Bietern mit einer höheren Wertschätzung auch einen höheren Teil vom Kollusionsüberschuß zu geben? Dies wäre wünschenswert, da ohne den Bieter mit der höchsten Wertschätzung eine Kollusion nicht sinnvoll wäre, eine Kollusion jedoch auf Bieter mit

niedrigen Wertschätzungen eher verzichten kann. Es wird jedoch im folgenden gezeigt, daß jeder effiziente Kollusionsmechanismus in der Zweitpreisauktion die Eigenschaft besitzt, daß die Zusatzauszahlung, die ein Bieter von seiner Teilnahme an einer Kollusion zu erwarten hat, unabhängig von seiner aktuellen Wertschätzung ist.

Um diese Aussage zu beweisen, ist wesentlich mehr formaler Aufwand nötig als beim PAKT. Daher werden zunächst einige Definitionen und Vorüberlegungen getroffen. Jeder Bieter $i \in I$ innerhalb der Koalition mit der privaten Wertschätzung v_i macht eine Angabe w_i an den Mechanismus. Daraus ergibt sich der Vektor der Angaben über die Wertschätzungen $\vec{w} = (w_1, w_2, \dots, w_k)$. Der Vektor der wahren Wertschätzungen wird mit $\vec{v} = (v_1, v_2, \dots, v_k)$ bezeichnet. Ein Kollusionsmechanismus kann als eine Abbildung der Wertschätzungen auf ein Paar von Vektoren (p, ζ) bezeichnet werden. Dabei ist $p_i(\vec{w})$ die Wahrscheinlichkeit, daß Bieter i als Koalitionsbieter ausgewählt wird und $\zeta_i(\vec{w})$ seine Seitenzahlung. Jeder Kombination von möglichen Wertschätzungen wird ein Vektor von Wahrscheinlichkeiten und Seitenzahlungen zugeordnet.

Drei Bedingungen werden an einen Kollusionsmechanismus gestellt (Mailath und Zemsky 1991, S. 472):

- Anreizkompatibilität
- Ex post ausgeglichene Seitenzahlungen
- Individuelle Rationalität

Anreizkompatibilität

Damit das Offenbaren der eigenen Wertschätzung ein Bayes-Nash-Gleichgewicht ist, muß ein Bieter i bei wahrheitsgemäßer Offenbarung seiner Wertschätzung eine höhere Auszahlung zu erwarten haben, als wenn er eine falsche Angabe über seine Wertschätzung macht - vorausgesetzt, die anderen Bieter offenbaren ihre wahre Wertschätzung. Die Bedingung der Anreizkompatibilität läßt sich daher folgendermaßen darstellen:

$$E_{-i}[(p_i(\vec{v})\pi(v_i) + \zeta_i(\vec{v}))] \geq E_{-i}[p_i(w_i, \vec{v}_{-i})\pi(v_i) + \zeta_i(w_i, \vec{v}_{-i})] \text{ für alle } v_i, w_i.$$

Dabei stellt E_{-i} den Erwartungswert über die Wertschätzungen aller Koalitionsbieter außer Bieter i und \vec{v}_{-i} den Vektor aller Wertschätzungen ohne Bieter i dar, $\vec{v}_{-i} = (v_1, \dots, v_{i-1}, v_{i+1}, v_k)$. $\pi(v_i)$ stellt die Auszahlung dar, die ein Bieter mit der Wertschätzung v_i in der Auktion zu erwarten hat, falls er als Koalitionsbieter ausgewählt wird. Da der Bieter sich in dieser Auktion wie ein individueller Bieter verhalten kann und die Seitenzahlungen bereits vorher getätigt wurden, ist seine erwartete Auszahlung in dieser Auktion nicht mehr von der angegebenen Wertschätzung w_i , sondern nur von seiner wahren Wertschätzung v_i abhängig. Da es für jeden Bieter in der Zweitpreisauktion eine schwach dominante Strategie ist, seine eigene Wertschätzung zu bieten, ist die Funktion π für alle Bieter identisch, unabhängig von der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Wertschätzung.

Ex post ausgeglichene Seitenzahlungen

Ex post ausgeglichene Seitenzahlungen lassen sich mit der Bedingung formulieren, daß die Summe aller Seitenzahlungen gleich Null sein muß:

$$\sum_i \zeta_i(\vec{v}) = 0 \text{ für alle } \vec{v} .$$

Individuelle Rationalität

Die dritte Anforderung an den Kollusionsmechanismus besteht darin, daß es für jeden Bieter individuell rational ist, an dem Mechanismus teilzunehmen, das heißt der erwartete Nutzen für einen Bieter bei Teilnahme an der Kollusion muß größer sein, als wenn er individuell bietet.

Wenn ein Bieter die Koalition verläßt und individuell bietet, so kann zweierlei passieren. Entweder die Kollusion löst sich auf oder sie besteht ohne den Bieter weiter. Diese beiden Reaktionen der Koalition können zu unterschiedlichen Auszahlungen für den individuellen Bieter führen. Daher können in Auktionen im allgemeinen auch zwei unterschiedliche Bedingungen für individuelle Rationalität formuliert werden. In dem hier vorgestellten Mechanismus der Zweitpreisauktion ist es jedoch möglich, beide Arten der individuellen Rationalität in einer Bedingung zu formulieren. Der Bieter mit der höchsten Wertschät-

zung innerhalb der Koalition wird nämlich stets seine Wertschätzung bieten, unabhängig davon, ob er nun ausgewählt wird, für die Koalition zu bieten, oder ohne Kollusion individuell seine Wertschätzung bietet. Für den Bieter, der aus der Koalition austritt, macht es daher keinen Unterschied, ob die Kollusion weiterhin besteht oder nicht, da er in jedem Fall gegen die höchste Wertschätzung der (ehemaligen) Koalition bieten muß.

Individuelle Rationalität bedeutet daher, daß die erwartete Auszahlung eines Bieters bei Teilnahme an der Koalition U_i^K größer ist als die erwartete Auszahlung U_i^S , wenn er individuell bietet:

$$U_i^K(v_i) = E_{-i}[p_i(\vec{v})\pi(v_i) + \zeta_i(\vec{v})] \geq U_i^S(v_i) \text{ für alle } v_i.$$

Bevor nun die zentrale Aussage dieses Abschnittes bewiesen werden kann, werden einige Eigenschaften der Funktion $\pi(v_i)$, der erwarteten Auszahlung des ausgewählten Koalitionsbieters in der Auktion, aufgezeigt. Wenn die Wertschätzung des Koalitionsbieters v_i größer als der Reservationspreis R und größer als die niedrigste mögliche Wertschätzung der Einzelbieter ist, ergibt sich $\pi(v_i)$ wie folgt:

$$\pi(v_i) = (v_i - R)G(R) + \int_R^{v_i} (v_i - v)g(v)dv.$$

Der erste Teil des Ausdrucks ist dabei die Differenz zwischen der eigenen Wertschätzung und dem Reservationspreis multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, daß die höchste Wertschätzung der Einzelbieter unter dem Reservationspreis liegt. Diese Wahrscheinlichkeit wird durch die Verteilungsfunktion des höchsten Gebotes der Einzelbieter $G(v) = \prod_{j \in J} F_j(v)$ ausgedrückt. Der zweite Teil des Ausdrucks ist die Differenz aus der eigenen Wertschätzung und der höchsten Wertschätzung unter den Einzelbietern multipliziert mit der jeweiligen Wahrscheinlichkeit, die durch die zugehörige Dichtefunktion $g(v) = \prod_{j \in J} f_j(v)$ ausgedrückt wird.

Die erste Ableitung $d\pi/dv_i$ stellt die Grenzauszahlung dar, die der Koalitionsbieter in der Auktion zu erwarten hat, wenn sich seine Wertschätzung um eine marginale Einheit erhöht. An der Grenze bekommt er diese zusätzliche Einheit mit der Gewinnwahrschein-

lichkeit $G(v_i)$, während die Gewinnwahrscheinlichkeit sich selbst nicht erhöht. Die erste Ableitung von $\pi(v_i)$ beträgt also $G(v_i)$ und die zweite Ableitung damit $g(v_i)$. Die Funktion $\pi(v_i)$ ist daher für alle $v_i > \max\{R, \underline{v}_{j \in J}\}$ eine streng monoton steigende und konvexe Funktion, da die erste Ableitung stets größer als Null und die zweite Ableitung niemals kleiner als Null ist.

Nach diesen Vorüberlegungen wird die zentrale Aussage dieses Abschnitts hergeleitet.

SATZ: *In jedem ex post ausgeglichenen, effizienten Kollusionsmechanismus erhält ein Bieter für die Teilnahme an der Kollusion eine zusätzliche erwartete Auszahlung zu der erwarteten Auszahlung bei Nichtteilnahme an der Kollusion, welche konstant ist und nicht von der Höhe seiner eigenen Wertschätzung abhängt (Mailath und Zemsky 1991, S. 473, 478)*

BEWEIS: Zum Beweis dieser Aussage wird zunächst ein zweiter Mechanismus betrachtet, welcher das Offenbaren der Funktion der erwarteten Auszahlung des ausgewählten Koalitionsbieters $\pi(v_i)$ zum Gegenstand hat. Für $v_i > \max\{\underline{v}_{j \in J}, R\}$ ist die Funktion π eine in v_i streng monoton steigende Funktion und das Offenbaren von $\pi_i = \pi(v_i)$ damit äquivalent zum Offenbaren von v_i . Angenommen es gibt einen Mechanismus, in dem die Bieter $\pi(v_i)$ offenbaren sollen. In diesem Mechanismus ist der erwartete Nutzen eines Bieters $W_i(\pi_i, \bar{\pi}_i) = \delta_i(\bar{\pi}_i)\pi_i + \gamma_i(\bar{\pi}_i)$, wenn er in der Auktion eine erwartete Auszahlung von π_i hat, im Mechanismus dagegen $\bar{\pi}_i$ angibt. Dabei ist δ_i die erwartete Wahrscheinlichkeit, als Koalitionsbieter ausgewählt zu werden und γ_i die erwartete Seitenzahlung. Auch dieser zweite Mechanismus muß die Bedingung der Anreizkompatibilität erfüllen:

$$\begin{aligned} W_i(\pi_i, \pi_i) &\geq W_i(\pi_i, \bar{\pi}_i) \\ W_i(\pi_i, \pi_i) &\geq \delta_i(\bar{\pi}_i)\pi_i + \gamma_i(\bar{\pi}_i). \end{aligned}$$

Wird auf der rechten Seite dieser Ungleichung $W_i(\bar{\pi}_i, \bar{\pi}_i) - [\delta_i(\bar{\pi}_i)\bar{\pi}_i + \gamma_i(\bar{\pi}_i)] = 0$ addiert, so ergibt sich als Bedingung für die Anreizkompatibilität

$$W_i(\pi_i, \pi_i) \geq W_i(\bar{\pi}_i, \bar{\pi}_i) + \delta_i(\bar{\pi}_i)(\pi_i - \bar{\pi}_i).$$

Da diese Ungleichung für beliebige π_i und $\bar{\pi}_i$ gelten muß, folgt daraus, daß $W_i(\pi_i, \pi_i)$ eine konvexe, stetige und nichtfallende Funktion ist und die Ableitung von $\delta_i(\pi_i)$ besitzt. Da $\pi(v_i)$ ebenfalls eine konvexe Funktion ist, ist auch der erwartete Nutzen eines Koalitionsbieters $U_i^K(v_i) = W_i(\pi(v_i), \pi(v_i))$ als Verknüpfung zweier konvexer Funktionen eine konvexe Funktion von v_i . Dabei ist $U_i^K(v_i)$ auch der erwartete Nutzen von Bieter i in dem ursprünglichen Mechanismus (p, ζ) . U_i^K hat eine Ableitung von

$$\frac{dU_i^K(v_i)}{dv_i} = \delta_i(\pi(v_i)) \frac{d\pi}{dv_i} = E_{I \setminus \{i\}} p_i(\vec{v}) G(v_i).$$

Da U_i^K als eine konvexe Funktion auch stetig ist, läßt sie sich auch schreiben als

$$U_i^K(v_i) = U_i^K(w_i) + \int_{w_i}^{v_i} E_{I \setminus \{i\}} p_i(\vec{v}) G(v) dv.$$

Um eine effiziente Kollusion zu ermöglichen, muß der Mechanismus gewährleisten, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt wird. Die erwartete Wahrscheinlichkeit eines Bieters, mit einer Wertschätzung von v_i ausgewählt zu werden, muß in einem effizienten Mechanismus daher gleich der Wahrscheinlichkeit sein, daß dieser Bieter die höchste Wertschätzung aller Koalitionsbieter hat. Für alle $v_i > R$ muß daher gelten:

$$E_{I \setminus \{i\}} p_i(\vec{v}) = \prod_{j \in I \setminus \{i\}} F_j(v_i).$$

Wird dieses Ergebnis in die vorherige Formel eingesetzt, die Definition von $G(v) = \prod_{j \in J} F_j(v)$ berücksichtigt und $w_i = R$ gesetzt, so ergibt sich für den erwarteten Nutzen eines Bieters innerhalb der Koalition bei einem effizienten Kollusionsmechanismus folgendes:

$$U_i^K(v_i) = U_i^K(R) + \int_R^{v_i} \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v) dv.$$

Um den zusätzlichen Nutzen der Teilnahme an der Kollusion zu bestimmen, muß dieses Ergebnis mit der Auszahlung eines nicht an der Kollusion teilnehmenden Einzelbieters $U_i^S(v_i)$ verglichen werden. Falls v_i größer als der Reservationspreis R ist, bestimmt sich dieser Nutzen als Differenz aus der eigenen Wertschätzung v_i und der höchsten Wertschätzung aller anderen Bieter beziehungsweise des Reservationspreises. Diese Differenz muß - multipliziert mit der Dichtefunktion - über alle $v < v_i$ integriert werden:

$$U_i^S(v_i) = \int_{\underline{v}}^{v_i} (v_i - \max\{v, R\}) \prod_{l \in N \setminus \{i\}} f_l(v) dv.$$

Die erwartete Auszahlung läßt sich auch schreiben als der Wert des Gutes multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, die Auktion zu gewinnen, abzüglich des erwarteten Kaufpreises:

$$U_i^S(v_i) = v_i \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v_i) - R \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(R) - \int_R^{v_i} v \prod_{l \in N \setminus \{i\}} f_l(v) dv.$$

Partielle Integration ergibt

$$U_i^S(v_i) = v_i \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v_i) - R \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(R) - v \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v) \Big|_R^{v_i} + \int_R^{v_i} \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v) dv.$$

Da sich die ersten drei Ausdrücke zu Null addieren, ergibt sich für die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters

$$U_i^S(v_i) = \int_R^{v_i} \prod_{l \in N \setminus \{i\}} F_l(v) dv.$$

Vergleicht man den Nutzen eines Bieters, der nicht an der Kollusion teilnimmt, mit dem Nutzen desselben Bieters, falls er an der Kollusion teilnehmen würde, so ergibt sich als Nutzendifferenz mit $U_i^K(v_i) - U_i^S(v_i) = U_i^K(R)$ eine Konstante, die unabhängig von der Wertschätzung des Bieters ist. In einem effizienten Kollusionsmechanismus hat somit ein Bieter stets den gleichen zusätzlichen Nutzen von einer Teilnahme an der Kollusion zu erwarten, unabhängig davon, ob seine Wertschätzung nur dem Reservationspreis entspricht oder er eine wesentlich höhere Wertschätzung für das Gut hat. ■

Nicht nur der im vorherigen Abschnitt vorgestellte PAKT, sondern auch jeder effiziente Kollusionsmechanismus mit ex post ausgeglichenen Seitenzahlungen in einer Zweitpreisauktion hat also die Eigenschaft, daß die erwartete Zusatzauszahlung eines Bieters, falls er an der Kollusion teilnimmt, nicht von seiner aktuellen Wertschätzung abhängt. Es gibt also keine Möglichkeit, Bietern, die eine höhere Wertschätzung haben und damit mehr zum Überschuß der Kollusion beitragen, einen höheren Anteil vom Kollusionsüberschuß zu geben und Bietern mit einer niedrigeren Wertschätzung weniger. Bei Mechanismen, die eine solche Ungleichverteilung vorsehen, werden die Bieter ihre Wertschätzung nicht wahrheitsgemäß offenbaren, sondern so angeben, daß im Gleichgewicht der erwartete Zusatznutzen durch Teilnahme an der Kollusion unabhängig von der eigenen Wertschätzung ist.²⁰

Mailath und Zemsky (1991, S. 478) geben explizit einen effizienten Kollusionsmechanismus an, welcher die Bedingungen der Anreizkompatibilität, der ex post ausgeglichenen Seitenzahlungen und der individuellen Rationalität erfüllt. Dieser Mechanismus ist jedoch nicht wie der PAKT durch eine einfache Spielform wie eine Zweitpreisauktion implementierbar (Mailath und Zemsky 1991, S. 475) sondern für die an der Kollusion teilnehmenden Bieter wesentlich komplizierter.

Der Mechanismus hat zudem die Eigenschaft, daß in einzelnen Fällen auch Bieter mit einer hohen Wertschätzung, welche nicht als Koalitionsbieter ausgewählt werden, eine Seitenzahlung leisten müssen und somit ex post eine negative Auszahlung haben. Auch der Koalitionsbieter hat ex post eine negative Auszahlung, wenn er die Zweitpreisauktion nicht gewinnen sollte, jedoch trotzdem vorher die Seitenzahlung zu tätigen hatte. Das Risiko, welches beim PAKT allein vom Agenten getragen wurde, ist bei diesem Mechanismus auf alle Bieter verteilt. Die erwartete Auszahlung für jeden Bieter ist bei diesem Mechanismus die gleiche wie beim PAKT, die Varianz der Ex-post-Auszahlung für die Bieter ist hier allerdings größer.

Mailath und Zemsky (1991, S. 479) zeigen zudem, daß es immer einen Mechanismus mit geeigneten Seitenzahlungen gibt, bei dem die Aufnahme eines weiteren Bieters in die Ko-

²⁰ Dagegen ist es möglich - und oft auch notwendig - , heterogenen Bietern mit allgemein bekannten, ex ante unterschiedlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Wertschätzungen auch unterschiedliche Anteile vom Kollusionsüberschuß zukommen zu lassen. Dies hat das Beispiel im vorherigen Abschnitt gezeigt. Wie in diesem Abschnitt dargestellt wurde, ist es jedoch nicht möglich, den Zusatznutzen der Kollusionsteilnahme von den konkreten, ex post offenbarten Wertschätzungen abhängig zu machen.

alition alle Bieter besser stellt. Wenn die Verteilung des Kollusionsüberschusses als ein kooperatives Spiel mit einer charakteristischen Funktion beschrieben wird, welche der Verteilung des ex ante Kollusionsüberschusses entspricht, so läßt sich zeigen, daß dieses Spiel superadditiv ist und einen nichtleeren Kern hat (Mailath und Zemsky 1991, S. 480-481). Somit ist eine große Koalition aller Bieter in einer Zweitpreisauktion stabil. Keine Koalition kann sich besser stellen, indem sie Bieter von der Kollusion ausschließt.

3.2.3 Kollusionsmechanismus in allgemeinen Standardauktionen

Die in den vorherigen Abschnitten beschriebenen Mechanismen haben die Einschränkung, daß sie nur bei Kollusion in Zweitpreis- und Englischer Auktion anwendbar sind. Im folgenden wird ein Mechanismus vorgestellt, der auch in anderen Auktionsformen, wie der Erstpreis- oder der Allpay-Auktion, eine effiziente Kollusion der Bieter ermöglicht. Ursprünglich wurde der Mechanismus von McAfee und McMillan (1992) für die Erstpreisauktion entwickelt, in der alle (homogenen) Bieter an der Kollusion beteiligt sind. In der Darstellung in diesem Abschnitt wird dieser Mechanismus jedoch so erweitert, daß er in allen Auktionsformen anwendbar ist. Vorgestellt wird ein effizienter Kollusionsmechanismus für homogene Bieter in beliebigen Standardauktionen, bei dem die Seitenzahlungen wie im vorherigen Abschnitt ex post ausgeglichen sind. Er läßt sich in drei Schritten darstellen:

1. *Jeder an der Kollusion beteiligte Bieter macht eine Angabe über seine Wertschätzung.*
2. *Falls keine der Angaben den Reservationspreis übersteigt, gibt die Koalition in der Auktion kein Gebot ab. Wenn hingegen wenigstens ein Bieter mehr als den Reservationspreis offenbart, wird der Bieter mit der höchsten offenbarten Wertschätzung v als Koalitionsbieter ausgewählt und zahlt*

$$\beta(v) = F(v)^{-k} \cdot \int_R^v \pi(u) \cdot (k-1) F(u)^{k-1} f(u) du.$$

Jeder andere Bieter erhält von dem Bieter mit der höchsten Wertschätzung eine Seitenzahlung in Höhe von $\beta(v)/(k-1)$.

3. *Der ausgewählte Koalitionsbieter darf in der Auktion auf eigene Rechnung bieten. Alle anderen Bieter geben in der Auktion kein Gebot ab.*

Der Mechanismus hat die Eigenschaft, daß der Bieter mit der höchsten offenbaren Wertschätzung als Koalitionsbieter ausgewählt wird und alle anderen an der Kollusion beteiligten Bieter identische Seitenzahlungen von ihm erhalten. Die gesamte Zahlung $\beta(v)$ ist dabei unter anderem eine Funktion des Überschusses π , den der Koalitionsbieter in der Auktion zu erwarten hat.

Im folgenden wird gezeigt, daß der Mechanismus anreizkompatibel ist und eine effiziente Kollusion sicherstellt. Dazu muß bewiesen werden, daß das Offenbaren der eigenen Wertschätzung eine Bayes-Nash-Gleichgewichtsstrategie ist. Die Vorgehensweise im Beweis ist folgende: Angenommen, $k - 1$ Bieter offenbaren wahrheitsgemäß ihre Wertschätzungen. Im Gleichgewicht muß das Offenbaren der wahren Wertschätzung des k -ten Bieters eine beste Antwort sein. Die Auszahlungsfunktion $U(v, w)$ des k -ten Bieters gibt seine erwartete Auszahlung an, wenn er eine wahre Wertschätzung von v hat und eine Wertschätzung w verkündet. Es zeigt sich, daß für $w = v$ die Bedingungen erster und zweiter Ordnung erfüllt sind, die Auszahlungsfunktion ein Maximum hat und damit das Offenbaren der wahren Wertschätzung eine Gleichgewichtsstrategie ist. Im folgenden werden nur Bieter mit $w \geq R$ betrachtet, da Bieter mit $w < R$ niemals gewinnen werden und damit eine konstante Auszahlung haben.

Die erwartete Auszahlung $U(v, w)$ ergibt sich als

$$\begin{aligned} U(v, w) &= (\pi(v) - \beta(w))F(w)^{k-1} + (1 - F(w)^{k-1}) \cdot \int_w^{\bar{v}} \frac{\beta(u)}{k-1} \cdot \frac{(k-1)F(u)^{k-2} f(u)}{1 - F(w)^{k-1}} du \\ &= (\pi(v) - \beta(w))F(w)^{k-1} + \int_w^{\bar{v}} \beta(u) F(u)^{k-2} f(u) du. \end{aligned}$$

Der erste Teil des Terms gibt die erwartete Auszahlung eines Bieters an, wenn er die höchste Angabe innerhalb der Koalition macht und ausgewählt wird, in der Auktion zu bieten. In diesem Fall erhält er als erwartete Auszahlung $\pi(v)$ und muß die Seitenzahlung $\beta(w)$ tätigen. $F(w)^{k-1}$ ist die Wahrscheinlichkeit, daß dieses Ereignis eintritt. Der zweite Teil des Terms gibt die erwartete Seitenzahlung an, die der Bieter erhält, wenn ein anderer Bieter eine höhere Angabe als w macht und er nicht als Koalitionsbieter ausgewählt wird.

Diese Seitenzahlung wird wiederum mit der entsprechenden Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieses Ereignisses multipliziert.

Die partielle Ableitung der erwarteten Auszahlung $U(v, w)$ nach der verkündeten Wertschätzung w ergibt folgendes:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U(v, w)}{\partial w} &= (\pi(v) - \beta(w))(k-1)F(w)^{k-2} f(w) - \beta'(w)F(w)^{k-1} - \beta(v)F(w)^{k-2} f(w) \\ &= [(k-1)\pi(v) - k\beta(w)]F(w)^{k-2} f(w) - \beta'(w)F(w)^{k-1}. \end{aligned}$$

Neben der notwendigen Bedingung, daß diese Ableitung gleich Null ist, muß für ein Maximum der Funktion an der Stelle $v = w$ zudem gelten, daß die partielle Ableitung der erwarteten Auszahlung nach v und w größer als Null ist, also $\partial^2 U(v, w)/\partial v \partial w \geq 0$. Wird nämlich, ausgehend von $v = w$, die Wertschätzung v erhöht, so muß eine Erhöhung der verkündeten Wertschätzung w einen positiven Effekt auf die erwartete Auszahlung haben. Umgekehrt muß, wenn v gesenkt wird, die Absenkung von w einen positiven Effekt auf die erwartete Auszahlung haben. Da die Bedingung zweiter Ordnung erfüllt ist, denn

$$\partial^2 U(v, w)/\partial v \partial w = \pi'(v) \cdot (k-1) \cdot F(w)^{k-2} \cdot f(w) \geq 0,$$

besteht Anreizkompatibilität, wenn

$$\left. \frac{\partial U(v, w)}{\partial w} \right|_{w=v} = 0 \quad \text{gilt.}$$

Wird in der partiellen Ableitung $w = v$ gesetzt und die Seitenzahlung für $\beta(v)$ eingesetzt, so läßt sich die Bedingung folgendermaßen schreiben:

$$\begin{aligned} &\left[(k-1)\pi(v) - kF(v)^{-k} \int_R^v \pi(u)(k-1)F(u)^{k-1} f(u) du \right] \cdot F(v)^{k-2} f(v) - F(v)^{k-1} \\ &\times \left[-kF(v)^{-(k+1)} f(v) \int_R^v \pi(u)(k-1)F(u)^{k-1} f(u) du + F(v)^{-k} (\pi(v)(k-1)F(v)^{k-1} f(v)) \right] = 0 \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow (k-1)\pi(v)F(v)^{k-2}f(v) - kF(v)^{-2}f(v) \int_R^v \pi(u)(k-1)F(u)^{k-1}f(u)du$$

$$+ kF(v)^{-2}f(v) \int_R^v \pi(u)(k-1)F(u)^{k-1}f(u)du - (k-1)\pi(v)F(v)^{k-2}f(v) = 0.$$

Diese Gleichung ist erfüllt. Damit ist gezeigt, daß der Mechanismus anreizkompatibel ist.

Im Gegensatz zum Mechanismus im vorherigen Abschnitt kann dieser Mechanismus durch eine einfache Erstpreisauktion implementiert werden, bei der die Bieter um das Recht bieten, an der eigentlichen Auktion teilzunehmen. Der Bieter mit dem höchsten Gebot in dieser Erstpreisauktion muß den gebotenen Betrag zahlen, welcher gleichmäßig an die anderen Bieter verteilt wird. In dieser Auktion repräsentiert das Bieten von $\beta(v)$ eine Bayes-Nash-Gleichgewichtsstrategie. Bieten nämlich alle anderen Bieter nach dieser Strategie, ist das Bieten von $\beta(v)$ äquivalent zum Offenbaren der Wertschätzung v im obigen Mechanismus.

Ein weiterer Vorteil dieses Mechanismus besteht darin, daß er in verschiedenen Auktionsformen wie der Erstpreis- oder auch der Allpay-Auktion Anwendung finden kann. Es stellt sich allerdings die Frage, ob es in diesen Auktionsformen für einen Bieter überhaupt individuell rational ist, an einer Kollusion teilzunehmen oder ob er als Einzelbieter eine höhere Auszahlung zu erwarten hat. Um diese Frage zu beantworten, sind die erwarteten Auszahlungen der Koalitionsbieter und der Einzelbieter zu berechnen. Auf diesen Problemkomplex wird im folgenden Abschnitt 3.3 eingegangen.

Eine Herausforderung anderer Art für eine Koalition in der Erstpreis- und der Allpay-Auktion ist die Durchsetzung²¹ einer effizienten Kollusion. Für einen Bieter kann der Anreiz bestehen, die Kollusionsvereinbarung nachträglich zu brechen und in der Auktion auch dann zu bieten, wenn er nicht als der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition dazu legitimiert wurde. Schließen sich beispielsweise sämtliche Bieter in der Erstpreisauktion zu einer Koalition zusammen, so besteht die optimale Kollusionsstrategie darin, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung den Reservationspreis des Verkäufers bietet und alle anderen Bieter kein Gebot abgeben. In dieser Situation besteht jedoch für die anderen Bieter ein großer Anreiz, dieses Gebot geringfügig zu überbieten,

²¹ Enforcement.

um zusätzlich zu der Seitenzahlung auch noch das Gut zu einem geringen Preis ersteigern zu können.

Eine Lösung des Durchsetzungsproblems kann zum Beispiel in wiederholten Auktionen erreicht werden und ist dann äquivalent zu der Durchsetzung kooperativer Strategien in der Theorie wiederholter Spiele (Abreu et al., 1986). Die Kooperation unter den Bietern kann ein Gleichgewichtsverhalten im unendlich wiederholten Spiel sein (Folk-Theorem). Ein von der Kooperation abweichender Bieter würde trotz der einmalig höheren Auszahlung durch das nichtkooperative Verhalten der anderen Bieter in den folgenden Auktionen insgesamt keine höhere Auszahlung zu erwarten haben, als bei kooperativem Verhalten.

3.3 Auswirkung einer Kollusion auf das Auktionsergebnis

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen untersucht, die eine Kollusion auf das Auktionsergebnis hat. In den verschiedenen Standardauktionen (Zweitpreis- und Englische Auktion, Erstpreisauktion, Allpay-Auktion) werden die Effekte einer Kollusion auf den erwarteten Erlös des Verkäufers sowie auf die erwarteten Auszahlungen der Koalitionsbieter und der Einzelbieter analysiert. Um die erwarteten Auszahlungen berechnen zu können, müssen zunächst die Bietfunktionen von Koalition und Einzelbieter im Bayes-Nash-Gleichgewicht bestimmt werden.²² Da es bei der Annahme allgemeiner Verteilungsfunktionen über die Wertschätzungen der Bieter bisher keine Möglichkeit gibt, die Bietfunktionen explizit zu bestimmen, werden in diesem Abschnitt zusätzliche Annahmen getroffen:

- Die Wertschätzung jedes Bieters ist gleichverteilt über das Intervall $[0,1]$, $F(v) = v$
- Der Reservationspreis des Verkäufers beträgt 0.

Zudem wird die Annahme getroffen, daß effiziente Kollusion vorliegt, das heißt nur der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition bietet in der Auktion.

Damit kann die Auktion, bei der sich ein Teil der Bieter zu einer Koalition zusammenschließt, wie eine Auktion mit heterogenen Bietern analysiert werden. Bei einer effizienten Kollusion nimmt nur der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition an der Auktion teil und diese höchste Wertschätzung ist gemäß der Funktion $F(v) = v^k$ verteilt. Eine Auktion mit s Einzelbieter und k Bietern, die sich zu einer Koalition zusammenschließen, wird wie eine Auktion mit $s + 1$ Bietern modelliert, bei der die Wertschätzungen von $s = n - k$ Einzelbieter gleichverteilt sind und die Wertschätzung des einen Koalitionsbieters gemäß der Funktion $F(v) = v^k$ verteilt ist.

Es wird darüber hinaus folgende Notation vereinbart. Die Wertschätzung des Koalitionsbieters wird mit v_K , die Wertschätzung eines repräsentativen Einzelbieters mit v_S bezeichnet.²³ Die Gebotsfunktion des Koalitionsbieters sei $b_K(v)$, die Gebotsfunktion des

²² Die Bietfunktionen müssen für die Erstpreis- und die Allpay-Auktion bestimmt werden. In der Zweitpreisauktion ist es stets eine dominante Strategie, seine Wertschätzung zu bieten.

²³ Um eine übersichtliche Darstellung zu erreichen, wird an einigen Stellen auf die Indizes verzichtet.

repräsentativen Einzelbieters $b_s(v)$. Es sei v_{-K} die höchste Wertschätzung und b_{-K} das höchste Gebot aller Einzelbieter sowie v_{-S} die höchste Wertschätzung und b_{-S} das höchste Gebot aller Bieter mit Ausnahme des repräsentativen Einzelbieters.

In der Erstpreisauktion und der Allpay-Auktion wird zudem zwischen zwei verschiedenen Informationszuständen der Einzelbieter unterschieden. Im ersten Fall wird davon ausgegangen, daß die Einzelbieter nicht wissen, daß sich einige Bieter zu einer Kollusion zusammengeschlossen haben. Dieser Fall wird in den Abschnitten 3.3.2.1 und 3.3.4.1 behandelt. Anschließend werden Gleichgewichtsstrategien und erwartete Auszahlungen unter der Annahme berechnet, daß alle Bieter über die Kollusion informiert sind und somit gemeinsames Wissen über die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Typen der Bieter haben (Abschnitte 3.3.2.2 und 3.3.4.2). Unter der ersten Annahme kann das Ergebnis der Auktion dabei analytisch ermittelt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Annahmen von Koalition und Einzelbietern über die Typen der Spieler stellt das Gleichgewicht jedoch kein Bayes-Nash-Gleichgewicht dar. Dagegen können unter der Annahme gemeinsamen Wissens über die Kollusion die Bayes-Nash-Gleichgewichte zum Teil nur durch numerische Verfahren berechnet werden (Marshall et al. 1994, Bajari 2000). In der Zweitpreis- und der Englischen Auktion ist diese Unterscheidung der Informationszustände nicht notwendig, da es stets eine schwach dominante Strategie ist, seine Wertschätzung zu bieten.

Ausgehend von diesen Modellannahmen werden im folgenden die Bietstrategien und die erwarteten Auszahlungen in den einzelnen Auktionsformen berechnet. Bei der Ermittlung der erwarteten Auszahlungen für Koalition, Einzelbieter und Verkäufer werden die ex ante Werte bestimmt, bevor die Bieter ihren Typ erhalten.

3.3.1 Kollusionseffekte in Zweitpreis- und Englischen Auktionen

In der Zweitpreisauktion²⁴ ist die Berechnung der erwarteten Auszahlungen einfach, da es für den Koalitionsbieter wie für die Einzelbieter stets eine schwach dominante Strategie ist, die eigene Wertschätzung zu bieten. Die erwartete Auszahlung EU_K eines einzelnen Koalitionsbieters ergibt sich als die Differenz von der Wertschätzung der Koalition v und der höchsten Wertschätzung der Einzelbieter v_{-K} unter der Bedingung, daß die Wertschätzung der Koalition höher ist. Diese Differenz ist mit der Wahrscheinlichkeit zu multiplizieren, daß die Wertschätzung der Koalition die höchste ist, und, multipliziert mit der Dichtefunktion der höchsten Wertschätzung der Koalition, über das Intervall $[0,1]$ zu integrieren. Das Ergebnis muß durch die Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter geteilt werden. Damit ergibt sich für die erwartete Auszahlung eines Koalitionsbieters:

$$\begin{aligned}
 EU_K &= \frac{1}{k} \cdot E\left[\left(v - E[v_{-K} | v_{-K} < v]\right) \Pr[v_{-K} < v]\right] \\
 &= \frac{1}{k} \cdot \int_0^1 \left(v - \frac{1}{v^s} \cdot \int_0^v t \cdot s \cdot t^{s-1} dt\right) \cdot v^s \cdot k \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \frac{1}{k} \cdot \int_0^1 \left(v - \frac{1}{v^s} \cdot \frac{s}{s+1} \cdot v^{s+1}\right) \cdot v^s \cdot k \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \frac{1}{k} \cdot \int_0^1 \left(\frac{1}{s+1} v\right) \cdot v^s \cdot k \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 \frac{1}{s+1} v^n dv \\
 &= \frac{1}{(s+1)(n+1)}.
 \end{aligned}$$

Wenn die Gesamtbieterzahl n als gegeben unterstellt wird, bedeutet der Ausdruck folgendes: Je geringer die Anzahl der Einzelbieter s ist, das heißt je mehr Bieter an der Kollusion teilnehmen, desto höher ist auch die erwartete Auszahlung jedes einzelnen Koalitionsbieters.

²⁴ Diese Aussagen gelten gleichermaßen für die Englische Auktion.

Im folgenden wird die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters bestimmt, der nicht an der Kollusion beteiligt ist. Der Einzelbieter muß nicht nur gegen die Koalition, sondern auch gegen alle anderen Einzelbieter bieten. Seine Auszahlung wird berechnet als Differenz zwischen der eigenen Wertschätzung v und der höchsten Wertschätzung aller anderen Bieter v_{-s} , unter der Bedingung, daß die Wertschätzung des Einzelbieters die höchste ist.

$$\begin{aligned}
 EU_s &= E\left[\left(v - E[v_{-s} | v_{-s} < v]\right) \Pr[v_{-s} < v]\right] \\
 &= \int_0^1 \left(v - \frac{1}{v^{n-1}} \int_0^v t(n-1)t^{n-2} dt \right) \cdot v^{n-1} dv \\
 &= \int_0^1 \left(v - \frac{1}{v^{n-1}} \cdot \frac{n-1}{n} v^n \right) \cdot v^{n-1} dv \\
 &= \int_0^1 \frac{1}{n} v \cdot v^{n-1} dv \\
 EU_s &= \frac{1}{n(n+1)} < \frac{1}{(s+1)(n+1)} = EU_K \quad \text{für } s+1 < n.
 \end{aligned}$$

Es zeigt sich, daß ein Einzelbieter in der Zweitpreisauktion stets eine geringere Auszahlung zu erwarten hat als ein Koalitionsbieter. Damit ist es für die Bieter stets individuell rational, an der Kollusion teilzunehmen. Außerdem wird deutlich, daß die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters nicht von der Größe der Koalition abhängt. Dies ist deshalb der Fall, weil der für die Auszahlung des Einzelbieters entscheidende Bieter mit der höchsten Wertschätzung v_{-s} stets seine Wertschätzung bietet, unabhängig davon, ob er an der Kollusion beteiligt ist oder nicht.

Schließlich wird der erwartete Verkaufspreis EU_v berechnet, welcher der erwarteten Auszahlung des Verkäufers entspricht. Da stets der Bieter mit der höchsten Wertschätzung in der Auktion das Gut ersteigert, läßt sich die erwartete höchste Wertschätzung aufteilen in den erwarteten Verkaufspreis zuzüglich der erwarteten Auszahlung aller Bieter:

$$\begin{aligned}
 \int_0^1 v \cdot n v^{n-1} dv &= EU_v + s \cdot EU_s + k \cdot EU_K \\
 \frac{n}{n+1} &= EU_v + \frac{s}{n(n+1)} + \frac{k}{(s+1)(n+1)}.
 \end{aligned}$$

Den Preis ergibt sich somit als die Differenz aus dem Erwartungswert der höchsten Wertschätzung abzüglich der Summe der Erwartungswerte der Auszahlungen aller Bieter:

$$EU_v = \frac{n}{n+1} - \frac{s}{n(n+1)} - \frac{k}{(s+1)(n+1)}.$$

Bei gegebener Gesamtzahl der Bieter sinkt der erwartete Verkaufspreis mit zunehmender Koalitionsgröße. In Tabelle 1 sind die erwarteten Auszahlungen für eine Bieterzahl von $n = 5$ in Abhängigkeit von der Koalitionsgröße dargestellt.

Größe ($n=5$)		Erwartete Auszahlung		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
0	5		0,0333	0,6667
2	3	0,0417	0,0333	0,6500
3	2	0,0556	0,0333	0,6000
4	1	0,0833	0,0333	0,4667
5	0	0,1667		0,0000

Tabelle 1

Aus der Tabelle wird deutlich, daß der erwartete Verkaufspreis bei einer Kollusion weniger Bieter nur unwesentlich geringer ist als der Wettbewerbspreis und bei zunehmender Koalitionsgröße etwas stärker sinkt. Bei $k = 4$ hat der Verkäufer jedoch immer noch einen relativ hohen Preis zu erwarten. Erst bei einer Kollusion aller Bieter fällt der Verkaufspreis auf Null.

Da effiziente Kollusion vorausgesetzt wurde, und damit der Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition in der Auktion bietet und dieser, wie auch die Einzelbieter, in der Zweitpreisauktion die wahre Wertschätzung offenbaren, erhält stets der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut. Das Auktionsergebnis bei Kollusion in Zweitpreisauktionen ist daher immer effizient.

3.3.2 Kollusionseffekte in Erstoppreisauktionen

3.3.2.1 Nicht über die Kollusion informierte Einzelbieter

Bevor die erwarteten Auszahlungen in der Erstoppreisauktion berechnet werden können, sind zunächst die optimalen Strategien der Bieter zu bestimmen. Zunächst wird davon ausgegangen, daß die Einzelbieter nicht über die Existenz einer Kollusion informiert sind. Unter dieser Voraussetzung werden sie die gleichen Strategien wählen, wie in einer Auktion ohne Kollusion. Die Gebotsfunktion eines repräsentativen Einzelbieters in der Erstoppreisauktion wurde bereits im zweiten Kapitel berechnet:

$$b_s(v) = \frac{n-1}{n}v.$$

Falls die Einzelbieter nach dieser Strategie bieten, ergibt sich für den erwarteten Nutzen des Koalitionsbieters in Abhängigkeit von seiner Wertschätzung v und seinem Gebot b folgendes:

$$\begin{aligned} U_K &= (v - b) \cdot \Pr[b > b_{-K}] \\ &= (v - b) \cdot \Pr\left[b > \frac{n-1}{n}v_{-K}\right] \\ &= (v - b) \cdot \left(\frac{n}{n-1}b\right)^s \\ &= \left(\frac{n}{n-1}\right)^s \cdot v \cdot b^s - \left(\frac{n}{n-1}\right)^s \cdot b^{s+1}. \end{aligned}$$

Das optimale Gebot des Koalitionsbieters ergibt sich durch Maximierung des Nutzens. Dazu wird die Nutzenfunktion abgeleitet und gleich Null gesetzt:

$$\begin{aligned} \left(\frac{n}{n-1}\right)^s \cdot v \cdot s \cdot b^{s-1} - \left(\frac{n}{n-1}\right)^s \cdot (s+1) \cdot b^s &= 0 \\ b_K(v) &= \frac{s}{s+1}v. \end{aligned}$$

Die Bietfunktion zeigt, daß das Gebot der Koalition lediglich von der Zahl der Einzelbieter abhängt. Je kleiner die Zahl der Einzelbieter ist, desto stärker wird die Koalition ihr Gebot unter ihre Wertschätzung absenken.

Bevor die erwarteten Auszahlungen für die Bieter und den Verkäufer berechnet werden, können zwei grundlegende Aussagen für die Kollusion in Erstpreisauktionen getroffen werden. Zum einen führt eine Kollusion dazu, daß das Auktionsergebnis nicht immer effizient ist. Es besteht die Möglichkeit, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut nicht erhält, weil die Bietstrategien asymmetrisch sind und die Gebotsfunktion der Koalition flacher verläuft als die der Einzelbieter. Dadurch kann es geschehen, daß die Koalition das Gut nicht ersteigert, obwohl die höchste Wertschätzung der Bieter innerhalb der Koalition höher ist als die höchste Wertschätzung der Einzelbieter.

Zum anderen hat die Bildung einer Koalition in der Erstpreisauktion einen positiven externen Effekt auf die erwartete Auszahlung der Einzelbieter. Diese Aussage läßt sich wie folgt begründen. Ohne Kollusion ist die Gewinnwahrscheinlichkeit eines Einzelbieters nur von dem Gebot des Bieters mit der höchsten Wertschätzung abhängig. Schließen sich mehrere Bieter zu einer Koalition zusammen, so wird dieses vormals höchste Gebot genau dann gesenkt, wenn dieser Bieter an der Kollusion teilnimmt ($b_K(v) < b_S(v)$ für alle $v > 0$ und $k \geq 2$). Dadurch erhöht sich die Gewinnwahrscheinlichkeit des Einzelbieters, ohne daß sich sein Überschuß im Fall des Auktionsgewinns vermindert. Durch die Bildung einer Koalition erhöht sich daher seine erwartete Auszahlung. Wird diese Koalition um einen weiteren Bieter vergrößert, so sinkt das höchste Gebot in der Auktion genau dann, wenn die Koalition bereits vorher das höchste Gebot abgegeben hat oder der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das zusätzliche Koalitionsmitglied ist. Wiederum erhöht sich die Gewinnwahrscheinlichkeit und somit die erwartete Auszahlung des Einzelbieters. Je größer die Koalition bei gegebener Gesamtbieterzahl ist, um so größer ist auch der positive Effekt einer Kollusion auf die Auszahlung der Einzelbieter.

Nachdem die Bietstrategien für Koalition und Einzelbieter berechnet worden sind, werden im folgenden die erwarteten Auszahlungen bestimmt, um zu beurteilen, wer stärker von der Bildung einer Kollusion profitiert und in welchem Umfang der Verkäufer durch die Kollusion geschädigt wird. Die erwartete Auszahlung eines Koalitionsbieters ergibt sich aus dem Überschuß der Koalition multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, daß die Koalition die Auktion gewinnt. Dieses Ergebnis ist wiederum durch die Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter zu teilen.

$$\begin{aligned}
 EU_K &= \frac{1}{k} \cdot E \left[\left(v - \frac{s}{s+1} v \right) \cdot \Pr [b_K(v) > b_{-K}] \right] \\
 &= \frac{1}{k} \cdot \int_0^1 \frac{1}{s+1} v \cdot \Pr \left[\frac{s}{s+1} v > \frac{n-1}{n} v_{-K} \right] \cdot k \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \frac{1}{s+1} \cdot \int_0^1 v \cdot \Pr \left[\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} v > v_{-K} \right] \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \frac{1}{s+1} \cdot \int_0^1 v \cdot \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} v \right)^s \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \frac{1}{s+1} \cdot \int_0^1 v^n \cdot \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^s dv \\
 &= \frac{1}{(s+1)(n+1)} \cdot \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^s.
 \end{aligned}$$

Ein Vergleich mit den Resultaten im vorherigen Abschnitt zeigt, daß die erwartete Auszahlung für einen Koalitionsbieter in der Erstpreisauktion stets geringer ist als in der Zweitpreisauktion, und zwar um den Faktor

$$\left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^s.$$

Für die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters ergibt sich folgendes:

$$\begin{aligned}
 EU_S &= E \left[\left(v - \frac{n-1}{n} v \right) \cdot \Pr [b_S(v) > b_{-S}] \right] \\
 &= \int_0^1 \frac{1}{n} v \cdot \Pr \left[\frac{n-1}{n} v > \frac{s}{s+1} v_K \right] \cdot v^{s-1} dv \\
 &= \frac{1}{n} \cdot \int_0^1 v^s \cdot \Pr \left[\frac{n-1}{n} \cdot \frac{s+1}{s} \cdot v > v_K \right] dv \\
 &= \frac{1}{n} \cdot \left(\int_0^{\frac{\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1}}{s+1}} v^s \cdot \left(\frac{n-1}{n} \cdot \frac{s+1}{s} \cdot v \right)^k dv + \int_{\frac{\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1}}{s+1}}^1 v^s dv \right) \\
 &= \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{n+1} \cdot \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^{n+1} \cdot \left(\frac{n-1}{n} \cdot \frac{s+1}{s} \right)^k + \frac{1}{s+1} \left(1 - \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^{s+1} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{n} \cdot \left(\left(\frac{1}{n+1} - \frac{1}{s+1} \right) \cdot \left(\frac{s}{s+1} \cdot \frac{n}{n-1} \right)^{s+1} + \frac{1}{s+1} \right).
 \end{aligned}$$

Für eine Bieterzahl von $n = 5$ sind die erwarteten Auszahlungen in Tabelle 2 angegeben:

Größe ($n=5$)		Erwartete Auszahlung		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer ²⁵
0	5		0,0333	0,6667
2	3	0,0343	0,0371	0,6515
3	2	0,0386	0,0474	0,6105
4	1	0,0521	0,0740	0,5043
5	0	0,1667		0,0000

Tabelle 2

Interessant an diesen Werten ist die Tatsache, daß die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters stets größer ist als die Auszahlung eines Bieters in der Koalition. Dieses Ergebnis überrascht vor allem unter dem Gesichtspunkt, daß die Einzelbieter nicht über die Kollusion informiert sind und somit keine Möglichkeit haben, ihre Strategie anzupassen und die optimale Reaktionsstrategie zu wählen. Dieses Ergebnis dürfte jedoch darauf zurückzuführen sein, daß sich einerseits der Kreis der Bieter durch die Kollusion verkleinert, andererseits aber das Gebot der Koalition mit steigender Teilnehmerzahl sinkt und darüber hinaus der Einzelbieter seine Auszahlung nicht zu teilen hat. Im Gegensatz zur Zweitpreisauktion, in der nur die Bieter innerhalb der Koalition von der Kollusion profitieren, ergibt sich in der Erstpreisauktion ein positiver externer Effekt auf die erwartete Auszahlung der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter.

Bei gegebener Gesamtzahl der Bieter sinkt der Verkaufspreis mit zunehmender Koalitionsgröße. Im Erwartungswert ist der Verkaufspreis jedoch stets höher als in der Zweitpreisauktion.²⁶

²⁵ Berechnet nach der Monte-Carlo-Methode (je 1 Mio. Auktionen).

²⁶ Bei gegebener Koalitionsgröße und bis auf die Fälle ohne Kollusion und einer Kollusion aller Bieter.

3.3.2.2 Über die Kollusion informierte Einzelbieter

Sind die Einzelbieter über die Kollusion informiert, so können die oben berechneten Bietstrategien kein Gleichgewicht darstellen. Dies wird an dem folgenden Beispiel deutlich. Angenommen, in einer Auktion mit drei Bietern schließen sich zwei Bieter zu einer Koalition zusammen. In Abbildung 1 sind die Bietstrategien der Koalition und des Einzelbieters dargestellt.

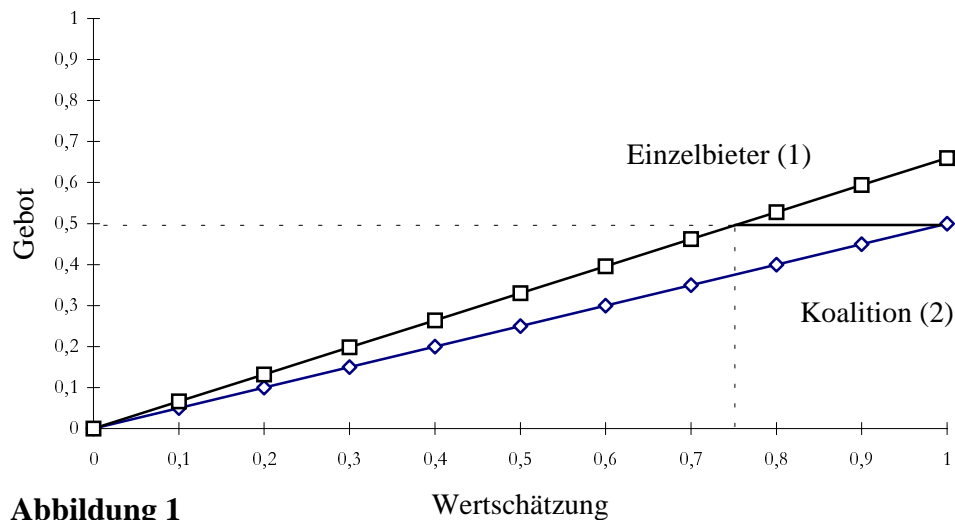


Abbildung 1

Für den Fall, daß keine Information über die Kollusion vorliegt, wird der Einzelbieter die Bietfunktion $b_s = 2/3 \cdot v$ und die Koalition als optimale Reaktion darauf die Bietfunktion $b_K = 1/2 \cdot v$ verwenden. Die Koalition wird somit maximal ein Gebot von $1/2$ abgeben, und zwar genau dann, wenn ihre Wertschätzung $v = 1$ beträgt.

Angenommen, der Einzelbieter hat eine Wertschätzung von $v > 3/4$. In diesem Fall wird er nach seiner Bietstrategie $b_s = 2/3 \cdot v$ ein Gebot größer als $1/2$ abgeben und die Auktion auf jeden Fall gewinnen. Dieses Gebot kann für den Einzelbieter jedoch keine optimale Strategie sein. Vielmehr führt ein Absenken des Gebotes auf $1/2$ dazu, daß der Einzelbieter für das Gut einen niedrigeren Preis zahlen muß, ohne daß sich seine Gewinnwahrscheinlichkeit verringert.

Die ursprünglichen Bietfunktionen stellen somit kein Bayes-Nash-Gleichgewicht dar, weil der Einzelbieter durch Abweichen von seiner Bietstrategie eine höhere erwartete Auszah-

lung erreichen kann. Dieses Beispiel läßt vermuten, daß als Voraussetzung für ein Gleichgewicht die Bietfunktionen den gleichen Träger abdecken müssen (common support).

Unter der Annahme, daß die Einzelbieter über die Existenz einer Kollusion informiert sind, können Bayes-Nash-Gleichgewichtsstrategien bestimmt werden, da gemeinsames Wissen über die effiziente Kollusion und somit über die Typen und Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Bieter besteht. Die Auktion wird als ein Bayes'sches Spiel mit $s + 1$ Spielern modelliert, von denen die „Natur“ bei s Spielern ihren Typ gemäß einer Gleichverteilung und bei einem Koalitionsspieler gemäß der Verteilungsfunktion $F(v) = v^k$ wählt.

Lebrun (1999) und Bajari (2000) zeigen, daß in diesem Fall (und in allgemeineren Fällen) ein eindeutiges Bayes'sches Gleichgewicht existiert. Die Gleichgewichtsstrategien lassen sich jedoch nur numerisch berechnen. Dazu werden zunächst die Auszahlungsfunktionen für die Koalition und die Einzelbieter aufgestellt, diese abgeleitet und das aus der Bedingung erster Ordnung entstehende Differentialgleichungssystem gelöst.

Die Auszahlungsfunktionen ergeben sich als

$$U_K = (v_K - b)\lambda_s(b)^s$$
$$U_s = (v_s - b)\lambda_K(b)^k \lambda_s(b)^{s-1}.$$

Dabei sind $\lambda_K(b)$ und $\lambda_s(b)$ die inversen Bietfunktionen von Koalition und Einzelbieter. Sie geben an, welche Wertschätzung ein Bieter in Abhängigkeit von seinem Gebot im Gleichgewicht hat. Die erwartete Auszahlung der Koalition mit einer höchsten Wertschätzung von v_K ergibt sich dabei aus dem Überschuß, falls die Koalition die Auktion gewinnt, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, daß das Gebot der Koalition höher als das höchste Gebot unter den Einzelbieter ist. Diese Wahrscheinlichkeit ist dabei das Produkt der inversen Bietfunktionen der s Einzelbieter an der Stelle b , da die Koalition die Auktion gegen alle Bieter mit einer Wertschätzung von $v_s < \lambda_s(b)$ gewinnen würde und die Wertschätzungen aller s Bieter gleichverteilt sind. Die erwartete Auszahlung der Einzelbieter ist dagegen nicht nur abhängig von der Verteilung der inversen Bietfunktion der Koalition, sondern auch von der Verteilung der inversen Bietfunktionen der anderen Einzelbieter, da ein Einzelbieter nicht nur gegen die Koalition, sondern auch gegen alle anderen Einzelbieter bietet.

Aus den Auszahlungsfunktionen ergibt sich als Bedingung erster Ordnung ein System von Differentialgleichungen:

$$s \cdot (\lambda_K(b) - b) \cdot \lambda_S'(b) = \lambda_S(b)$$
$$(\lambda_S(b) - b) \cdot \left(k \cdot \lambda_K'(b) \cdot \lambda_S + (s-1) \cdot \lambda_S'(b) \cdot \lambda_K(b) \right) = \lambda_K(b) \cdot \lambda_S(b).$$

Die Startbedingung lautet $\lambda_K(0) = \lambda_S(0) = 0$, die Endbedingung ist $\lambda_K(b^*) = \lambda_S(b^*) = 1$. Dies heißt, daß Koalition und Einzelbieter bei einer Wertschätzung von 1 das gleiche Gebot b^* abgeben.

Marshall et al. (1994, S. 204-207) berechnen numerisch eine Lösung des obigen Differentialgleichungssystems. Allerdings ist das System durch einfache numerische Verfahren nicht zu lösen. Vielmehr muß zunächst b^* berechnet werden, um anschließend mit dieser Startbedingung das System rückwärts numerisch zu lösen. Instabilitäten um den Nullpunkt erschweren die Berechnung des Gleichungssystems. Die Ergebnisse der Berechnungen von Marshall et al. (1994, S. 209) werden im folgenden dargestellt:

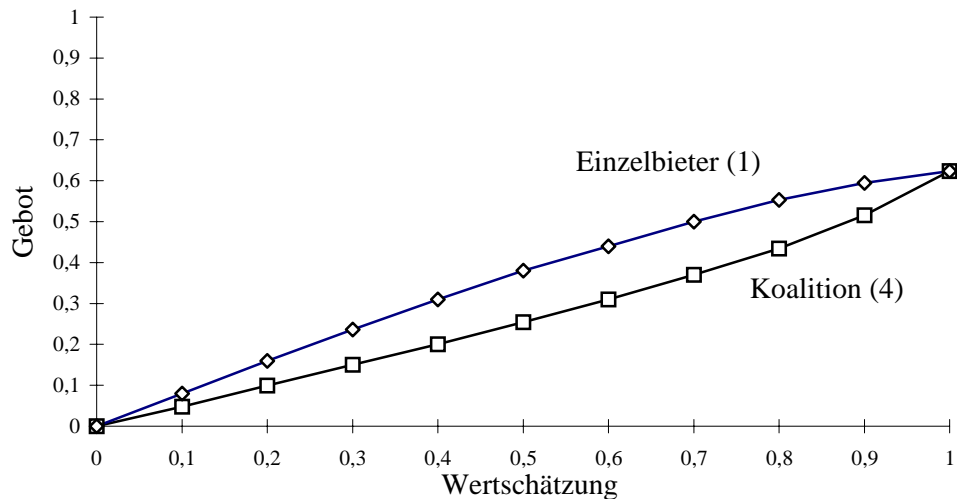


Abbildung 2 (Marshall et al. 1994, S. 209)

Abbildung 2 zeigt die Bietstrategien für den Fall von vier Bietern in der Koalition und einem Einzelbieter. Dabei bietet die Koalition, wie auch schon im Fall nicht informierter Einzelbieter, bei gleicher Wertschätzung stets weniger als die Einzelbieter. Nur bei der höchsten und niedrigsten Wertschätzung ergeben die Gebotsfunktionen den gleichen Wert. Daher ist auch bei informierten Bietern das Auktionsergebnis nicht immer effizient.

Tabelle 3 zeigt die erwarteten Auszahlungen von Koalition, Einzelbieter und Verkäufer in Abhängigkeit von der Größe der Koalition bei insgesamt fünf Bietern. Zu erkennen ist auch hier der positive externe Effekt, den die Bildung einer Koalition auf die Auszahlungen der Einzelbieter hat. Bei Kollusion hat ein Einzelbieter zudem stets eine höhere Auszahlung zu erwarten als ein Koalitionsbieter.

Größe ($n=5$)		Erwartete Auszahlung		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
0	5		0,0333	0,6667
2	3	0,0352	0,0371	0,6510
3	2	0,0406	0,0488	0,6089
4	1	0,0567	0,0860	0,5057
5	0	0,1667		0,0000

Tabelle 3 (Marshall et al. 1994, S. 211)

Interessant ist auch der Vergleich dieser Resultate mit den Ergebnissen bei uninformierten Einzelbietern in Tabelle 2. Alle Bieter, sowohl Einzelbieter als auch Koalitionsbieter, haben im Fall informierter Einzelbieter mindestens eine so hohe erwartete Auszahlung wie bei nicht informierten Einzelbietern. Der Verkaufspreis ist dagegen in diesem zweiten Modell nicht unbedingt geringer. Dies macht deutlich, daß die Effizienz des Auktionsergebnisses höher ist, wenn die Einzelbieter über die Kollusion informiert sind.²⁷

Trotz des oben aufgezeigten positiven externen Effekts der Koalition auf die erwartete Auszahlung der Einzelbieter ist es in diesem Beispiel für einen Einzelbieter stets individuell rational, in die Koalition einzutreten, da die Koalition sich mit seinem Eintritt um einen Bieter vergrößert und die Gleichgewichtsstrategien sich verändern. Die erwartete Auszahlung des Bieters in der Koalition ist in diesem Fall größer als die eines Einzelbieters vor Eintritt in die Koalition.

Daß der Eintritt in die Koalition jedoch nicht immer individuell rational ist, zeigt Tabelle 4, in der die erwarteten Auszahlungen bei 101 Bietern dargestellt werden. Bei einer Koalition von 99 Bietern und zwei Einzelbietern ist es für den Einzelbieter nicht mehr

²⁷ Effizienz bedeutet hier, daß mit einer höheren Wahrscheinlichkeit der Bieter mit der höchsten Wertschätzung aller Bieter die Auktion gewinnt und damit der Wert des ersteigerten Gutes im Durchschnitt höher ist. Daher ist es möglich, daß die erwarteten Auszahlungen der Bieter höher sind und gleichzeitig der Verkaufspreis nicht wesentlich geringer - ein Anzeichen für eine höhere Effizienz.

individuell rational, in die Koalition einzutreten, da seine erwartete Auszahlung in einer Koalition mit 100 Bietern wesentlich geringer wäre als die erwartete Auszahlung als Einzelbieter.

Größe ($n=101$)		Erwartete Auszahlung		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
99	2	0,0015	0,0159	0,7787
100	1	0,0025	0,0412	0,6578
101	0	0,0098		0,0000

Tabelle 4 (Marshall et al. 1994, S. 212)

Bei einer kleinen Zahl von Bietern ist also im Hinblick auf die individuelle Rationalität der Bieter die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion aller Bieter eher gegeben, während bei einer größeren Zahl von Bietern nicht mit der für den Verkäufer besonders schädlichen Kollusion aller Bieter gerechnet werden muß.

3.3 Vergleich von Zweit- und Erstpreisauktion

Aufgrund der vorstehenden Ergebnisse ist es möglich, zusammenfassend einen Vergleich von Erstpreisauktion und Zweitpreis- / Englischer Auktion hinsichtlich der Anfälligkeit für Kollusion und den Auswirkungen einer Kollusion auf die erwarteten Auszahlungen zu machen. Insbesondere können Empfehlungen an den Verkäufer eines Gutes gegeben werden, welche Auktionsform er unter der Berücksichtigung seiner Ziele wählen sollte.

Hat der Verkäufer als alleiniges Ziel die Effizienz des Auktionsergebnisses, wie beispielsweise der Staat unter Berücksichtigung von Wohlfahrtskriterien, so ist als Auktionsform die Zweitpreisauktion zu bevorzugen. Denn in der Zweitpreisauktion ist sichergestellt, daß stets der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut erhält, weil es für den Bieter mit der höchsten Wertschätzung innerhalb der Koalition und die Einzelbieter auch bei Kollusion eine schwach dominante Strategie bleibt, in der Auktion ihre eigene Wertschätzung zu bieten. Damit kann eine effiziente Allokation des Gutes in für die Bieter einfach zu berechnenden Gleichgewichtsstrategien erreicht werden.

In der Erstpreisauktion kann es dagegen aufgrund der unterschiedlichen Bietstrategien von Koalition und Einzelbieter zu einer Situation kommen, bei welcher der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut nicht erhält. Hat etwa im obigen Beispiel mit vier an der Kollusion beteiligten Bietern und einem Einzelbieter (Abbildung 2) der Koalitionsbieter eine Wertschätzung 0,5 und der Einzelbieter eine Wertschätzung von lediglich 0,4, so zeigt ein Vergleich der Bietfunktionen, daß der Einzelbieter aufgrund seines höheren Gebotes das Gut ersteigern würde. Somit kann es im Fall von Kollusion in Erstpreisauktionen zu ineffizienten Auktionsergebnissen kommen.

Hat der Verkäufer dagegen die Absicht, für das Gut einen möglichst hohen Preis zu erzielen, so sprechen viele Gründe für die Wahl der Erstpreisauktion als Verkaufsmechanismus, soweit die Gefahr einer Kollusion von Bietern gegeben ist:

- Der erwartete Verkaufspreis ist, bei gegebener Anzahl von Bietern und gegebener Koalitionsgröße, in der Erstpreisauktion höher als in der Zweitpreisauktion.²⁸ Wird diese Aussage für den Fall nicht informierter Einzelbieter in Abschnitt 3.3.2.1 aufgezeigt, so

²⁸ Bis auf den trivialen Fall $k = n$.

zeigt ein Vergleich der Zahlen in Tabelle 1 und 3, daß auch bei informierten Einzelbieterern der Verkaufspreis in der Erstpreisauktion höher ist als in der Zweitpreisauktion.

- Ist die Größe der Koalition gegeben, so ist in der Erstpreisauktion die erwartete Auszahlung für die Einzelbieter stets größer als die Auszahlung der Koalitionsbieter. Diese Differenz wächst mit der Größe der Koalition. In der Zweitpreisauktion dagegen ist der Nutzen eines Koalitionsbieters stets größer als der Nutzen eines Einzelbieters, und diese Differenz wächst mit der Größe der Koalition.
- Während es in der Zweitpreisauktion stets attraktiv ist, an einer Kollusion teilzunehmen, so ist in der Erstpreisauktion ein Eintreten in die Koalition nicht immer individuell rational, wenn die Gesamtbieterzahl ausreichend groß ist. Insbesondere scheint die Bildung einer für den Verkäufer besonders schädlichen Koalition aller Bieter in der Erstpreisauktion aufgrund der fehlenden individuellen Rationalität wesentlich unwahrscheinlicher zu sein als in der Zweitpreisauktion.
- Wie schon in Abschnitt 3.2 erwähnt, kann ein Koalitionsbieter durch das Brechen der Koalitionsvereinbarung in der Zweitpreisauktion keine zusätzliche Auszahlung erreichen. In der Erstpreisauktion dagegen ist dieses Verhalten mit Geboten knapp über dem Gebot des Koalitionsbieters durchaus gewinnbringend. Daher ist Kollusion in Erstpreisauktionen wesentlich instabiler als in Zweitpreisauktionen.²⁹

Diese Argumente sind wohl auch mit ein Grund dafür, daß die Erstpreisauktion in der Praxis oftmals gegenüber der Zweitpreisauktion bevorzugt wird.³⁰ Obwohl die Bietstrategien in der Zweitpreisauktion für die Bieter bedeutend einfacher zu ermitteln sind, spricht die erhöhte Anfälligkeit der Zweitpreisauktion für Kollusion und das Streben des Verkäufers nach einem möglichst hohen Preis für die Wahl der Erstpreisauktion.

²⁹ Robinson (1985, S. 143-144) und Milgrom (1987, S. 27) haben dieses Argument zuerst erwähnt.

³⁰ Ein weiterer Grund ist wohl der, daß die Erstpreisauktion bei der Annahme von risikoaversen Bietern zu einer höheren Auszahlung für den Verkäufer führt als die Zweitpreisauktion.

3.3.4 Kollusionseffekte in Allpay-Auktionen

Nachdem in den vorherigen Abschnitten die Effekte einer Kollusion in Erst- und Zweitpreisauktion untersucht worden sind, wird im diesem Abschnitt die Allpay-Auktion analysiert. Wie schon in Kapitel 2 erwähnt, zahlt in der Allpay-Auktion jeder Bieter sein verdeckt abgegebenes Gebot an den Verkäufer, wobei nur der Bieter mit dem höchsten Gebot das Gut erhält. Ansonsten gelten die Modellannahmen der vorherigen Abschnitte.

3.3.4.1 Nicht informierte Einzelbieter

Wie bei der Untersuchung der Erstpreisauktion wird auch bei der Analyse von Kollusion in Allpay-Auktionen zunächst davon ausgegangen, daß die Einzelbieter nicht über die Kollusion informiert sind. Um die Bietfunktion der Einzelbieter zu erhalten, wird die optimale Strategie eines Einzelbieters in der Allpay-Auktion ohne Kollusion berechnet. Da die Bieter homogen sind, werden Gleichgewichte in symmetrischen Bietfunktionen gesucht. Die erwartete Auszahlung eines Bieters ergibt sich aus seiner Wertschätzung v multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, daß er das Gut erhält, abzüglich seines Gebotes b .

$$U_s = v\lambda(b)^{n-1} - b. \quad [1]$$

Der Einzelbieter wird sein Gebot b stets so wählen, daß $\partial U_s / \partial b = 0$ gilt. Wird U_s nach v abgeleitet, ergibt sich unter Berücksichtigung des Envelope-Theorems folgendes:

$$\frac{dU_s}{dv} = \frac{\partial U_s}{\partial v} + \frac{\partial U_s}{\partial b} \frac{\partial b}{\partial v} = \frac{\partial U_s}{\partial v} = \lambda(b)^{n-1}.$$

Im Bayes-Nash-Gleichgewicht wählt nun der Bieter seine Bietstrategie nach der Regel $b = b(v)$ und mit $\lambda(b(v))^{n-1} = v^{n-1}$ ergibt sich

$$\frac{dU_s}{dv} = v^{n-1}.$$

Wird diese Differentialgleichung durch integrieren gelöst und das Ergebnis in [1] eingesetzt, so folgt

$$\frac{1}{n}v^n = v^n - b.$$

Für die Bietfunktion eines Einzelbieters ergibt sich daher

$$b_S(v) = \frac{n-1}{n}v^n.$$

Da der Bieter in der Allpay-Auktion in jedem Fall sein Gebot zahlen muß, wird er bei geringer Wertschätzung wenig bieten, da seine Gewinnwahrscheinlichkeit nicht sehr hoch ist. Dagegen wird er bei einer sehr hohen Wertschätzung ein hohes Gebot abgeben. Das Gebot eines Bieters steigt in der Allpay-Auktion überproportional an, während sich das Gebot in der Erstpreisauktion proportional zu der Wertschätzung eines Bieters verhält.

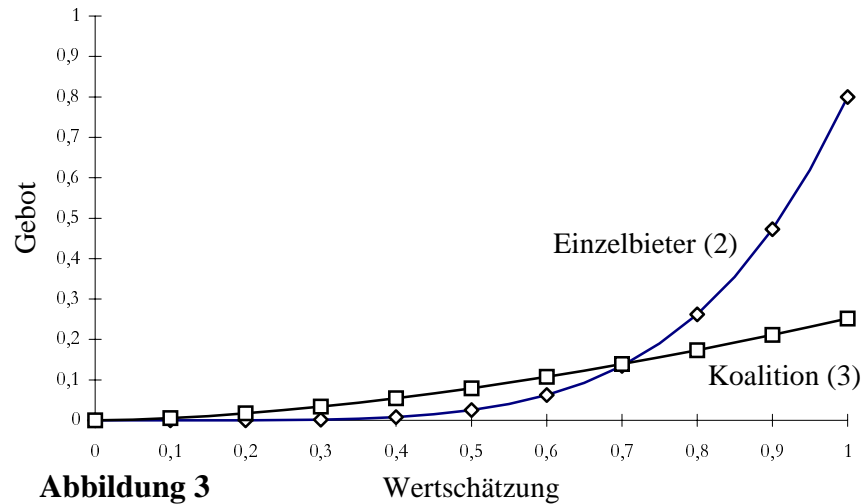
Der Koalitionsbieter maximiert seine Auszahlung gegen diese Strategie. Seine erwartete Auszahlung beträgt

$$\begin{aligned} U_K &= v \cdot \Pr[b > b_{-K}] - b \\ &= v \cdot \Pr\left[b > \frac{n-1}{n}v_{-K}^n\right] - b \\ &= v \cdot \left(\frac{n}{n-1}b\right)^{\frac{s}{n}} - b. \end{aligned}$$

Aus der Bedingung erster Ordnung ergibt sich seine Bietstrategie:

$$\begin{aligned} 1 &= v \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{n}} \left(\frac{s}{n}\right) \cdot b^{\frac{s}{n}-1} \\ b_K(v) &= \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n} \cdot v\right)^{\frac{n}{k}}. \end{aligned}$$

In Abbildung 3 sind die Bietstrategien für eine Allpay-Auktion mit fünf Bieter angegeben, von denen drei Bieter ihre Gebote absprechen. Zu erkennen ist, daß die Koalition bei hohen Wertschätzungen ihr Gebot senken wird, während sie bei geringen Wertschätzungen ihr Gebot, verglichen mit der Bietstrategie der Einzelbieter, erhöht.



Da die Koalition mit einer großen Wahrscheinlichkeit eine relativ hohe Wertschätzung hat und die Konkurrenz durch die Einzelbieter geringer ist, fällt der erwartete Zugewinn durch Senken des Gebotes bei hohen Wertschätzungen größer aus als der erwartete Verlust durch die geringere Gewinnwahrscheinlichkeit. Die Verteilungsfunktion der maximalen Gebote der Einzelbieter verläuft flacher, mit höheren Wahrscheinlichkeiten für niedrige Gebote und geringeren Wahrscheinlichkeiten für hohe Gebote. Da diese Verteilung der Gebote der Einzelbieter für die Gewinnwahrscheinlichkeit der Koalition ausschlaggebend ist, verläuft die Bietfunktion der Koalition bei geringerer Konkurrenz der anderen Bieter flacher.

Aufgrund der asymmetrischen Bietstrategien von Koalition und Einzelbietern ist auch in der Allpay-Auktion das Auktionsergebnis nicht immer effizient. Der erwartete Überschuß von Koalition und Einzelbieter sowie der Verkaufserlös ergeben sich wie folgt (Herleitungen siehe Anhang):

$$EU_K = \frac{k}{n+k^2} \cdot \left(\left(\frac{s}{n-1} \right)^{\frac{s}{k}} - \left(\frac{n}{n-1} \right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n} \right)^{\frac{n}{k}} \right)$$

$$EU_S = \left(\frac{1}{k^2+s+1} - \frac{1}{s+1} \right) \left(\frac{s}{n-1} \right)^{\frac{s+1}{k}} + \frac{1}{s+1} - \frac{n-1}{n \cdot (n+1)}$$

$$EU_V = \frac{k}{\frac{n}{k} + k} \left(\frac{n}{n-1} \right)^{\frac{s}{k}} \left(\frac{s}{n} \right)^{\frac{n}{k}} + \frac{s \cdot (n-1)}{n \cdot (n+1)}$$

Tabelle 5 stellt die erwarteten Auszahlungen von Koalition, Einzelbieter und Verkäufer in Abhängigkeit von der Größe der Koalition bei insgesamt fünf Bietern dar. Auch hier zeigt sich der positive externe Effekt, den die Kollusion auf die Auszahlung der Einzelbieter hat.

Größe ($n=5$)		Erwartete Auszahlung		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
0	5		0,0333	0,6667
2	3	0,0577	0,0464	0,5732
3	2	0,0810	0,0750	0,4287
4	1	0,1077	0,1444	0,2411
5	0	0,1667		0,0000

Tabelle 5

Daß dieses jedoch nicht generell der Fall ist, verdeutlicht Abbildung 4 . Die Anzahl der an der Auktion teilnehmenden Bieter beträgt 40. Bei geringer Koalitionsgröße ergibt sich ein negativer externer Effekt auf die erwartete Auszahlung der Einzelbieter und diese haben bei Teilnahme an der Auktion sogar einen Verlust zu erwarten. Bei Anwachsen der Koalitionsgröße steigt die erwartete Auszahlung der Einzelbieter an und ab einer Koalitionsgröße von 32 übersteigt sie die Auszahlung der Koalitionsbieter.

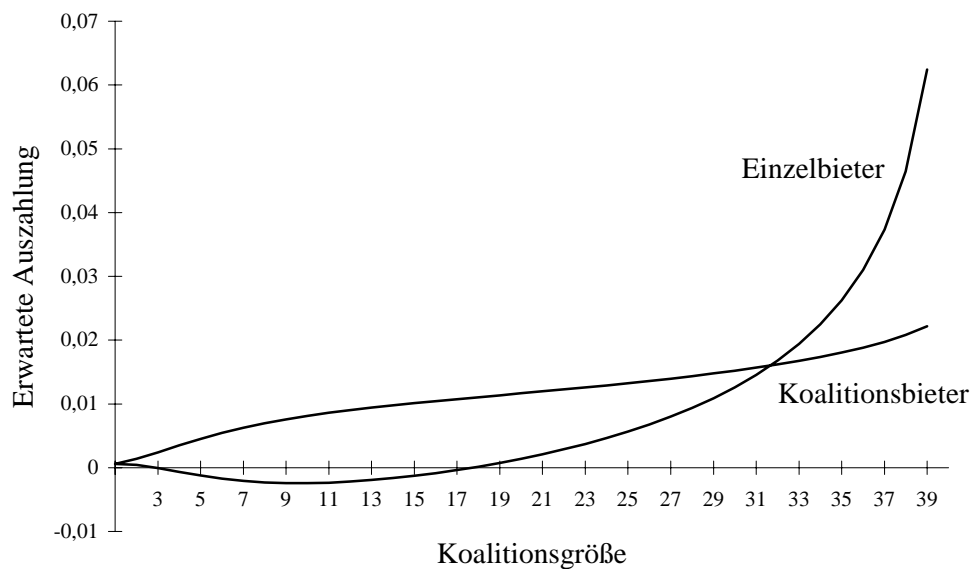


Abbildung 4

3.3.4.2 Informierte Einzelbieter

Im folgenden wird die Annahme getroffen, daß die Einzelbieter über die Kollusion informiert sind. Alle Bieter haben somit die gleichen Informationen über die Bietertypen. Die Allpay-Auktion kann daher wie ein Bayes'sches Spiel mit $s + 1$ Spielern modelliert werden, von denen bei s Spielern die Wertschätzungen gleichverteilt sind und bei einem Spieler die Wertschätzung gemäß der Wahrscheinlichkeitsverteilung v^k verteilt ist.

Im folgenden werden die Existenz und Eindeutigkeit eines Gleichgewichts in der Allpay-Auktion bewiesen und die Gleichgewichtsstrategien berechnet. Es werden dabei Gleichgewichte betrachtet, bei denen die homogenen Einzelbieter die gleiche Gebotsfunktion verwenden. Der Beweis lehnt sich an die Vorgehensweise von Amann und Leininger (1996) an, die asymmetrische Allpay-Auktionen mit zwei heterogen verteilten Bietern untersucht haben.³¹

Wie bei der Analyse der Erstpreisauktion maximieren die einzelnen Bieter ihre erwartete Auszahlung gegen die Verteilung der Gebote der anderen Bieter. Die Verteilungsfunktion der Gebote der Koalition ist dabei $\lambda_K(b)^k$. Diese Verteilungsfunktion gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der die Koalition ein Gebot kleiner als b abgibt. Sie setzt sich zusammen aus der inversen Bietfunktion λ_K , welche die Wertschätzung beziehungsweise den Typen eines Bieters in Abhängigkeit von seinem Gebot darstellt, und der Verteilungsfunktion des Bietertyps v^k . Entsprechend wird die Verteilungsfunktion der Gebote eines repräsentativen Einzelbieters mit $\lambda_s(b)$ bezeichnet. Da der Einzelbieter in seiner Wertschätzung gleichverteilt ist, entspricht die Verteilungsfunktion der Gebote der inversen Bietfunktion.

Die erwarteten Auszahlungen von Koalition und Einzelbieter ergeben sich aus den jeweiligen Wertschätzungen multipliziert mit der Gewinnwahrscheinlichkeit abzüglich des Gebotes. Sie lassen sich in Abhängigkeit von den jeweiligen Geboten wie folgt darstellen:

³¹ Sie beweisen dabei die Existenz und Eindeutigkeit des Gleichgewichts für allgemeine Verteilungsfunktionen. So berechnen sie auch die Gleichgewichtsstrategien für den Fall von zwei Koalitionen mit den Verteilungsfunktionen v^s und v^k . Der Unterschied der Analyse in dieser Arbeit ergibt sich daraus, daß die Einzelbieter nicht nur gegen die Koalition, sondern auch gegen die anderen Einzelbieter ihre Strategie optimieren müssen.

$$U_K = v_K \lambda_S(b)^s - b$$

$$U_S = v_S \lambda_K(b)^k \lambda_S(b)^{s-1} - b.$$

Aus der Maximierung dieser Auszahlungen ergeben sich die Bedingungen erster Ordnung für ein Bayes-Nash-Gleichgewicht:

$$s \cdot \lambda_S(b)^{s-1} \cdot \lambda_S'(b) \cdot \lambda_K(b) = 1 \quad \text{[FOC 1]}$$

$$k \cdot \lambda_K(b)^{k-1} \cdot \lambda_K'(b) \cdot \lambda_S(b)^s + \lambda_K(b)^k \cdot (s-1) \cdot \lambda_S(b)^{s-1} \cdot \lambda_S'(b) = 1. \quad \text{[FOC 2]}$$

Nun läßt sich folgender Satz beweisen:

SATZ: *Angenommen, die Wertschätzungen von s Bietern sind gleichverteilt und die Wertschätzungen eines Bieter ist verteilt gemäß der Funktion $F(v) = v^k$ auf dem Intervall $[0,1]$. Dann existiert ein eindeutiges Bayes-Nash-Gleichgewicht in der Allpay-Auktion und die Bietstrategien lassen sich berechnen.*

BEWEIS: Der Beweis wird mit Hilfe der Abbildung m geführt. Damit ist es möglich, obiges Differentialgleichungssystem in eine eindeutig lösbare Differentialgleichung umzuwandeln.

$$\text{Sei } m: [0,1] \rightarrow [0,1], m(v_K) = \lambda_S(b_K(v_K)).$$

Die Abbildung m bildet jeden Typen v_K des Koalitionsbieters in den Typen v_S eines Einzelbieters ab, der ein Gebot in gleicher Höhe wie der Koalitionsbieter abgibt. Sie gibt an, welche Wertschätzung der Einzelbieter hat, wenn er das gleiche Gebot wie die Koalition macht. m ist wohl definiert auf dem Intervall $(0,1]$ und bildet das Intervall $[0,1]$ auf $[0,1]$ ab. Zudem ist m streng monoton steigend, außer unter Umständen bei $m^{-1}(0)$ (Beweise siehe Anhang). Für die Ableitung der Abbildung m nach der Wertschätzung v ($m' = dm/dv$) ergibt sich auf dem Intervall $(m^{-1}(0),1]$ folgendes:

$$m'(v) = \lambda_S'(b_K(v)) \cdot b_K'(v). \quad \text{[1]}$$

Für den ersten Multiplikanden $\lambda'_s(b_K(v))$ ergibt sich aus dem ersten Teil der Bedingung erster Ordnung [FOC 1]

$$\lambda'_s(b_K(v)) = \frac{1}{s \cdot \lambda'_K(b_K(v)) \cdot \lambda_s(b_K(v))^{s-1}} = \frac{1}{s \cdot v \cdot m^{s-1}}. \quad [2]$$

Der zweite Multiplikand $b'_K(v)$ ergibt sich aus [FOC 2]:

$$\begin{aligned} k\lambda'_K(b_K(v))^{k-1} \lambda'_K(b_K(v)) \lambda_s(b_K(v))^s + \lambda'_K(b_K(v))^k (s-1) \lambda_s(b_K(v))^{s-1} \lambda'_s(b_K(v)) &= 1 \\ k \cdot v^{k-1} \cdot \lambda'_K(b_K(v)) \cdot m(v)^s + v^k \cdot (s-1) \cdot m(v)^{s-1} \cdot \lambda'_s(b_K(v)) &= 1. \quad [3] \end{aligned}$$

Da $\lambda'_K(b_K(v)) \cdot b'_K(v) = 1 \Rightarrow \lambda'_K(b_K(v)) = \frac{1}{b'_K(v)}$ und $\lambda'_s(b_K(v)) = \frac{m'(v)}{b'_K(v)}$,

läßt sich [3] auch schreiben als

$$b'_K(v) = k \cdot v^{k-1} \cdot m(v)^s + v^k \cdot (s-1) \cdot m(v)^{s-1} \cdot m'(v). \quad [4]$$

Aus [2] und [4] folgt damit für [1]

$$\begin{aligned} m'(v) &= \frac{1}{s \cdot v \cdot m(v)^{s-1}} (k \cdot v^{k-1} \cdot m(v)^s + v^k \cdot (s-1) \cdot m(v)^{s-1} \cdot m'(v)) \\ m'(v) &= \frac{k}{s} \cdot v^{k-2} \cdot m(v) + \frac{s-1}{s} \cdot v^{k-1} \cdot m'(v) \\ m'(v) &= \frac{k \cdot v^{k-2}}{s - (s-1) \cdot v^{k-1}} \cdot m(v). \end{aligned}$$

Die letzte Gleichung ist eine gewöhnliche Differentialgleichung erster Ordnung. Mit der Startbedingung $m(1) = 1$ ergibt sich für $m(v)$ die eindeutige Lösung

$$\begin{aligned} m(v) &= (s - (s-1) \cdot v^{k-1})^{-\frac{k}{(k-1)(s-1)}} \quad \text{für } s > 1, \\ m(v) &= e^{\frac{k}{k-1}(v^{k-1}-1)} \quad \text{für } s = 1. \end{aligned}$$

Mit dieser Lösung und der Tatsache, daß $m(0) > 0$ für alle $0 \leq v \leq 1$, kann die Gleichgewichtsstrategie des Koalitionsbieters aus [4] bestimmt werden als

$$b_k^*(v) = \int_0^v k \cdot v^{k-1} \cdot m(v)^s + v^k \cdot (s-1) \cdot m(v)^{s-1} \cdot m'(v) dv .$$

Die Gleichgewichtsstrategie eines Einzelbieters ergibt sich aus der Definition von m :

$$b_s^*(v) = b_k^*(m^{-1}(v)) .$$



Damit sind die Existenz und Eindeutigkeit des Gleichgewichts bewiesen und Ausdrücke für die Gleichgewichtsstrategien gefunden. Im folgenden werden die Gleichgewichtsstrategien dargestellt und die erwarteten Auszahlungen der Bieter berechnet, um daraus Schlußfolgerungen hinsichtlich der Effekte einer Kollusion in der Allpay-Auktion zu ziehen. Zudem wird aufgezeigt, unter welchen Bedingungen die Teilnahme an der Kollusion individuell rational ist.

In Abbildung 5 sind die Gleichgewichtsstrategien beispielhaft für drei Koalitionsbieter und zwei Einzelbieter dargestellt. Zu erkennen ist, daß die Gebotsfunktion der Koalition bei hohen Wertschätzungen unter der Gebotsfunktion der Einzelbieter liegt. Dagegen wird die Koalition bei niedrigen Wertschätzungen mehr bieten als Einzelbieter mit derselben Wertschätzung. Für Wertschätzungen kleiner als $m(0) = 1/3$ geben die Einzelbieter ein Gebot von Null ab.

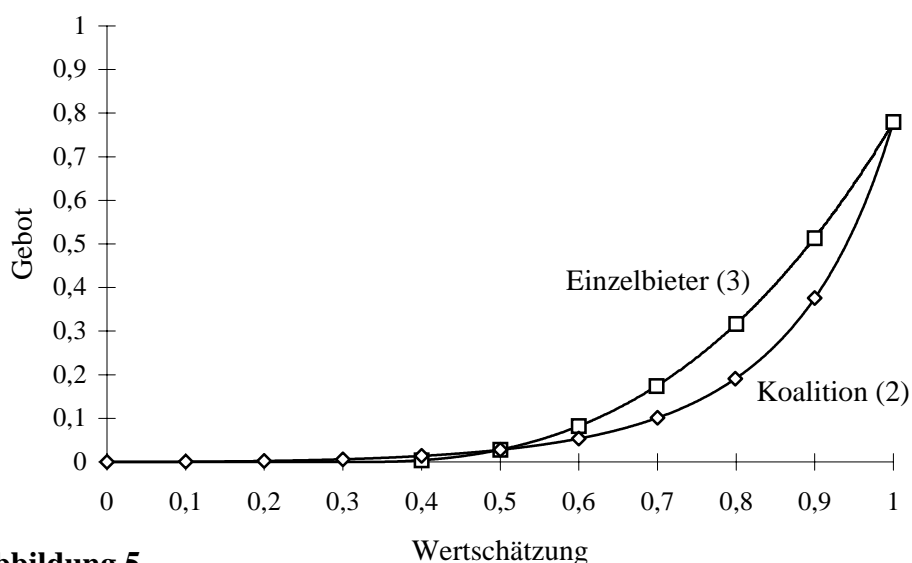


Abbildung 5

In den folgenden Abbildungen sind die Bietfunktionen für eine Koalitionsgröße von drei beziehungsweise vier Bieter dargestellt. Je größer dabei die Koalition ist, desto stärker gehen die Gebote von Koalition und Einzelbieter für gleiche Wertschätzungen auseinander.

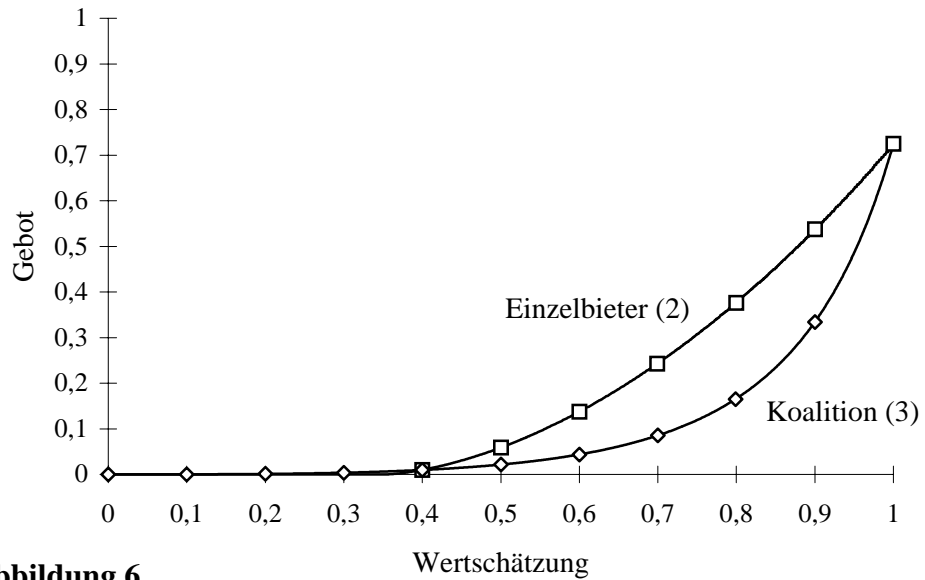


Abbildung 6

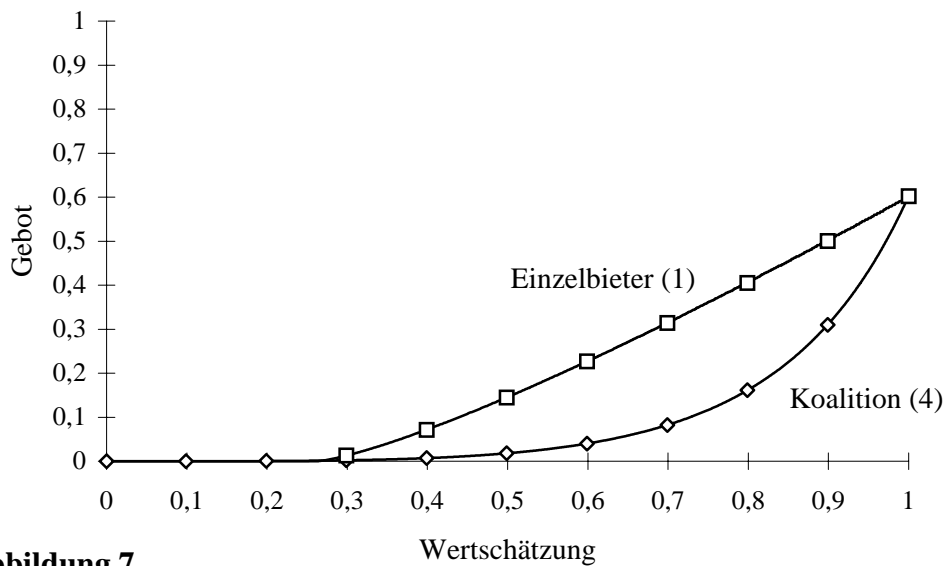


Abbildung 7

Aufgrund der asymmetrischen Bietstrategien ist wie in der Erstpreisauktion auch in der Allpay-Auktion mit gemeinsamem Wissen über die Kollusion das Auktionsergebnis nicht immer effizient.

Neben den Bietfunktionen sind aber vor allem die erwarteten Auszahlungen der Bieter interessant. Für den Fall von $n = 5$ Bietern sind diese in Tabelle 6 dargestellt. Es zeigt sich, daß eine Kollusion nicht nur die erwarteten Auszahlungen der an der Kollusion beteiligten Bieter, sondern auch die Auszahlungen der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter erhöht. Eine Kollusion hat somit, wie in der Erstpreisauktion, auch bei der Allpay-Auktion einen positiven externen Effekt auf die erwartete Auszahlung der Einzelbieter.

Größe ($n=5$)		Erwartete Auszahlung ³²		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
0	5		0,0333	0,6667
2	3	0,0424	0,0361	0,6345
3	2	0,0506	0,0528	0,5648
4	1	0,0676	0,1002	0,4386
5	0	0,1667		0,0000

Tabelle 6

Bei relative kleiner Koalitionsgröße ist die erwartete Auszahlung eines Koalitionsbieters größer als die Auszahlung eines Einzelbieters. Je größer jedoch die Koalition bei gegebener Gesamtbieterzahl ist, desto stärker wirkt der externe Effekt der Kollusion auf die Einzelbieter, so daß ab einer bestimmten Koalitionsgröße die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters größer ist als die Auszahlung eines Koalitionsbieters. Jedoch ist es bei einer Gesamtbieterzahl von $n = 5$ für einen Einzelbieter unabhängig von der Koalitionsgröße immer rational, an einer Kollusion teilzunehmen. Diese Aussage ändert sich jedoch bei größerer Bieterzahl. Dies verdeutlicht Tabelle 7.

³² Die Auszahlungen wurden mit der Monte-Carlo Methode berechnet (je 1 Mio. Auktionen).

Größe ($n=15$)		Erwartete Auszahlung ³³		
k	s	Koalitionsbieter	Einzelbieter	Verkäufer
7	8	0,0094	0,0079	0,8037
8	7	0,0097	0,0092	0,7840
9	6	0,0101	0,0109	0,7618
10	5	0,0107	0,0138	0,7349
11	4	0,0120	0,0188	0,7019
12	3	0,0138	0,0276	0,6527
13	2	0,0169	0,0441	0,5811
14	1	0,0240	0,0870	0,4578
15	0	0,0625		0,0000

Tabelle 7

Bei einer Gesamtbieterzahl von 15 ist es ab einer Koalitionsgröße von 9 für einen Einzelbieter nicht mehr individuell rational, in die Koalition einzutreten, denn seine erwartete Auszahlung würde von 0,0109 als einer von sechs Einzelbietern auf 0,0107 als Mitglied einer Koalition mit 10 Bietern sinken.

Somit tritt im Hinblick auf die individuelle Rationalität der gleiche Effekt wie in der Erstpreisauktion auf. Kollusion aller Bieter ist bei kleiner Gesamtbieterzahl möglich, bei großer Bieterzahl jedoch fraglich.

³³ Die Auszahlungen wurden mit der Monte-Carlo Methode berechnet (je 1 Mio. Auktionen).

4. KOLLUSION IN ERWEITERTEN AUKTIONEN

4.1 Grundlagen

Nachdem im vorherigen Kapitel Kollusion in Standardauktionen untersucht wurde, beschäftigt sich dieses Kapitel mit Kollusion in erweiterten Auktionen. Wurden unter Standardauktionen alle Auktionsformen verstanden, bei denen lediglich ein Gut versteigert wird, so sollen unter erweiterten Auktionen Situationen verstanden werden, bei denen mehrere Güter versteigert werden. In diesem Kapitel werden dazu zwei Modellsituationen untersucht. Zum einen werden wiederholte Auktionen betrachtet, bei denen eine bestimmte Art von Gütern in einem zeitlichen Abstand immer wieder einem festen Kreis von Bietern angeboten werden. Öffentliche Bauausschreibungen sind hierfür ein Beispiel. Zum anderen wird die Situation betrachtet, bei der ein Auktionator zu einem Zeitpunkt mehrere Güter versteigern möchte. Ein Beispiel hierfür sind Auktionen von Frequenzspektrum.

In diesem Kapitel wird die zentrale Annahme getroffen, daß Seitenzahlungen zwischen den Bietern nicht möglich sind. Diese Annahme beruht auf praktischen und theoretischen Überlegungen:

- In der Praxis sind Seitenzahlungen problematisch. Auf der einen Seite ist bei der Implementierung eines Kollusionsmechanismus mit Seitenzahlungen ein erheblicher Koordinationsaufwand notwendig. Zum anderen können Seitenzahlungen zwischen Unternehmen unter Umständen von Dritten nachvollzogen und als Beweismittel für eine widerrechtliche Kollusion eingesetzt werden.³⁴ Beides erhöht die Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Kollusion und der Bestrafung der beteiligten Bieter. Die Kosten einer Kollusion in Form der erwarteten Bestrafung sind oftmals höher als der zusätzliche Gewinn, der durch eine Kollusion mit Seitenzahlungen erzielt wird. Dies führt dazu, daß kollusive Vereinbarungen getroffen werden, ohne daß die Bieter untereinander Zahlungen tätigen.

³⁴ Dieses ist insbesondere dann wahrscheinlich, wenn hohe Geldbeträge gezahlt werden müssen, um eine Kollusion zu ermöglichen - beispielsweise bei Auktionen zur Vergabe von Frequenzspektrum.

- In Standardauktionen ist die einzige Möglichkeit der Bieter, eine Kollusion ohne Seitenzahlungen zu verwirklichen, daß alle Bieter ein identisches Gebot abgeben und der Auktionator zufällig einen Gewinner auswählt. Jeder Versuch, einen Mechanismus zu schaffen, der den Bieter mit der höchsten Wertschätzung auswählt, führt zu Anreizen, die Wertschätzungen nicht wahrheitsgemäß anzugeben. Dies zeigen McAfee und McMillan (1992) für die Erstpreisauktion.³⁵ In der Zweitpreis- und der Englischen Auktion führt eine analoge Überlegung offensichtlich zu denselben Ergebnissen.³⁶ Deshalb wird Kollusion in Standardauktionen ohne Seitenzahlungen im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht. In erweiterten Auktionen haben die Bieter dagegen zusätzliche Kollusionsmöglichkeiten. Sie können die Güter unter sich aufzuteilen, indem jeder an der Kollusion beteiligte Bieter lediglich für eine bestimmte Anzahl von Gütern Gebote abgibt. So ist es möglich, daß alle an der Kollusion beteiligten Bieter einen zusätzlichen Nutzen von der Kollusion haben, ohne daß dafür Seitenzahlungen zwischen den Bietern notwendig sind. Diese erweiterten Kollusionsmöglichkeiten werden in diesem Kapitel untersucht.
- Wenn Seitenzahlungen zwischen den Bietern doch möglich wären, würden sich bei der Untersuchung von Kollusion in erweiterten Auktionen ähnliche Ergebnisse ergeben wie bei der Analyse im vorherigen Kapitel. Da die Erweiterung der Auktion von ein Gut auf mehrere Güter die Handlungsmöglichkeiten der Bieter nicht einschränkt, existieren auch hier interne Kollusionsmechanismen, die eine effiziente Kollusion ermöglichen, indem sie die Bieter mit den höchsten Wertschätzungen für die Güter auswählen, in der Auktion zu bieten, und durch ein System von Seitenzahlungen die Anreizkompatibilität sicherstellen. Kwasnica (1998) erweitert den Kollusionsmechanismus von McAfee und McMillan (1992) auf mehrere Güter.

In Abschnitt 4.2 wird zunächst Kollusion in wiederholten Auktionen untersucht. Während sich der erste Teil dieses Abschnittes unter der Annahme vollständiger Information mit der Frage beschäftigt, unter welchen Bedingungen eine Kollusion stabil ist, wird im

³⁵ Das Auktionsergebnis ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit ineffizient, da ein beliebiger Bieter vom Auktionator als Gewinner ausgewählt wird und dieser nur zufällig der Bieter mit der höchsten Wertschätzung ist.

³⁶ Der einzige Unterschied besteht darin, daß die Kollusionsstrategien bei Erst- und Zweitpreisauktion kein Gleichgewicht darstellen, während bei der Englischen Auktion durchaus kollusive Gleichgewichte existieren.

zweiten Teil unter der Annahme asymmetrischer Information ein spezieller Kollusionsmechanismus entwickelt, der für die Bieter eine höhere Auszahlung erwarten läßt als die bisher in der Literatur erwähnten Kollusionsmechanismen ohne Seitenzahlungen. Anschließend wird in Abschnitt 4.3 die Situation untersucht, bei der ein Verkäufer zum gleichen Zeitpunkt mehrere Güter versteigern möchte. Da eine mögliche Kollusion die Effizienz des Auktionsergebnisses und den Erlös des Verkäufers erheblich verringern kann, stellt sich die Frage, von welchen Faktoren die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion abhängt und wie der Verkäufer ein kollusives Ergebnis verhindern kann. Um diese Frage zu beantworten, werden zunächst Kriterien zur Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit entwickelt. Anschließend wird die Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von den wichtigsten Entscheidungen des Verkäufers untersucht: der Wahl der Auktionsform, der Güterbündelung und des Reservationspreises.

4.2 Kollusion in wiederholten Auktionen

4.2.1 Stabilität der Kollusion

Wenn ein fester Bieterkreis über einen längeren Zeitraum wiederholt an Auktionen teilnimmt und Seitenzahlungen der Bieter untereinander nicht möglich sind, so gibt es für die Bieter grundsätzlich zwei Formen der Kollusion (Comanor und Schankerman, 1976). Zum einen ist es möglich, daß alle Bieter das identische niedrige Gebot abgeben (IB-Mechanismus) und der Auktionator per Zufallsprinzip entscheidet, welcher Bieter den Zuschlag erhält. Zum anderen können die Bieter einen rotierenden Bietmechanismus (RB-Mechanismus) benutzen, das heißt sie wechseln sich mit ihren Geboten in den einzelnen Auktionen ab und der Mechanismus bestimmt, welcher Bieter jeweils in der aktuellen Auktion bieten darf. Nun besteht bei einer solchen Kollusionsvereinbarung jedoch die Gefahr, daß ein einzelner Bieter die Vereinbarung unterläuft und sich durch eigenständiges Bieten eine höhere Auszahlung sichert, als er bei Kollusion zu erwarten hätte. Wenn ein solcher Anreiz des Abweichens von der Kollusionsstrategie für den einzelnen Bieter besteht, so stellen die Kollusionsstrategien kein Gleichgewicht dar und die Kollusion ist instabil. Wenn aber die anderen Bieter durch nichtkooperatives Bieten in den nachfolgenden Auktionen (Trigger-Strategien) den abweichenden Bieter so be-

strafen können, daß sich ein Abweichen letztlich nicht lohnt, so stellen die Kollusionsstrategien ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar und die Kollusion ist stabil.

In den folgenden Modellen wird gezeigt, daß die Stabilität der Kollusion von verschiedenen Faktoren abhängt: der Auktionsform, dem verwendeten Kollusionsmechanismus, der Anzahl der Bieter, dem Unterschied zwischen den Wertschätzungen der Bieter sowie der Zeit zwischen den einzelnen Auktionen.³⁷

Folgende Annahmen liegen den Modellen zugrunde: Es wird eine unendliche Anzahl von Perioden betrachtet, wobei in jeder Periode genau eine Auktion stattfindet. Es gibt insgesamt n risikoneutrale Bieter, die alle an der Kollusion beteiligt sind. Die Wertschätzungen sind gemeinsames Wissen der Bieter. Alle Bieter haben eine identische Zeitpräferenzrate von δ , mit der Auszahlungen in zukünftigen Perioden abdiskontiert werden. Untersucht wird Kollusion in wiederholten Erstpreis-, Zweitpreis- und Englischen Auktionen. Geben mehrere Bieter in einer Auktion dasselbe Höchstgebot ab, so wählt der Auktionator einen Bieter zufällig als Gewinner aus.

Im ersten Modell wird die Stabilität einer Kollusion bei Verwendung des IB-Mechanismus untersucht, während im zweiten Modell die Stabilität im RB-Mechanismus betrachtet wird. In beiden Modellen wird die gemeinsame Annahme getroffen, daß alle Bieter eine identische Wertschätzung für die Güter haben. Anschließend wird die Stabilität einer Kollusion im Rahmen des IB-Mechanismus für den Fall unterschiedlicher Wertschätzungen untersucht.

4.2.1.1 Identische Wertschätzungen der Bieter

4.2.1.1.1 Stabilität im Mechanismus mit identischen Geboten

Angenommen, alle Bieter haben in jeder Auktion eine identische Wertschätzung von v für das angebotene Gut. Als Kollusionsmechanismus wählen die Bieter einen IB-Mechanismus, bei dem jeder Bieter in der jeweiligen Auktion ein identisches Gebot von

³⁷ Für wichtige Grundgedanken über die Stabilität in Abhängigkeit von der Auktionsform vgl. Robinson (1985), Milgrom (1987), McAfee und McMillan (1992), Abreu et al. (1986).

$b < v$ abgibt.³⁸ Der Auktionator muß unter Bieter mit identischen Geboten einen Bieter zufällig als Gewinner der Auktion auswählen.

Berechnet wird der Diskontfaktor, der notwendig ist, damit, falls jeder Bieter die folgende Trigger-Strategie wählt, die Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt:

1. Wenn alle Bieter bisher Gebote von b abgegeben haben, so biete auch mit einem Gebot von b .
2. Wenn ein Bieter in einer Auktion ein Gebot abgibt, welches höher als b ist, so biete zukünftig mit einem Gebot von v .

Zunächst wird die Auszahlung berechnet, die ein Bieter zu erwarten hat, wenn er - und auch alle anderen Bieter - sich an die Kollusionsvereinbarung halten. Bei identischen Geboten erhält der Bieter das Gut in einer Auktion mit der Wahrscheinlichkeit von $1/n$. Falls er der Gewinner der Auktion ist, so bekommt er eine Auszahlung von $v - b$. Diese Auszahlung ist unabhängig davon, welche der drei oben genannten Auktionsformen verwendet werden, da sein eigenes und auch das zweithöchste Gebot stets b betragen. In jeder Auktion beträgt seine erwartete Auszahlung also $(v - b)/n$. Über eine unendliche Zahl von Perioden abdiskontiert ergibt dies eine erwartete Auszahlung von

$$EU_K = \frac{1}{1 - \delta} \cdot \frac{v - b}{n}.$$

Damit verglichen werden muß die Auszahlung, die ein Bieter durch Abweichen erlangen kann. In der Erst- und Zweitpreisauktion wird der abweichende Bieter sein Gebot minimal über das Gebot der anderen Bieter b anheben. Damit wird er das Gut in dieser Auktion auf jeden Fall erhalten, da in einer geschlossenen Auktion die anderen Bieter keine Möglichkeit mehr haben, noch in dieser Auktion auf das Abweichen zu reagieren. Seine einmalige Auszahlung beträgt daher $EU_A = v - b$. In den darauffolgenden Auk-

³⁸ Um den Kollusionsüberschuß zu maximieren, werden die Bieter natürlich ein möglichst geringes Gebot b wählen. Das Gebot b kann auch interpretiert werden als Reservationspreis des Auktionators, als maximales Gebot von nicht an der Kollusion beteiligten Bieter oder als ein für den Verkäufer akzeptabler Preis, bei dem weitere Nachforschungen und damit die mögliche Entdeckung der Kollusion und die Bestrafung der an der Kollusion beteiligten Bieter unterlassen wird.

tionen werden alle anderen Bieter jedoch Gebote in Höhe von v abgeben, so daß der abweichende Bieter dort keine positive Auszahlung mehr zu erwarten hat. Falls nun $EU_K \geq EU_A$, so lohnt sich das Abweichen von der Kollusionsstrategie nicht:

$$\begin{aligned} EU_K &\geq EU_A \\ \frac{1}{1-\delta} \cdot \frac{v-b}{n} &\geq v-b \\ \frac{1}{1-\delta} &\geq n \\ \delta &\geq \frac{n-1}{n}. \end{aligned}$$

Das Ergebnis zeigt an, unter welchen Bedingungen die oben genannten Kollusionsstrategien in der Erst- und Zweitpreisauktion ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellen. Je größer die Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter ist, desto weniger dürfen die zukünftigen Auszahlungen abdiskontiert werden, damit die Kollusion stabil ist. Die Höhe der Kollusionsauszahlung in einer Auktion ($v-b$) spielt dagegen für die Stabilität der Kollusion keine Rolle.

In der Englischen Auktion können die anderen Bieter noch während der Auktion als Reaktion auf einen abweichenden Bieter ihr Gebot auf v erhöhen. Insofern erhält ein abweichender Bieter in dieser offenen Auktion stets eine Auszahlung von Null. Das Bieten nach der Kollusionsstrategie stellt damit für alle $\delta \geq 0$ ein Gleichgewicht dar. Die Existenz eines kollusiven Gleichgewichts ist nicht von der Zahl der Bieter innerhalb der Kollusion abhängig. In der Englischen Auktion kann eine Kollusion somit wesentlich einfacher durchgesetzt werden als in der geschlossenen Erst- oder Zweitpreisauktion.

4.2.1.1.2 Stabilität im Mechanismus mit rotierenden Geboten

Im folgenden wird untersucht, inwieweit sich etwas an den Aussagen verändert, wenn die Bieter anstatt des Kollusionsmechanismus mit identischen Geboten einen Mechanismus mit rotierenden Geboten verwenden. Der RB-Mechanismus ist dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Auktion nur ein Bieter ein Gebot abgibt, wobei die Reihenfolge

der Bieter vorher festgelegt wurde. Wenn alle Bieter einmal geboten haben, beginnt die Bietreihenfolge wieder von vorne. Die Frage ist, unter welchen Bedingungen die Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt, wenn jeder Bieter i ($i = 1, \dots, n$) folgende Trigger-Strategie verwendet:

1. Falls alle anderen Bieter kooperieren, gibt Bieter i ($i = 1, \dots, n$) nur in den Perioden $i, i + n, i + 2n, \dots$ ein Gebot ab.
2. Weicht ein Bieter $j \neq i$ von der Kollusionsstrategie ab, so gibt Bieter i in allen zukünftigen Auktionen ein Gebot von v ab.

Zunächst wird die wiederholte Ersterpreisauktion untersucht. Um den für eine stabile Kollusion notwendigen Diskontfaktor zu berechnen, muß die Entscheidung des Bieters betrachtet werden, der den größten Anreiz hat, in der aktuellen Auktion von der Kollusionsstrategie abzuweichen. Den größten Anreiz hat der Bieter, der in der vorherigen Auktion das Gut erworben hat und anschließend für $n - 1$ Auktionen nicht bieten darf. Die erwartete Auszahlung dieses Bieters beträgt $EU_K = \delta^{n-1}(v - b) / (1 - \delta^n)$, wenn er sich an die Kollusionsvereinbarung hält. Ein Abweichen würde diesem Bieter eine einmalige Auszahlung von $EU_A = v - b$ und zukünftig eine Auszahlung von Null bringen. Damit die Kollusion ein Gleichgewicht darstellt, muß es für diesen Bieter unprofitabel sein, von der Kollusionsstrategie abzuweichen:

$$\begin{aligned} EU_K &\geq EU_A \\ \delta^{n-1} \frac{v - b}{1 - \delta^n} &\geq v - b \\ \delta^{n-1} + \delta^n &\geq 1. \end{aligned}$$

Wie im Mechanismus mit identischen Geboten sinkt auch im RB-Mechanismus bei stärkerer Abdiskontierung die maximale Anzahl der Bieter, die eine stabile Kollusion bilden können. Dagegen läßt sich zeigen, daß für eine gegebene Bieterzahl n im Vergleich zum IB-Mechanismus eine geringere Abdiskontierung der zukünftigen Auszahlungen notwendig ist, um die Stabilität der Kollusion zu gewährleisten. Wird der Diskontfaktor im IB-Mechanismus, für den eine Kollusion gerade noch stabil ist, $\delta = (n - 1) / n$, in die Stabilitätsbedingung für den RB-Mechanismus eingesetzt, so zeigt

sich, daß die Bedingung $\left(\frac{n-1}{n}\right)^{n-1} + \left(\frac{n-1}{n}\right)^n \geq 1$ für kein $n \geq 2$ erfüllt ist. Ein Diskontfaktor, der im IB-Mechanismus somit noch zu einer stabilen Kollusion führt, erlaubt im RB-Mechanismus keine stabile Kollusion.

Bei der Englischen Auktion läßt sich wie im IB-Mechanismus argumentieren, daß eine Kollusion stets stabil ist, da die Bieter auf ein Abweichen sofort reagieren können. Im Gegensatz zum IB-Mechanismus gilt diese Stabilität jedoch auch für die Zweitpreisauktion. Da beim RB-Mechanismus in jeder Auktion nur ein Bieter bietet, kann dieser in der Zweitpreisauktion seine Wertschätzung von v bieten, da er nicht sein eigenes Gebot zu zahlen hat, sondern lediglich den Zweitpreis, in diesem Fall den Reservationspreis des Auktionators. Dadurch besteht für die anderen Bieter keine Möglichkeit, sich durch Abweichen besser zu stellen, da sie das Gut nur mit einem Gebot höher als v erlangen könnten. Ein abweichender Bieter müßte dann aber einen Preis in Höhe von v zahlen und würde keinen Überschuß machen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß in der Englischen Auktion eine Kollusion in beiden Mechanismen stabil ist, da auf Abweichen sofort reagiert werden kann. In der Zweitpreisauktion sollten die Bieter einen Mechanismus mit rotierenden Geboten verwenden, um eine stabile Kollusion durchzusetzen. In der Erstpreisauktion dagegen hängt die Stabilität einer Kollusion von der Zahl der Bieter sowie dem Diskontfaktor ab, wobei es Diskontfaktoren gibt, für die der IB-Mechanismus noch eine stabile Kollusion erlaubt, während der RB-Mechanismus diese Stabilität nicht gewährleisten kann. Die Bedingungen für eine stabile Kollusion sind in Tabelle 8 zusammengefaßt.

	IB-Mechanismus	RB-Mechanismus
Erstpreisauktion	$\delta \geq \frac{n-1}{n}$	$\delta^{n-1} + \delta^n \geq 1$
Zweitpreisauktion	$\delta \geq \frac{n-1}{n}$	$\delta \geq 0$
Englische Auktion	$\delta \geq 0$	$\delta \geq 0$

Tabelle 8: Bedingungen für eine stabile Kollusion

4.2.1.2 Unterschiedliche Wertschätzungen der Bieter

In den vorherigen Modellen wurde die Annahme getroffen, daß alle Bieter dieselben Wertschätzungen für das Gut haben. Diese Annahme wird im folgenden aufgehoben, und es wird geprüft, inwieweit dieses die Stabilität einer Kollusion beeinflusst. Ohne Einschränkung der Allgemeinheit sei angenommen, daß $v_1 \geq v_2 \geq \dots \geq v_n$. Die Bieter verwenden den IB-Mechanismus mit $b < v_2$.

Zunächst wird wiederum die Erstpreisauktion betrachtet. Um zu prüfen, ob das kollusive Verhalten stabil ist, muß nach dem Anreiz eines Abweichens gefragt werden. Den größten Anreiz, von der Kollusionsvereinbarung abzuweichen, hat dabei der Bieter mit der höchsten Wertschätzung v_1 , da nur dieser, neben der einmaligen Auszahlung von $v_1 - b$, nach dem Abweichen in den weiteren Auktionen eine positive Auszahlung von jeweils $v_1 - v_2$ erhalten würde. Ein Abweichen lohnt sich für den Bieter nicht, wenn seine Kollusionsauszahlung mindestens so hoch ist wie die Auszahlung beim Abweichen:

$$\frac{1}{1-\delta} \cdot \frac{v_1 - b}{n} \geq v_1 - b + \frac{\delta}{1-\delta} (v_1 - v_2)$$
$$\delta \geq \frac{n-1}{n} \cdot \frac{v_1 - b}{v_2 - b}.$$

Aus diesem Ergebnis ist zu erkennen, daß je weniger sich die Wertschätzungen des ersten und des zweiten Bieters unterscheiden, desto stabiler ist die Kollusion in dem Sinne, daß ein niedrigerer Diskontfaktor benötigt wird, um eine stabile Kollusion zu ermöglichen. Im Gegensatz zum Modell mit identischen Wertschätzungen ist die Kollusion um so stabiler, je geringer das Kollusionsgebot b gewählt werden kann. Sind die höchsten beiden Wertschätzungen identisch, ergibt sich die bereits in Abschnitt 4.2.1.1.1 berechnete Bedingung für eine stabile Kollusion.

In der Englischen Auktion können die anderen Bieter bei Abweichen sofort reagieren, so daß der abweichende Bieter lediglich eine Auszahlung von $v_1 - v_2$ erhält. Er wird sich genau dann an der Kollusion beteiligen, wenn

$$\frac{1}{1-\delta} \cdot \frac{v_1 - b}{n} \geq \frac{1}{1-\delta} \cdot (v_1 - v_2)$$
$$\frac{v_1 - b}{v_1 - v_2} \geq n.$$

Das Ergebnis zeigt, daß in der Englischen Auktion die Stabilität einer Kollusion nicht mehr vom Diskontfaktor abhängt, sondern lediglich von den höchsten beiden Wertschätzungen, dem Kollusionsgebot sowie der Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter. Je größer die Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter ist, desto stärker müssen die höchsten Wertschätzungen sich angleichen, um Stabilität zu gewährleisten.

4.2.2 Ein spezieller Kollusionsmechanismus mit rotierenden Geboten

4.2.2.1 Grundlagen

Wie im vorherigen Abschnitt dargestellt, können Bieter für eine Kollusion ohne Seitenzahlungen einen IB- oder einen RB-Mechanismus verwenden. Es stellt sich die Frage, welchen dieser beiden Mechanismen die Bieter wählen sollen. Abgesehen von den Argumenten aus dem vorherigen Abschnitt über die Stabilität der Kollusion, liefert die Literatur weitere Anhaltspunkte für die Beantwortung dieser Frage. Comanor und Schankerman (1976, S. 283) argumentieren, daß im IB-Mechanismus eine Koordination des kollusiven Verhaltens für die Bieter einfacher und damit kostengünstiger ist als im RB-Mechanismus. Andererseits ist bei RB-Mechanismen eine differenzierte Aufteilung des Überschusses möglich, indem einigen Bietern öfter als anderen die Möglichkeit gegeben wird, an einer Auktion teilzunehmen. Zudem haben RB-Mechanismen für die Bieter den Vorteil, daß eine Kollusion wesentlich schwieriger zu erkennen ist als beim IB-Mechanismus. Im IB-Mechanismus kann der Verkäufer anhand der identischen Gebote eine Kollusion leicht entdecken und hat bessere Möglichkeiten, dieser wirksam entgegenzuwirken: Wenn er den Gewinner der Auktion nicht zufällig auswählt, sondern bei identischen Geboten nach einer bestimmten Regel Bieter bestimmt, zum Beispiel bei

identischen Geboten den Bieter auswählt, dessen Name zuerst im Alphabet kommt, so haben die benachteiligten Bieter keinen Anreiz mehr, an der Kollusion teilzunehmen (McAfee und McMillan 1992, S. 586).

Keines dieser Argumente ist jedoch in der Lage, einen der Mechanismen aufgrund der höheren Auszahlungen für die Bieter zu favorisieren. Vielmehr behaupten McAfee und McMillan (1992), daß beide Mechanismen die gleichen erwarteten Auszahlungen erwarten lassen. Sie zeigen im Rahmen des IPV-Modells mit homogenen Bietern, daß in einer einfachen Erstpreisauktion ein Kartell aller Bieter ohne Seitenzahlungen sich nicht besser stellen kann als im Falle, daß alle Bieter ein identisches Gebot abgeben. Jeder Versuch, einen Mechanismus zu schaffen, der den Bieter mit der höchsten Wertschätzung auswählt, führt zu Anreizen, die Wertschätzungen nicht wahrheitsgemäß anzugeben. Anschließend merken sie zwar an, daß Kartelle aus den oben aufgeführten Gründen in der Praxis oft Mechanismen mit rotierenden Geboten verwenden. Bei diesen sei jedoch die erwartete Auszahlung die gleiche wie beim Mechanismus mit identischen Geboten. Im folgenden wird gezeigt, daß die Aussage identischer Auszahlungen im allgemeinen nicht zutreffend ist. Dazu wird im Rahmen des IPV-Modells ein spezieller Rotationsmechanismus (SRB-Mechanismus) entwickelt, der für die Bieter eine höhere Auszahlung erwarten läßt als der RB- beziehungsweise IB-Mechanismus.

Die Idee des SRB-Mechanismus ist folgende: Beim einfachen RB-Mechanismus nehmen die Bieter an den Auktionen in einer bestimmten Reihenfolge teil, das heißt der Bieter, der in der aktuellen Auktion bieten darf, ist bereits vorher festgelegt. Beim IB-Mechanismus wird der Gewinner der Auktion aus allen Bietern zufällig ausgewählt. In keinem der beiden Mechanismen besteht ein Zusammenhang zwischen dem Recht zu bieten und der individuellen Wertschätzung eines Bieters. Dadurch ist es möglich, daß ein Bieter die aktuelle Auktion gewinnt, obwohl seine Wertschätzung für das Gut relativ gering ist, während ein anderer Bieter mit einer hohen Wertschätzung das Gut nicht bekommt. Die Wertschätzung des Auktionsgewinners - aus der seine Auszahlung folgt - entspricht im Erwartungswert nur der durchschnittlichen Wertschätzung aller Bieter. Um die erwartete Auszahlung der Bieter zu erhöhen, muß die Auswahl des Gewinners mit den Wertschätzungen der Bieter verknüpft werden, ohne jedoch den Bietern einen Anreiz zu geben, falsche Angaben an den Mechanismus zu machen. Im SRB-Mechanismus wird dieses erreicht, indem der ausgewählte Bieter für eine bestimmte

Anzahl von nachfolgenden Auktionen vom Bieten ausgeschlossen wird. Dadurch wird ein Bieter nur dann das Bietrecht für sich beanspruchen wollen, wenn er für das aktuelle Gut tatsächlich auch eine hohe Wertschätzung hat. Mit einer niedrigen Wertschätzung für das aktuelle Gut ist es dagegen vorteilhaft, nicht für die aktuelle Auktion ausgewählt zu werden, um die Möglichkeit zu wahren, in einer der nächsten Auktionen ein Gut von höherem individuellen Wert ersteigern zu können. Eine höhere Auszahlung wird also dadurch ermöglicht, daß das Rotationsschema nicht vorher festgelegt ist, sondern die Bietreihenfolge von den jeweiligen Wertschätzungen der Bieter abhängt.

Im folgenden Abschnitt wird der SRB-Mechanismus dargestellt. Die Gleichgewichtsstrategien der Bieter werden bestimmt und es wird gezeigt, daß die erwartete Auszahlung eines Bieters im SRB-Mechanismus höher ist, als wenn die Bieter einen Mechanismus mit identischen Geboten oder festgelegtem Rotationsschema verwenden. Ein Beispiel soll anschließend die Funktionsweise des Mechanismus verdeutlichen.

4.2.2.2 Der SRB-Mechanismus

Die Modellannahmen sind folgende: Angenommen, es gibt eine unendliche Anzahl von Perioden. In jeder Periode findet genau eine Erstpreisauktion³⁹ mit einem Reservationspreis von Null statt, in der genau ein Gut verkauft wird. An den Auktionen nehmen n risikoneutrale Bieter teil. Auszahlungen in zukünftigen Perioden werden mit dem für alle Bieter identischen Faktor $\delta > 0$ abdiskontiert. Für die Wertschätzungen der Bieter wird das IPV-Modell mit homogenen Bietern verwendet: Aus der für alle Bieter identischen Verteilungsfunktion F erhält jeder Bieter vor jeder Auktion seine individuelle Wertschätzung für das aktuelle Gut zugeordnet. F hat eine differenzierbare Dichtefunktion f mit dem Träger $[0, \bar{v}]$. Nur der Bieter selbst kennt seine Wertschätzung. Die Bieter haben die Möglichkeit, sich am Anfang verbindlich auf einen Kollusionsmechanismus zu einigen. Seitenzahlungen der Bieter untereinander sind nicht möglich.

³⁹ Das Modell gilt gleichermaßen für andere Auktionsformen, wie für Zweitpreis- oder Englische Auktion, da der vom Mechanismus ausgewählte Bieter in der Auktion ohne Konkurrenz zu anderen Bietern sein Gebot abgeben kann. Somit sind die Auszahlungen in sämtlichen Auktionsformen identisch. Allein die Stabilität einer Kollusion wird von der Wahl der Auktionsform beeinflusst (siehe dazu Abschnitt 4.2.1).

Im folgenden wird der SRB-Mechanismus dargestellt. Der Mechanismus bezieht sich dabei auf Sequenzen von jeweils n Auktionen. Innerhalb einer Sequenz darf jeder der n Bieter genau einmal bieten. Am Anfang einer Sequenz entspricht die Anzahl der Bieter k , die berechtigt sind, sich um das aktuelle Gut zu bewerben, der Anzahl aller Bieter n . Der Mechanismus funktioniert folgendermaßen:

- 1. Vor einer Auktion wird jeder der k berechtigten Bieter gefragt, ob er in der aktuellen Auktion bieten möchte. Unter allen Bietern, die bieten wollen, wird ein Bieter zufällig ausgewählt. Wenn kein Bieter in der aktuellen Auktion bieten möchte, so wird unter allen berechtigten Bietern zufällig ein Bieter ausgewählt.*
- 2. Nur der ausgewählte Bieter darf in der aktuellen Auktion bieten. Er gibt ein Gebot in Höhe des Reservationspreises von Null ab und erhält das Gut mit einer Auszahlung in Höhe seiner Wertschätzung. Dafür wird er in den weiteren Auktionen der Sequenz nicht mehr berücksichtigt. Die Zahl der berechtigten Bieter k reduziert sich somit um eins.*

Wenn alle Bieter einmal geboten haben, beginnt eine neue Sequenz. In dieser sind zunächst wieder alle Bieter berechtigt, sich um die Teilnahme an der aktuellen Auktion zu bewerben ($k = n$).

Im SRB-Mechanismus muß ein noch berechtigter Bieter entscheiden, ob er sich darum bewirbt, in der aktuellen Auktion zu bieten oder nicht. Eine Strategie eines Bieters ist die Beschreibung seiner Angabe an den Mechanismus (*JA* oder *NEIN*), die er für jede mögliche Wertschätzung v und Zahl der noch berechtigten Bieter beziehungsweise verbleibenden Auktionen k vornimmt. Ein Bieter wird seine Strategie so wählen, daß seine erwartete Auszahlung maximiert wird. Angenommen, k Bieter sind noch berechtigt, in der Sequenz zu bieten. Ein Bieter erhält seine Wertschätzung für die aktuelle Auktion zugeordnet und wird gefragt, ob er in der Auktion bieten möchte. Er beantwortet die Frage mit *JA*, wenn seine Wertschätzung für das aktuelle Gut mindestens so hoch ist wie seine Auszahlung, die er in der restlichen Sequenz zu erwarten hätte, wenn er in der aktuellen Auktion nicht ausgewählt wird. Mit einer niedrigeren Wertschätzung ist es besser für ihn, die Frage mit *NEIN* zu beantworten und auf spätere Auktionen in der Sequenz zu warten.

Diese Gleichgewichtsstrategie wird in dem folgenden Satz formal dargestellt:

SATZ: Das einzige teilspielperfekte Gleichgewicht im SRB-Mechanismus ist das folgende: Wenn ein Bieter einer von k berechtigten Bietern ist, eine Wertschätzung von v für das aktuelle Gut hat und gefragt wird, ob er in der aktuellen Auktion bieten möchte, antwortet er mit

$$\begin{aligned} & \text{JA, wenn } v \geq \delta \cdot E_{k-1} \\ & \text{NEIN, wenn } v < \delta \cdot E_{k-1}. \end{aligned} \quad (*)$$

Es gilt $E_0 = 0$, $E_1 = \int_0^{\bar{v}} uf(u)du$ und

$$\begin{aligned} E_k = \frac{1}{k} & \left[\left(1 - F(\delta \cdot E_{k-1})\right)^k \frac{1}{1 - F(\delta \cdot E_{k-1})} \int_{\delta \cdot E_{k-1}}^{\bar{v}} uf(u)du + F(\delta \cdot E_{k-1})^k \frac{1}{F(\delta \cdot E_{k-1})} \int_0^{\delta \cdot E_{k-1}} uf(u)du \right] \\ & + \frac{k-1}{k} \delta \cdot E_{k-1}, \quad k = 2, \dots, n. \end{aligned}$$

BEWEIS: Angenommen, $k \geq 2$ Bieter sind in der Sequenz berechtigt zu bieten, und ein Bieter mit der Wertschätzung v hat zu entscheiden, ob er *JA* oder *NEIN* antwortet. Falls der Bieter ausgewählt wird, in der aktuellen Auktion zu bieten, so erhält er eine Auszahlung von v . Falls er nicht ausgewählt wird, sei angenommen, daß er in der nächsten Periode eine ex ante Auszahlung von E_{k-1} bekommt. Angenommen, p_j ist die Wahrscheinlichkeit, daß genau j der anderen berechtigten Bieter in der aktuellen Periode *JA* sagen.

Wenn der Bieter *JA* sagt, bekommt er eine erwartete Auszahlung von

$$EU_{JA} = \left(\frac{1}{k} v + \frac{k-1}{k} \delta \cdot E_{k-1} \right) \cdot p_{k-1} + \left(\frac{1}{k-1} v + \frac{k-2}{k-1} \delta \cdot E_{k-1} \right) \cdot p_{k-2} + \dots + v \cdot p_0.$$

Wenn er *NEIN* sagt, ist seine erwartete Auszahlung

$$EU_{NEIN} = \left(\frac{1}{k} v + \frac{k-1}{k} \delta \cdot E_{k-1} \right) \cdot p_0 + \delta \cdot E_{k-1} \cdot (p_{k-1} + p_{k-2} + \dots + p_1).$$

Ein Bieter sagt *JA*, wenn $EU_{JA} \geq EU_{NEIN}$:

$$\begin{aligned} & v \left(\frac{p_{k-1}}{k} + \frac{p_{k-2}}{k-1} + \dots + \frac{p_1}{2} + p_0 \right) + \delta \cdot E_{k-1} \cdot \left(\frac{k-1}{k} p_{k-1} + \frac{k-2}{k-1} p_{k-2} + \dots + \frac{1}{2} p_1 \right) \\ & \geq v \cdot \frac{1}{k} \cdot p_0 + \delta \cdot E_{k-1} \cdot \left(p_{k-1} + p_{k-2} + \dots + p_1 + \frac{k-1}{k} p_0 \right) \\ & v \left(\frac{p_{k-1}}{k} + \frac{p_{k-2}}{k-1} + \dots + \frac{p_1}{2} + \frac{k-1}{k} p_0 \right) \geq \delta \cdot E_{k-1} \cdot \left(\frac{p_{k-1}}{k} + \frac{p_{k-2}}{k-1} + \dots + \frac{p_1}{2} + \frac{k-1}{k} p_0 \right) \\ & v \geq \delta \cdot E_{k-1}. \end{aligned}$$

Ein Bieter wird genau dann mit *JA* antworten, wenn seine Wertschätzung mindestens so hoch ist wie die abdiskontierte ex ante Auszahlung in der nächsten Periode, das heißt diejenige Auszahlung, die er erhält, wenn er für die aktuelle Auktion nicht ausgewählt wird. Diese Strategie ist optimal, unabhängig von den Antworten und Wertschätzungen der anderen Bieter für die aktuellen Auktion.

Als nächstes wird E_k , die ex ante Auszahlung eines Bieters für die Periode k bestimmt, bevor er seine Wertschätzung erhält. Wenn angenommen wird, daß in der Periode k alle Bieter nach der obigen Strategie bieten und E_{k-1} feststeht, ist es möglich, E_k aus E_{k-1} zu berechnen. Mit einer ex ante Wahrscheinlichkeit von $1/k$ wird der Bieter ausgewählt zu bieten. Die erwartete Auszahlung eines ausgewählten Bieters besteht aus zwei Teilen: Die Wahrscheinlichkeit, daß alle Bieter eine Wertschätzung kleiner als $\delta \cdot E_{k-1}$ haben, beträgt $F(\delta \cdot E_{k-1})^k$. Damit hat auch der zufällig ausgewählte Bieter eine Wertschätzung kleiner als $\delta \cdot E_{k-1}$. Diese Wertschätzung beträgt im Erwartungswert

$$\frac{1}{F(\delta \cdot E_{k-1})} \int_0^{\delta \cdot E_{k-1}} u \cdot f(u) du.$$

Mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k$ hat dagegen mindestens ein Bieter eine Wertschätzung größer als $\delta \cdot E_{k-1}$. Damit hat auch der ausgewählte Bieter eine Wertschätzung größer als $\delta \cdot E_{k-1}$. Diese Wertschätzung beträgt im Erwartungswert

$$\frac{1}{1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k} \int_{\delta \cdot E_{k-1}}^{\bar{v}} u \cdot f(u) du.$$

Damit beträgt die erwartete Wertschätzung und Auszahlung des ausgewählten Bieters:

$$EU_{SRB} = (1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k) \frac{1}{1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k} \int_{\delta \cdot E_{k-1}}^{\bar{v}} u f(u) du + F(\delta \cdot E_{k-1})^k \frac{1}{F(\delta \cdot E_{k-1})^k} \int_0^{\delta \cdot E_{k-1}} u f(u) du.$$

Mit einer ex ante Wahrscheinlichkeit von $(k-1)/k$ wird dagegen der Bieter nicht ausgewählt und bekommt eine erwartete Auszahlung von $\delta \cdot E_{k-1}$.

Die gesamte ex ante Auszahlung eines Bieters beträgt dann

$$E_k = \frac{1}{k} \left[(1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k) \frac{1}{1 - F(\delta \cdot E_{k-1})^k} \int_{\delta \cdot E_{k-1}}^{\bar{v}} u f(u) du + F(\delta \cdot E_{k-1})^k \frac{1}{F(\delta \cdot E_{k-1})^k} \int_0^{\delta \cdot E_{k-1}} u f(u) du \right] + \frac{k-1}{k} \delta \cdot E_{k-1}.$$

Nun kann das Spiel durch Rückwärts-Induktion gelöst werden. In der letzten Auktion einer Sequenz ($k=1$) ist nur noch ein Bieter berechtigt zu bieten und er wird immer ausgewählt. Somit ist die ex ante Auszahlung E_1 für die letzte Auktion der Sequenz gleich der erwarteten Auszahlung eines beliebigen Bieters

$$E_1 = \int_0^{\bar{v}} u f(u) du.$$

Wenn E_1 feststeht, so ist es für einen Bieter in der vorherigen Periode ($k=2$) eine optimale Strategie, JA zu antworten, wenn seine Wertschätzung mindestens so hoch wie $\delta \cdot E_1$ ist. Wenn beide Bieter diese optimale Strategie benutzen, kann die ex ante Auszahlung E_2 berechnet werden. Wenn E_2 feststeht, so ist die optimale Strategie für einen Bieter in der vorherigen Periode ($k=3$), JA zu antworten, wenn seine Wertschät-

zung mindestens so hoch ist wie $\delta \cdot E_2$. Wenn alle Bieter diese Strategie benutzen, kann E_3 berechnet werden. Diese Argumentation kann fortgesetzt werden, um zu zeigen, daß die gleichgewichtige Strategiekombination (*) das einzige teilspielperfekte Gleichgewicht innerhalb einer Sequenz ist. Da nach dem Ende dieser Sequenz die neue Sequenz sich für die Spieler als identisches Spiel darstellt, gelten die aufgezeigten Gleichgewichtsstrategien auch für alle nachfolgenden Sequenzen. ■

Nachdem die Gleichgewichtsstrategien im SRB-Mechanismus beschrieben wurden, kann die erwartete Auszahlung im SRB-Mechanismus mit der erwarteten Auszahlung im einfachen RB- oder IB-Mechanismus verglichen werden.

SATZ: *Die erwartete Auszahlung für die kollusiven Bieter ist im SRB-Mechanismus stets höher als die erwartete Auszahlung im einfachen RB- oder IB-Mechanismus.*

BEWEIS: Im IB-Mechanismus gibt jeder Bieter in jeder Auktion ein Gebot von Null ab. Der Auktionator wählt zufällig einen Bieter als Gewinner aus, welcher das Gut bekommt und somit eine Auszahlung in Höhe seiner Wertschätzung erhält. Die erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters ist gleich der erwarteten Wertschätzung eines beliebigen Bieters. In einem einfachen RB-Mechanismus bietet stets nur ein Bieter in jeder Auktion. Der Bieter, welcher berechtigt ist, in der aktuellen Auktion zu bieten, wird festgelegt, bevor die Auktionen anfangen und somit auch bevor dieser Bieter seine Wertschätzung zugeordnet erhält. Wiederum ist die erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters in dieser Auktion gleich der erwarteten Wertschätzung eines beliebigen Bieters. Also,

$$EU_{IB} = EU_{RB} = \int_0^{\bar{v}} u \cdot f(u) du .$$

Im SRB-Mechanismus ist die erwartete Auszahlung in der letzten Auktion einer Sequenz gleich der Auszahlung in den anderen Mechanismen, da nur noch ein Bieter berechtigt ist zu bieten. In allen anderen Auktionen der Sequenz ($k \geq 2$) beträgt die erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters

$$EU_{SRB} = (1 - F(a)^k) \frac{1}{1 - F(a)} \int_a^{\bar{v}} u f(u) du + F(a)^k \frac{1}{F(a)} \int_0^a u f(u) du , \text{ mit } a = \delta \cdot E_{k-1} .$$

Umformungen der erwarteten Auszahlung ergeben:

$$\begin{aligned}
 EU_{SRB} &= (1 - F(a)^k) \frac{1}{1 - F(a)} \int_a^{\bar{v}} uf(u) du + F(a)^k \frac{1}{F(a)} \int_0^a uf(u) du \\
 &= \frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_a^{\bar{v}} uf(u) du + F(a)^{k-1} \int_0^a uf(u) du \\
 &= \frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du + F(a)^{k-1} \int_0^a uf(u) du \\
 &= \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \int_0^a uf(u) du + \frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du + F(a)^{k-1} \int_0^a uf(u) du \\
 &= \int_0^{\bar{v}} uf(u) du + \left[\frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} - 1 \right] \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \left[\frac{1 - F(a)^k}{1 - F(a)} - F(a)^{k-1} \right] \int_0^a uf(u) du \\
 &= \int_0^{\bar{v}} uf(u) du + \frac{F(a) - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \frac{1 - F(a)^{k-1}}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du \\
 EU_{SRB} &= EU_{IB} + \frac{F(a) - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \frac{1 - F(a)^{k-1}}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du. \tag{1}
 \end{aligned}$$

Zu zeigen ist, daß $EU_{SRB} > EU_{IB}$:

$$EU_{IB} + \frac{F(a) - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du - \frac{1 - F(a)^{k-1}}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du > EU_{IB}.$$

Umformungen dieser Ungleichung ergeben

$$\begin{aligned}
 \frac{F(a) - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u) du &> \frac{1 - F(a)^{k-1}}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u) du \\
 \int_0^{\bar{v}} uf(u) du &> \frac{1 - F(a)^{k-1}}{F(a) - F(a)^k} \int_0^a uf(u) du \\
 \int_0^{\bar{v}} uf(u) du &> \frac{1 - F(a)^{k-1}}{F(a) - F(a)^k} \frac{F(a)}{F(a)} \int_0^a uf(u) du \\
 \int_0^{\bar{v}} uf(u) du &> \frac{1}{F(a)} \int_0^a uf(u) du.
 \end{aligned}$$

Auf der linken Seite der Ungleichung steht der Erwartungswert der Wertschätzung eines beliebigen Bieters. Auf der rechten Seite der Ungleichung steht der Erwartungswert der Wertschätzung eines Bieters unter der Bedingung, daß seine Wertschätzung kleiner als $a = \delta \cdot E_{k-1}$ ist. Da $0 < \delta \cdot E_{k-1} < \bar{v}$ gilt, ist die erwartete Wertschätzung eines beliebigen Bieters stets höher ist als die erwartete Wertschätzung eines Bieters mit einer Wertschätzung kleiner a . Somit ist die Ungleichung stets erfüllt.

Da für $k \geq 2$ die erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters im SRB-Mechanismus stets höher ist als die erwartete Auszahlung im einfachen IB- oder RB-Mechanismus und für $k = 1$ beide erwarteten Auszahlungen gleich sind, führt der SRB-Mechanismus zu einer insgesamt höheren erwarteten Auszahlung für die kollusiven Bieter als die anderen Mechanismen. ■

4.2.2.3 Ein Beispiel des SRB-Mechanismus

Ein Beispiel soll die Funktionsweise des Mechanismus und die Berechnung der erwarteten Auszahlung verdeutlichen. Angenommen es gibt drei Bieter, deren Wertschätzungen im Intervall $[0,1]$ gleichverteilt sind. Zukünftige Auszahlungen werden nicht abdiskontiert, das heißt $\delta = 1$.

In der letzten Periode der Sequenz wird nur noch ein Bieter berechtigt sein zu bieten ($k = 1$). Er erhält eine erwartete Auszahlung in Höhe seiner Wertschätzung. Diese beträgt im Erwartungswert 0,5.

In der vorletzten Periode werden noch zwei Bieter berechtigt sein zu bieten ($k = 2$). Sie werden in dieser Auktion bieten wollen, wenn ihre Wertschätzung größer als $a = \delta \cdot 0,5 = 0,5$ ist. Mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - 0,5^2$ hat mindestens ein Bieter eine Wertschätzung von über 0,5 und möchte in der Auktion bieten. Die Wertschätzung eines solchen Bieters beträgt im Erwartungswert 0,75. Mit der Wahrscheinlichkeit von $0,5^2$ hat keiner der Bieter eine Wertschätzung von über 0,5. In diesem Fall wird einer der Bieter zufällig ausgewählt, seine erwartete Wertschätzung beträgt 0,25. Insgesamt beträgt die eine erwartete Wertschätzung und Auszahlung des ausgewählten Bieters in der zweiten Auktion $(1 - 0,5^2) \cdot 0,75 + 0,5^2 \cdot 0,25 = 0,625$.

In der ersten Periode ($k = 3$) hat ein Bieter eine Auszahlung von $(\delta \cdot 0,625 + \delta^2 \cdot 0,5) / 2 = 0,5625$ zu erwarten, wenn er nicht ausgewählt wird. Er wird in der ersten Auktion bieten wollen, wenn seine Wertschätzung über $a = 0,5625$ liegt. Wird Formel [1] für die Ermittlung der erwartete Auszahlung zu Hilfe genommen, so ergibt sich für die erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters

$$\begin{aligned} EU_{SRB} &= \int_0^{\bar{v}} uf(u)du + \frac{F(a) - F(a)^k}{1 - F(a)} \int_0^{\bar{v}} uf(u)du - \frac{1 - F(a)^{k-1}}{1 - F(a)} \int_0^a uf(u)du \\ &= 0,5 + \frac{0,5625 - 0,5625^3}{1 - 0,5625} \cdot 0,5 - \frac{1 - 0,5625^2}{1 - 0,5625} \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,5625^2 \\ &= 0,6923. \end{aligned}$$

Somit beträgt die erwartete Auszahlung eines Bieters in einer Bietsequenz $(0,6923 + 0,625 + 0,5) / 3 = 0,6058$ und ist damit höher als die erwartete Auszahlung von 0,5 beim IB- oder RB-Mechanismus.⁴⁰

Bei einer höheren Anzahl von Bietern steigt die Differenz der Auszahlung des SRB-Mechanismus gegenüber den anderen Mechanismen. Bei fünf Bietern beispielsweise ergibt sich für die Kollusion eine erwartete Auszahlung pro Auktion von 0,66 und bei zehn Bietern bereits eine erwartete Auszahlung von 0,74. Im Vergleich dazu bleibt die Auszahlung in den anderen Mechanismen konstant bei 0,5.

Eine Folge dieser höheren erwarteten Auszahlung ist eine einfachere Durchsetzbarkeit der kollusiven Vereinbarung. Wenn Bieter dazu Trigger-Strategien verwenden, ist die erwartete Auszahlung eines Bieters bei kollusivem Bietverhalten im Vergleich zum einmaligen Gewinn einer Abweichung höher als bei den konventionellen Mechanismen.

⁴⁰ Die Auszahlung liegt jedoch weiterhin unter der erwarteten Auszahlung bei einer effizienten Kollusion von vier Bietern mit Seitenzahlungen, die der erwarteten Wertschätzung des höchsten Bieters von 0,75 entspricht.

4.2.3 Zusammenfassung und Erweiterungen

In diesem Abschnitt wurden Kollusionsmöglichkeiten von Bieterinnen untersucht, die wiederholt an Auktionen teilnehmen. Unter der Annahme der vollständigen Information wurden Faktoren aufgezeigt, von denen die Stabilität einer kollusiven Vereinbarung abhängt. Neben der Anzahl der Bieter, deren Wertschätzungen und dem zeitlichen Abstand zwischen den Auktionen ist insbesondere die verwendete Auktionsform für die Stabilität entscheidend. Ist aufgrund einer geringen Zahl von Bieterinnen die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion groß, sollte der Auktionator die Güter mit Hilfe von Erstpreisauktionen in größerem zeitlichen Abstand in wenigen Bündeln verkaufen. Eine Erweiterung der Modelle liegt in der Untersuchung der Stabilität von kollusiven Vereinbarungen unter der Annahme asymmetrischer Information über die Wertschätzungen der Bieter.

Anschließend wurde unter der Annahme asymmetrischer Information gezeigt, daß der von den Bieterinnen verwendete Kollusionsmechanismus nicht nur die Stabilität, sondern auch die erwartete Auszahlung der Kollusion beeinflußt. Dazu wurde der SRB-Mechanismus entwickelt. Der SRB-Mechanismus ist ein für die Bieterinnen einfach zu implementierender Kollusionsmechanismus, der ihnen eine höhere erwartete Auszahlung gibt als die einfachen RB- oder IB-Mechanismen. In wiederholten Auktionen ist somit die Aussage für Standardauktionen (McAfee und McMillan 1992), daß sich eine Kollusion ohne die Möglichkeit von Seitenzahlungen nicht besser stellen kann, als wenn alle Bieterinnen das identische Gebot abgeben, nicht zutreffend. Für den Verkäufer oder den öffentlichen Regulierer ist dies ein weiterer Grund, sich bei der Aufdeckung von Kollusion verstärkt auf rotierende Bietermechanismen zu konzentrieren. Theoretisch interessant ist die Frage, ob es andere, wahrscheinlich kompliziertere Kollusionsmechanismen gibt, die für die Bieterinnen eine noch höhere Auszahlung erwarten lassen. Auch könnte der SRB-Mechanismus auf andere Probleme des Mechanismusdesign ohne Seitenzahlungen angewendet werden. Eine denkbare Anwendung wäre die Auswahl von Standards oder die Besetzung von politischen Positionen in einer Staatengemeinschaft.

4.3 Kollusion in einer Auktion für mehrere Güter

In diesem Abschnitt wird die Situation betrachtet, bei der ein Verkäufer mit Hilfe eines Auktionsmechanismus einmalig eine bestimmte Anzahl von Gütern verkauft. Auch hier besteht die Gefahr, daß Bieter - auch ohne Seitenzahlungen - kollusive Strategien wählen, mit der Folge eines verminderten Erlöses für den Verkäufer und einem möglicherweise ineffizienten Auktionsergebnis.

Ein Beispiel soll Möglichkeiten und Folgen einer Kollusion verdeutlichen. Angenommen, drei Bieter bieten für zwei Güter in einer simultanen englischen Auktion. Der erste Bieter hat für beide Güter jeweils eine Wertschätzung von 100, der zweite Bieter eine Wertschätzung von 80 und der dritte Bieter eine Wertschätzung von 40:

	Gut 1	Gut 2
Bieter 1	100	100
Bieter 2	80	80
Bieter 3	40	40

Geben in der Auktion alle Bieter Gebote bis zur Höhe ihrer Wertschätzungen ab, so erhält im Wettbewerbsgleichgewicht der erste Bieter beide Güter zu einem Preis von jeweils 80 - der Wertschätzung des zweiten Bieters. Er macht einen Überschuß von $2 \cdot (100 - 80) = 40$. Sprechen dagegen die ersten beiden Bieter kollusiv ihre Gebote in der Weise ab, daß jeder Bieter lediglich für ein Gut bietet, so beträgt der für ein Gut zu zahlende Preis lediglich 40, da bei diesem Gebot der dritte Bieter aus der Auktion aussteigt. Der erste Bieter erhält eine Auszahlung von $100 - 40 = 60$, der zweite Bieter eine Auszahlung von $80 - 40 = 40$. Beide Bieter haben eine höhere Auszahlung als im Wettbewerbsgleichgewicht. Dagegen vermindert sich der Erlös des Verkäufers bei der Kollusion von $2 \cdot 80 = 160$ auf $2 \cdot 40 = 80$. Auch die Effizienz des Auktionsergebnisses verringert sich, da eines der Güter an Bieter 2 verkauft wird, obwohl dieser nicht die höchste Wertschätzung für das Gut hat.

Es wäre somit für den Verkäufer und aus gesamtwirtschaftlicher Sicht von Vorteil, eine Kollusion der Bieter zu verhindern. Die Kollusionsanfälligkeit hängt einerseits von der Versteigerungssituation und andererseits von dem Auktionsdesign ab. Zu der Versteige-

rungssituation, die der Verkäufer nur unwesentlich beeinflussen kann, gehören das Güterangebot sowie die Anzahl der Bieter und deren Wertschätzungen. Das vom Verkäufer zu bestimmende Auktionsdesign beinhaltet die Wahl der Auktionsform, die Bündelung der Güter sowie die Festlegung eines Reservationspreises. In diesem Abschnitt wird gezeigt, welcher Zusammenhang zwischen den vom Verkäufer zu beeinflussenden Faktoren und der Kollusionsanfälligkeit des Auktionsmechanismus besteht. Um diese Zusammenhänge beurteilen zu können, sind zunächst Kriterien zu ermitteln, mit denen die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion bewertet werden kann.

4.3.1 Kriterien zur Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit

Um zu beurteilen, ob ein Auktionsmechanismus anfällig für eine Kollusion von Bieter ist, sind vier Fragen zu beantworten:

- Gibt es ein Kollusionsergebnis im Kern, wenn die Bieter verbindliche Absprachen treffen können?
- Läßt sich das Kollusionsergebnis als Gleichgewicht durchsetzen, wenn die Absprachen nicht verbindlich sind?
- Können die Bieter das Kollusionsergebnis ohne Absprachen erreichen?
- Ist die Aufteilung der Güter unter den an der Kollusion beteiligten Bieter fair?

Sind alle vier Fragen zu bejahen, so ist die Auktion sehr anfällig für Kollusion. Im folgenden wird auf die Kriterien zur Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit im einzelnen eingegangen.

Kollusionsergebnis liegt im Kern

Wenn die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion untersucht wird, ist zunächst zu prüfen, ob es kollusive Bietstrategien gibt, bei denen das resultierende Kollusionsergebnis im Kern liegt. Dies bedeutet, wenn verbindliche Absprachen über die Bietstrategien getroffen werden, kann sich keine Teilmenge der an der Kollusion beteiligten Bieter durch

andere Absprachen eine höhere Auszahlung sichern. Ein Beispiel soll dieses verdeutlichen. Drei Bieter bieten für vier Güter in einer simultanen Englischen Auktion. Die Wertschätzungen der Bieter sind in folgender Tabelle dargestellt:

	Gut 1	Gut 2	Gut 3	Gut 4
Bieter 1	90	90	90	90
Bieter 2	80	80	80	80
Bieter 3	30	30	30	30

Im Wettbewerbsgleichgewicht erhält der erste Bieter alle vier Güter zu einem Preis in Höhe der Wertschätzung des zweiten Bieters von 80. Seine Auszahlung beträgt demnach 40. Der zweite und der dritte Bieter erhalten kein Gut und bekommen eine Auszahlung von Null. Als Auszahlungsvektor aller drei Bieter ergibt sich $(40,0,0)$.

Sprechen Bieter 1 und Bieter 2 ihre Gebote ab, so können sie für jedes Gut einen Preis in Höhe der Wertschätzung des dritten Bieters von 30 realisieren. Sie haben insgesamt drei verschiedene Möglichkeiten, die Güter unter sich aufzuteilen. Bieter 1 erhält drei Güter und Bieter 2 nur eines, beide Bieter erhalten jeweils zwei Güter oder Bieter 1 erhält ein Gut und Bieter 2 bekommt drei. Als Auszahlungsvektoren ergeben sich $(180,50,0)$, $(120,100,0)$ und $(60,150,0)$.

Sprechen alle drei Bieter ihre Gebote ab, so können sie die Güter jeweils zu einem Preis von Null ersteigern. Die möglichen Aufteilungen der Güter auf die Bieter (2-1-1, 1-2-1, 1-1-2) führen zu den Auszahlungsvektoren $(180,80,30)$, $(90,160,30)$ und $(90,80,60)$. Dabei liegen die ersten beiden Möglichkeiten der Kollusion im Kern, da sich weder die Koalition aus den Bieter 1 und 2, noch eine andere Koalition für alle ihre Mitglieder eine höhere Auszahlung sichern kann. Die dritte Möglichkeit der Kollusion mit dem Auszahlungsvektor $(90,80,60)$ liegt dagegen nicht im Kern, da sich die Koalition aus den Bieter 1 und 2 den Auszahlungsvektor $(120,100,0)$ sichern kann, wenn beide Bieter durch Gebote von über 30 die Güter unter sich alleine aufteilen. Diese Aufteilung der Güter liegt ebenfalls im Kern, während bei den anderen Aufteilungen der Güter durch die Bieter 1 und 2 die Dreierkoalition bessere Ergebnisse erbringen kann.

In dieser Weise kann für jede individuelle Auktionssituation geprüft werden, welche Kollusionsmöglichkeiten im Kern sind. Ist allein das Wettbewerbsgleichgewicht im Kern, so ist ohne Seitenzahlungen keine Kollusion möglich. Im Beispiel wäre dieses dann der Fall, wenn Bieter 2 für jedes Gut eine Wertschätzung von 40 anstatt 80 hätte. Die Überprüfung der Kollusionsmöglichkeiten im Kern ist auch in der Praxis ein sinnvolles Kriterium, um die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion zu beurteilen, falls eine Einschätzung über die Wertschätzungen der Bieter möglich ist.

Kollusion ist als Gleichgewicht durchsetzbar

Gibt es Kollusionsergebnisse im Kern, so stellt sich die Frage, ob diese sich auch dann durchsetzen lassen, wenn die Absprachen für die Bieter nicht verbindlich sind. Kann ein Bieter in der Auktion durch einseitiges Abweichen von der Kollusionsvereinbarung („cheating“) bei gegebenen Strategien der anderen Bieter eine höhere Auszahlung erreichen, so stellt die Kollusion kein Gleichgewicht dar. Lohnt es sich dagegen für keinen Bieter, von der Kollusionsvereinbarung abzuweichen, so stellen die kollusiven Bietstrategien ein Gleichgewicht dar. In der simultanen Englischen Auktion im obigen Beispiel ist eine Kollusion im Kern stets auch als teilspielperfektes Gleichgewicht implementierbar, da ein Bieter, der für mehr Güter bietet, als ihm durch die Kollusionsvereinbarung zustehen, von den anderen Bietern wieder überboten werden kann, so daß sich ein Abweichen letztlich nicht lohnt.⁴¹

Kollusion ist ohne Absprachen erreichbar

Läßt sich das Kollusionsergebnis als Gleichgewicht durchsetzen, stellt sich die Frage, ob die Bieter dieses Ergebnis auch ohne Absprachen erreichen können. Dieses Kriterium ist besonders deshalb relevant, weil Absprachen unter den Bietern gesetzlich verboten sind, während kollusive Bietstrategien ohne explizite Absprachen zumindest in Deutschland bisher nicht verfolgt werden. Im obigen Beispiel der simultanen Englischen Auktion ist eine vorherige Absprache der Bieter über die Verteilung der Güter nicht unbedingt erforderlich, da die Koordination der Gebote auch während der Auktion realisiert werden kann. Dagegen müssen in einer simultanen Erstpreisauktion vor der Auktion explizite

⁴¹ Zur genauen Argumentation vgl. Abschnitt 4.3.2.

Absprachen über die Aufteilung der Güter getroffen werden, da in dieser Auktionsform nur einmalig Gebote abgegeben werden können.

Kollusionsergebnis ist fair

Ein Kollusionsergebnis ist genau dann fair, wenn kein Bieter einen anderen Bieter beneidet, das heißt einen höheren Nutzen von dessen Güterbündel hat als von dem eigenen. Eine Kollusion ist um so wahrscheinlicher, je geringer der Neid unter den an der Kollusion beteiligten Bieter ist. Bilden im obigen Beispiel Bieter 1 und 2 eine Kollusion, so ist die Kollusion fair, wenn beide Bieter je zwei Güter erhalten und sich der Auszahlungsvektor von (120,100,0) ergibt. Eine 3-1 oder eine 1-3 Aufteilung der Güter dagegen ist nicht fair, da der Bieter mit der geringeren Anzahl an Gütern den anderen beneidet. Er könnte durch Abgabe höherer Gebote versuchen, eine faire Aufteilung der Güter auch unter Hinnahme höherer Preise zu erreichen.

Nachdem Kriterien für die Beurteilung der Kollusionsanfälligkeit entwickelt wurden, werden im folgenden die Zusammenhänge zwischen Auktionsdesign und Anfälligkeit für Kollusion untersucht.

4.3.2 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von der Auktionsform

4.3.2.1 Grundlagen und Modellannahmen

Bei der Wahl der Auktionsform hat der Verkäufer neben anderen Kriterien⁴² auch die unterschiedliche Anfälligkeit der einzelnen Auktionsformen für ein kollusives Bieterverhalten zu beachten. Diese Unterschiede werden in diesem Abschnitt untersucht.

⁴² Wenn die Bieter nicht kollusiv handeln, so gibt es insbesondere bei interdependenten Wertschätzungen mit einem Common-Value-Anteil und Risikoaversion der Bieter Unterschiede zwischen den einzelnen Auktionsformen hinsichtlich des Auktionserlöses und der Effizienz des Auktionsergebnisses (für eine Übersicht über Modelle und Argumente siehe zum Beispiel Klemperer 1999). Im folgenden sollen die Auktionsformen jedoch ausschließlich im Hinblick auf die Kollusionsanfälligkeit analysiert werden. Deshalb werden die Annahmen getroffen, daß die Wertschätzungen eines Bieters für die einzelnen Güter unabhängig voneinander sind und allgemeines Wissen unter den Bieter darstellen. Dadurch sind die Auktionsergebnisse im Wettbewerbsgleichgewicht ohne Kollusion in allen Auktionsformen identisch.

Die Modellannahmen sind folgende. Insgesamt werden t Güter angeboten. Es nehmen n Bieter an dem Auktionsmechanismus teil, wobei die Wertschätzung von Bieter i ($i = 1, \dots, n$) für das Gut j ($j = 1, \dots, t$) mit v_i^j bezeichnet wird. Die Wertschätzungen sind gemeinsames Wissen der Bieter (vollkommene Information). Es sei v_H^j die höchste und v_{H2}^j die zweithöchste Wertschätzung aller Bieter für das Gut j . Die kleinste mögliche Geldeinheit wird mit ε bezeichnet. Bieter können ihre Gebote absprechen, ohne jedoch Seitenzahlungen untereinander zu tätigen. Die höchste Wertschätzung aller nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter für ein Gut j wird mit v_S^j bezeichnet.

Bevor auf Kollusion eingegangen wird, werden die Auktionsformen und die Auktionsergebnisse im Wettbewerbsgleichgewicht dargestellt. In der simultanen Erstpreisauktion geben alle Bieter verdeckte Gebote für alle angebotenen Güter ab. Im Wettbewerbsgleichgewicht wird ein Bieter i folgende Strategie wählen: Bei allen Gütern, bei denen Bieter i die höchste Wertschätzung hat, gibt er ein Gebot in Höhe der zweithöchsten Wertschätzung v_{H2}^j ab. Bei allen Gütern, bei denen Bieter i nicht die höchste Wertschätzung besitzt, gibt er ein Gebot $v_i^j - \varepsilon$ ab, das minimal unter seiner Wertschätzung liegt. Handeln alle Bieter gemäß dieser Strategie, so stellt die resultierende Strategiekombination ein Nash-Gleichgewicht dar.⁴³

Werden die Güter durch mehrere Erstpreisauktionen sequentiell versteigert, so muß ein Bieter für jedes Gut einzeln ein Gebot abgeben. Die Gebote im Wettbewerbsgleichgewicht sind jedoch identisch: Wenn ein Bieter bei allen Gütern, bei denen er die höchste Wertschätzung hat, ein Gebot in Höhe der zweithöchsten Wertschätzung abgibt und bei allen anderen Gütern ein Gebot minimal unter seiner Wertschätzung, so stellt die resultierende Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar.

⁴³ Es gibt ein zweites Nash-Gleichgewicht: Wenn die Bieter bei allen Gütern, bei denen sie die höchste Wertschätzung haben, ein Gebot minimal über der zweithöchsten Wertschätzung abgeben und bei allen anderen Gütern ein Gebot in Höhe der eigenen Wertschätzung, so stellt die Strategiekombination ebenfalls ein Nash-Gleichgewicht dar. Für die Kollusionsanfälligkeit spielt es jedoch keine Rolle, welches Wettbewerbsgleichgewicht für die Argumentation verwendet wird. Im Vergleich zum ersten Nash-Gleichgewicht muß der Auktionsgewinner hier für ein Gut einen um ε höheren Preis zahlen.

In sequentiellen wie simultanen Zweitpreisauktionen besteht das Wettbewerbsgleichgewicht darin, daß ein Bieter i für jedes Gut j ein Gebot in Höhe seiner jeweiligen Wertschätzung v_i^j abgibt.

Werden die Güter mit Hilfe mehrerer Englischer Auktionen sequentiell versteigert, so besteht das Wettbewerbsgleichgewicht darin, daß ein Bieter i in einer Auktion solange mitbietet, wie der Preis des Gutes j seine Wertschätzung v_i^j nicht übersteigt. Verwenden alle Bieter diese Strategie, so stellt die resultierende Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar.

Bei der simultanen Englischen Auktion müssen zunächst die Auktionsregeln spezifiziert werden. So ist beispielsweise festzulegen, ob der Zuschlag für ein Gut genau dann erfolgt, wenn für dieses Gut keine neuen Gebote mehr abgegeben werden oder erst dann, wenn für keines der Güter ein neues Gebot mehr abgegeben wird. Um auch die praktische Relevanz der Analyse zu berücksichtigen, werden die Regeln der mehrstufigen simultanen Auktion angenommen, die für die Vergabe von Frequenzspektrum entwickelt wurden.⁴⁴ Bei dieser Auktionsform wird in Runden geboten. In jeder Runde geben die Bieter gleichzeitig ihre Gebote für alle Güter ab. Derjenige Bieter, der das Höchstgebot für ein Gut abgegeben hat, ist der aktuelle Höchstbieter für dieses Gut. Bei identischen Geboten ist derjenige Bieter der Höchstbieter, der sein Gebot zuerst abgegeben hat. Die Höhe der Gebote und die Identität der jeweiligen Höchstbieters werden bekanntgegeben. In der nächsten Bietrunde haben die Bieter anschließend die Möglichkeit, die alten Gebote zu überbieten. Wiederum werden Höchstbieter und Höchstgebote bekanntgegeben und es beginnt eine neue Bietrunde. Die Auktion endet, wenn in einer Bietrunde für keines der Güter ein neues Gebot abgegeben wurde. Im Wettbewerbsgleichgewicht besteht die Strategie eines Bieters darin, die Höchstgebote der anderen Bieter minimal zu überbieten, solange diese Höchstgebote unter den eigenen Wertschätzungen liegen. Verwenden alle Bieter diese Strategie, so stellt die resultierende Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar.

Das Ergebnis ist in allen Auktionsformen identisch: Ein Gut j wird jeweils an den Bieter i mit der höchsten Wertschätzung $v_i^j = v_H^j$ verkauft, zu einem Preis, welcher der

⁴⁴ Siehe dazu auch Abschnitt 5.1.3.

zweithöchste Wertschätzung unter den Bietern v_{H2}^j entspricht. Das Auktionsergebnis ist effizient, da jeweils der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut erhält.

Bei einer Kollusion treffen mehrere Bieter eine explizite oder implizite Vereinbarung über eine Aufteilung mehrerer (nicht unbedingt aller) Güter zu Preisen, die unter den Wettbewerbspreisen liegen. Dabei wird für jedes Gut, bei dem sich die an der Kollusion beteiligten Bieter absprechen, jeweils ein Bieter ausgewählt zu bieten, während alle anderen an der Kollusion beteiligten Bieter für dieses Gut keine Gebote abgeben.⁴⁵ Eine solche Absprache und die damit erzielbare Senkung des Preises ist nur bei den Gütern möglich, bei denen mindestens die Bieter mit den beiden höchsten Wertschätzungen v_H^j und v_{H2}^j an der Kollusion beteiligt sind. In diesem Fall kann der ausgewählte Kollusionsbieter das Gut j zu einem Preis ersteigern, der geringer ist als der Wettbewerbspreis v_{H2}^j . Der Preis kann jedoch nur bis zur höchsten Wertschätzung der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter v_S^j gesenkt werden, weil diese im Fall einer Kollusion weiterhin ihre Wettbewerbsgebote abgeben werden.⁴⁶

Diese Möglichkeit der Preissenkung durch Kollusion ist für alle oben dargestellten Auktionsformen identisch. Daher sind die durch verbindliche Absprachen erzielbaren Auszahlungsvektoren und somit auch die Kollusionsergebnisse im Kern nicht abhängig von der verwendeten Auktionsform.

Allerdings unterscheiden sich die Auktionsformen hinsichtlich der Durchsetzbarkeit einer Kollusion. Dazu wird im folgenden angenommen, daß ein Kollusionsergebnis im Kern existiert und untersucht, ob dieses Ergebnis auch ohne die Verbindlichkeit von Absprachen als Gleichgewicht implementierbar ist.

⁴⁵ Es wird keine Kollusion betrachtet, bei der die Bieter für ein Gut identische Gebote abgeben. Die Begründung ist folgende: Kollusion könnte sonst leicht entdeckt werden, der Auktionator kann durch deterministische Wahl des Gewinners den Anreiz zur Kollusion aufheben (siehe auch Abschnitt 4.2.2.1) und der Auktionator kann dieses durch Wahl der Auktionsregeln verhindern (die Auktionsregel besagt, daß bei identischen Geboten derjenige Bieter das Gut erhält, der sein Gebot zuerst abgegeben hat).

⁴⁶ Diese Annahme ist plausibel, weil die Einzelbieter sich durch Abgabe anderer Gebote nicht besser stellen können: Die Kollusion wird ihre Gebote nur bei den Gütern senken, bei denen mindestens die Bieter mit den beiden höchsten Wertschätzungen an der Kollusion beteiligt sind und sie wird ihre Gebote nicht unter die Wertschätzungen der Einzelbieter senken. Die Einzelbieter können sich bei diesen Gütern durch Abgabe anderer Gebote nicht verbessern.

4.3.2.2 Kollusion in erweiterten Erstpreisauktionen

SATZ: *In simultanen und sequentiellen Erstpreisauktionen stellt Kollusion niemals ein Gleichgewicht dar.*

BEWEIS: Zunächst wird die simultane Erstpreisauktion betrachtet. Im Wettbewerbsgleichgewicht ergibt sich für jedes Gut ein Preis in Höhe der zweithöchsten Wertschätzung aller Bieter. Angenommen, mehrere Bieter sprechen ihre Gebote ab. Eine Kollusion kann den Preis von einem Gut j senken, wenn mindestens die zwei Bieter mit den beiden höchsten Wertschätzungen an der Kollusion beteiligt sind. Die Preissenkung ist dadurch möglich, daß genau ein Bieter ein kollusives Gebot abgibt, welches unterhalb der zweithöchsten Wertschätzung v_{H2}^j liegt, während alle anderen an der Kollusion beteiligten Bieter kein Gebot abgeben. Dies bedeutet aber, daß mindestens ein Bieter für dieses Gut kein Gebot abgibt, obwohl seine Wertschätzung oberhalb des kollusiven Gebotes liegt. Bei gegebenen Strategien der anderen Bieter kann sich dieser Bieter durch Abweichen von der Kollusionsstrategie und Überbieten des kollusiven Gebotes eine höhere Auszahlung sichern. Damit stellen die kollusiven Gebote kein Nash-Gleichgewicht dar.

Werden die Güter sequentiell versteigert, ist zu prüfen, ob, wenn jeder Bieter die folgende Trigger-Strategie wählt, die resultierende Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt.

Trigger-Strategie: *Biete in jeder Auktion gemäß der Kollusionsvereinbarung. Wenn ein Bieter in einer Auktion von dieser Vereinbarung abweicht, biete in allen folgenden Auktionen gemäß der Wettbewerbsstrategie.*

Die Strategiekombination stellt kein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Werden nur die Auktionen betrachtet, in denen die an der Kollusion beteiligten Bieter die Güter zu einem Preis unterhalb des Wettbewerbspreises unter sich aufteilen, so hat in der letzten dieser Auktionen gemäß der obigen Argumentation mindestens ein Bieter einen Anreiz, von der Kollusionsstrategie abzuweichen und das Gut durch Abgabe eines höheren Gebotes zu ersteigern. Damit entfällt aber der Anreiz, sich in der vorletzten dieser Auktionen an die Kollusionsstrategie zu halten. Dieses Argument kann fortgesetzt werden, es zeigt sich, daß die Kollusion kein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt. ■

4.3.2.3 Kollusion in erweiterten Zweitpreisauktionen

Bei der Analyse wird zunächst die Kollusion betrachtet, bei welcher der jeweils für ein Gut j ausgewählte Bieter seine Wertschätzung v_i^j bietet und alle anderen Kollusionsbieter für dieses Gut kein Gebot abgeben. In der Zweitpreisauktion muß der ausgewählte Bieter dann einen Preis in Höhe der höchsten Wertschätzung der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter v_S^j zahlen. Es läßt sich folgendes zeigen:

SATZ: *In simultanen Zweitpreisauktionen stellt Kollusion nur dann ein Nash-Gleichgewicht dar, wenn innerhalb der Kollusion jeweils der Bieter mit der höchsten Wertschätzung das Gut zugesprochen bekommt. In sequentiellen Zweitpreisauktionen stellt Kollusion unter der gleichen Bedingung ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Allerdings ist es möglich, daß Kollusion zusätzlich auch dann als teilspielperfektes Gleichgewicht durchgesetzt werden kann, wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist.*

BEWEIS: Zunächst wird die simultane Zweitpreisauktion untersucht. Angenommen, die Absprache sieht vor, daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung v_H^j das Gut j erhält. Dann kann sich kein Kollusionsbieter durch Abweichen besser stellen, weil Überbieten dieses Bieters mit einer negativen Auszahlung verbunden wäre. Angenommen, die Kollusionsvereinbarung sieht vor, daß das Gut j einem Bieter der Kollusion zugesprochen wird, der nicht die höchste Wertschätzung dafür hat. Dann kann sich zumindest der Bieter mit der höchsten Wertschätzung v_H^j durch Abweichen von der Kollusionsstrategie und Überbieten des ausgewählten Bieters besser stellen. In simultanen Zweitpreisauktionen sind demnach nur solche Kollusionsvereinbarungen Nash-Gleichgewichte, bei denen die Güter jeweils den Bietern mit den höchsten Wertschätzungen zugesprochen werden.

In allen Fällen, in denen Kollusion in der simultanen Zweitpreisauktion ein Nash-Gleichgewicht darstellt, kann Kollusion auch in den sequentiellen Zweitpreisauktionen als teilspielperfektes Gleichgewicht durchgesetzt werden. Wenn stets der Kollusionsbieter mit der höchsten Wertschätzung ein Gut zugesprochen bekommt und für dieses Gut ein Gebot in Höhe seiner Wertschätzung abgibt, so kann sich in keiner Auktion ein an der Kollusion beteiligter Bieter durch Abweichen und Überbieten besser stellen. Zusätzlich können aber auch Kollusionsergebnisse Gleichgewichte darstellen, bei denen

Güter an Bieter versteigert werden, die nicht die höchsten Wertschätzungen für die Güter haben. Dieses soll anhand eines Beispiels gezeigt werden. Angenommen, zwei Bieter haben für zwei Güter die folgenden Wertschätzungen:

Wert	Gut 1	Gut 2
Bieter 1	40	70
Bieter 2	30	30

Das einzige Kollusionsergebnis im Kern besteht darin, daß Bieter 1 das zweite Gut und Bieter 2 das erste Gut zu einem (Zweit-)Preis von jeweils Null bekommen.⁴⁷ Dieses wird durch folgende Gebote erzielt:

Gebot	Gut 1	Gut 2
Bieter 1	-	70
Bieter 2	30	-

Durch die Kollusion ergibt sich ein Auszahlungsvektor von (70,30) im Vergleich zu $(40-30 + 70-30, 0) = (50,0)$ im Wettbewerbsgleichgewicht. In der simultanen Zweitpreisauktion stellt die Kollusion kein Nash-Gleichgewicht dar, weil Bieter 1 bei gegebener Strategie von Bieter 2 einen Anreiz hat, von der Kollusionsvereinbarung abzuweichen und auch Gut 1 zu ersteigern.

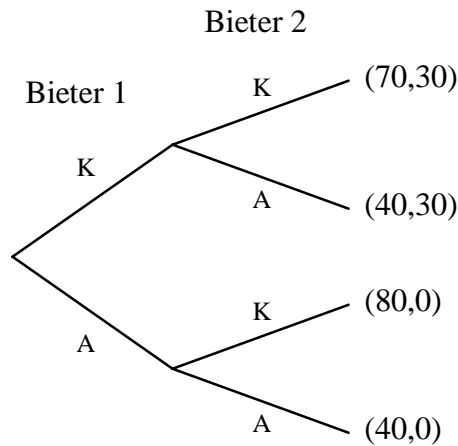
Werden die Güter dagegen sequentiell (Gut 1 - Gut 2) versteigert, so ergibt sich ein teilspielperfektes Gleichgewicht, falls die Bieter die bekannte Trigger-Strategie verwenden:

Trigger-Strategie: *Biete in jeder Auktion die durch die Kollusion festgelegten Gebote. Wenn ein Bieter in einer Auktion von dieser Kollusionsstrategie abweicht, biete in allen folgenden Auktionen die Wettbewerbsstrategie.*

Um dieses zu veranschaulichen, werden die Möglichkeiten der Bieter in einem Spielbaum dargestellt. Dabei sind nur die Handlungen der Bieter angegeben, die in der jeweiligen Auktion entscheiden müssen, ob sie sich an die Kollusionsvereinbarung halten und kein Gebot abgeben (K) oder ob sie von der Kollusionsstrategie abweichen und ihre

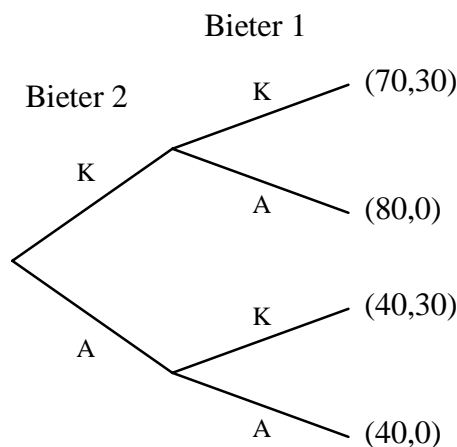
⁴⁷ Die alternative Aufteilung, bei der Bieter 1 das erste Gut und Bieter 2 das zweite Gut bekommt und sich damit ein Auszahlungsvektor von (40,30) ergibt, liegt nicht im Kern, da sich Bieter 1 im Wettbewerbsgleichgewicht eine Auszahlung von 50 sichern kann.

Wertschätzung bieten (A). In der ersten Auktion muß Bieter 1 entscheiden, ob er kooperiert oder nicht, in der zweiten Auktion liegt diese Entscheidung bei Bieter 2. Der Bieter, dem das Gut zugesprochen wurde, wird dagegen stets seine Wertschätzung bieten.



Kooperiert Bieter 1 in der ersten Auktion so stellt Kooperation von Bieter 2 in der zweiten Auktion eine optimale Antwort dar. Weicht Bieter 1 in der ersten Auktion von der Kollusionsstrategie ab, so ist Abweichen für Bieter 2 eine beste Antwort. Verwendet Bieter 2 diese Strategie, so ist es für Bieter 1 optimal, in der ersten Auktion gemäß der Kollusionsvereinbarung zu bieten. Damit ist der kollusive Auszahlungsvektor (70,30) als teilspielperfektes Gleichgewicht implementierbar und die Behauptung bewiesen, daß es Situationen gibt, bei denen Kollusion in der simultanen Zweitpreisauktion kein Gleichgewicht darstellt, während Kollusion in der sequentiellen Auktion als Gleichgewicht implementiert werden kann. ■

Wird im Beispiel dagegen zunächst Gut 2 verkauft, so stellt das Kollusionsergebnis kein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Um dieses zu veranschaulichen, sei erneut der Spielbaum dargestellt.



Falls Bieter 2 in der ersten Auktion kooperiert und kein Gebot abgibt, so hat Bieter 1 in der zweiten Auktion den Anreiz, von der Kollusionsstrategie abzuweichen und auch noch Gut 1 zu ersteigern. Um eine Kollusion zu verhindern, sollte der Auktionator somit zunächst Gut 2 und anschließend Gut 1 versteigern. Allgemein kommt ein solches Ergebnis dadurch zustande, daß stärkere Bieter mit höheren Wertschätzungen nur in frühen Auktionen einen Anreiz haben, zu kooperieren und auf Gebote zu verzichten, weil sie auf die Kooperation der schwächeren Bieter mit eher geringen Wertschätzungen in späteren Auktionen angewiesen sind und wissen, daß sie von den schwächeren Bietern dort nicht überboten werden können. In späteren Auktionen fehlt den stärkeren Bietern dagegen der Anreiz zur Kooperation und sie werden die schwächeren Bieter überbieten. Da sie keine Möglichkeit haben, sich an die Einhaltung der Kollusionsvereinbarung in späteren Auktionen zu binden, ist die Kollusion nicht als Gleichgewicht durchsetzbar. Im allgemeinen sollte ein Auktionator demnach, um die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion zu verringern, zunächst die Güter versteigern, welche die Bieter mit den höheren Wertschätzungen bevorzugen.

Bisher wurden Kollusionsstrategien in Zweitpreisauktionen untersucht, bei denen die ausgewählten Bieter Gebote in Höhe ihrer Wertschätzungen abgeben. Es wurde dargelegt, daß eine solche Kollusion nur unter bestimmten Umständen als teilspielperfektes Gleichgewicht implementierbar ist. Von Ungern-Sternberg (1988) zeigt jedoch eine weitere Form der Kollusion in der Zweitpreisauktion auf. Bei dieser Kollusionsform gibt der jeweils für ein Gut ausgewählte Bieter ein Gebot ab, welches über der höchsten Wertschätzung aller Bieter liegt. Es läßt sich folgendes zeigen:

SATZ: *In erweiterten Zweitpreisauktionen stellt Kollusion, bei welcher der jeweils ausgewählte Bieter ein Gebot abgibt, das über der höchsten Wertschätzung aller Bieter liegt, stets ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar.*

BEWEIS: Wenn der Bieter, dem das jeweilige Gut j zugesprochen wurde, ein Gebot oberhalb der höchsten Wertschätzung v_H^j abgibt, und alle anderen an der Kollusion beteiligten Bieter für dieses Gut kein Gebot abgeben, so hat kein Bieter einen Anreiz, seine Strategie zu ändern: Die anderen Kollusionsbieter könnten das Gut nur durch ein Gebot oberhalb des Gebotes des ausgewählten Bieters ersteigern. Da sie dann aber das Gebot des ausgewählten Bieters zahlen müßten und dieses über ihrer Wertschätzung

liegt, erhielten sie eine negative Auszahlung. Auch der ausgewählte Bieter kann sich durch Abgabe eines anderen Gebotes nicht verbessern, da er bei der Kollusion als Preis für das Gut in jedem Fall die höchste Wertschätzung der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter v_S^j zahlen muß. Diese Argumentation gilt gleichermaßen für sequentielle wie simultane Zweitpreisauktionen. ■

Im Gegensatz zu der zuerst dargestellten Form der Kollusion ist durch diese Strategie die Kollusion auch dann als Gleichgewicht durchsetzbar, wenn der für ein Gut j ausgewählte Bieter i nicht die höchste Wertschätzung für das Gut besitzt ($v_i^j < v_H^j$). In diesem Fall ist das Gleichgewicht jedoch nicht trembling-hand perfekt: Angenommen, es besteht nur eine minimale Wahrscheinlichkeit η , daß der Bieter mit der höchsten Wertschätzung v_H^j sich nicht an die Absprache hält, kein Gebot abzugeben, und statt dessen seine Wertschätzung v_H^j bietet. Der ausgewählte Bieter würde bei Abgabe eines Gebotes oberhalb der höchsten Wertschätzung v_H^j dann eine erwartete Auszahlung von $U = \eta(v_i^j - v_H^j) + (1 - \eta)(v_i^j - v_S^j)$ erhalten. Gibt der ausgewählte Bieter dagegen ein Gebot in Höhe seiner Wertschätzung v_i^j ab, so erhält er eine erwartete Auszahlung von $U' = \eta \cdot 0 + (1 - \eta)(v_i^j - v_S^j)$. Da $v_i^j < v_H^j$ gilt, ist die Auszahlung U' für alle $\eta > 0$ höher als die Auszahlung U . Damit ist das dargestellte Kollusionsgleichgewicht nicht trembling-hand perfekt.

Die Durchsetzbarkeit der Kollusion wird nur dadurch erreicht, daß der ausgewählte Bieter eine schwach dominierte Strategie spielt. Bei der simultanen Abgabe der Gebote aller an der Kollusion beteiligten Bieter ist das Spielen einer schwach dominierten Strategie nicht plausibel. Kann der ausgewählte Bieter sich jedoch glaubhaft auf das hohe Gebot festlegen, indem er beispielsweise seine Gebote zuerst abgibt und die anderen an der Kollusion beteiligten Bieter diese kennen, so ist das Kollusionsgleichgewicht plausibel. Diese Form der Kollusion ist jedoch auch dann problematisch, wenn, wie in der Realität oftmals der Fall, die Wertschätzungen der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter unbekannt sind und diese Bieter mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit Gebote abgeben, die zwischen dem Gebot des ausgewählten Bieters und seiner Wertschätzung liegen. Auch in diesem Fall würde der ausgewählte Bieter mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eine negative Auszahlung erhalten.

4.3.2.4 Kollusion in erweiterten Englischen Auktionen

SATZ: *In sequentiellen Englischen Auktionen ergeben sich die gleichen Ergebnisse wie in sequentiellen Zweitpreisauktionen bei Verwendung der ersten Kollusionsform, in welcher der ausgewählte Bieter jeweils seine Wertschätzung bietet: Kollusion ist nur unter bestimmten Umständen als teilspielperfektes Gleichgewicht implementierbar. In der simultanen Englischen Auktion dagegen ist ein Kollusionsergebnis im Kern stets auch als Gleichgewicht durchsetzbar.*

BEWEIS: Zunächst wird der Fall betrachtet, bei dem die Güter sequentiell versteigert werden. Die Kollusionsstrategie sieht vor, daß nur der jeweils für ein Gut ausgewählte Bieter bis zu seiner eigenen Wertschätzung bietet, während alle anderen an der Kollusion beteiligten Bieter für dieses Gut kein Gebot abgeben. Weicht ein Bieter von der Kollusionsvereinbarung ab und versucht, ein zusätzliches Gut zu ersteigern, so wird der ausgewählte Bieter bis zu seiner Wertschätzung mitbieten.⁴⁸ Ein abweichender Bieter muß, um das zusätzliche Gut zu ersteigern, somit die Wertschätzung des ausgewählten Bieters zahlen. Daher kann der Beweis zur sequentiellen Zweitpreisauktion übernommen werden: Kollusion stellt ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar, wenn jeweils die Bieter mit den höchsten Wertschätzungen die Güter zugesprochen bekommen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist Kollusion nur in bestimmten Fällen als Gleichgewicht durchsetzbar.

In der simultanen Englischen Auktion⁴⁹ kann ein Kollusionsergebnis im Kern stets auch als teilspielperfektes Gleichgewicht implementiert werden. Falls die Bieter Trigger-Strategien benutzen und beim Abweichen eines Bieters von der Kollusionsstrategie sofort Gebote in Höhe ihrer Wertschätzungen abgeben, so stellen die Kollusionsstrategien ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Dieses ist deshalb der Fall, weil ein Abweichen des Bieters bei *einem* Gut stets mit Vergeltungsgeboten auf *alle* Güter beantwortet wer-

⁴⁸ Eine vorherige Festlegung auf das Bieten der höchsten Wertschätzung aller Kollusionsbieter, wie in der zweiten Kollusionsform in den sequentiellen Zweitpreisauktionen, ist in der Englischen Auktion nicht möglich.

⁴⁹ Weitere Analysen zur Kollusion in der mehrstufigen simultanen Auktion finden sich bei Milgrom (2000), Brusco und Lopomo (1999) oder Bolle (1996). Bolle trifft leicht modifizierte Annahmen über die Auktionsregeln (zum Beispiel sind identische Gebote möglich mit anschließender Randomisierung, um den Gewinner zu ermitteln) und analysiert ebenfalls, ob Kollusion ein teilspielperfektes Gleichgewicht darstellt.

den kann. Als Folge des Abweichens ergibt sich somit das Wettbewerbsgleichgewicht. Da jedes Kollusionsergebnis im Kern die Kollusionsbieter jedoch besser stellt als im Wettbewerbsgleichgewicht, lohnt sich ein Abweichen von der Kollusionsstrategie nicht. ■

Anders als in den bisher behandelten Auktionsformen kann in der simultanen Englischen Auktion ein kollusives Auktionsergebnis auch ohne vorherige Absprachen erreicht werden. In den anderen Auktionsformen muß die Koordination, welcher Bieter für welches Gut bieten soll, vor der eigentlichen Auktion geschehen. Koordinieren die Bieter ihre Gebote nicht, so besteht die Gefahr, daß sie für dasselbe Gut bieten und sich ihre Auszahlung erheblich vermindert. In der simultanen Englischen Auktion kann dieses Koordinationsproblem jedoch ohne explizite Absprachen während der Auktion gelöst werden.

Ein Beispiel soll dies verdeutlichen. Angenommen, zwei Güter werden an zwei Bieter versteigert. Die Bieter haben eine identische Wertschätzung v für beide Güter. In einer Zweitpreisauktion wäre eine vorherige Absprache notwendig, um ein kollusives Ergebnis zu erzielen. In der simultanen Englischen Auktion stellen jedoch folgende Strategien ein teilspielperfektes Nash-Gleichgewicht dar (aus der Sicht eines Bieters dargestellt):

1. *Gebe in der ersten Runde für ein Gut ein Gebot in Höhe des Reservationspreises ab.*
2. *Falls der andere Bieter nur ein Gebot für das andere Gut abgegeben hat, so gebe in der zweiten Runde kein neues Gebot ab.*
3. *Falls der andere Bieter nur ein Gebot für dasselbe Gut abgegeben hat, gibt es zwei Möglichkeiten:*
 - a. *Falls der andere Bieter sein Gebot zuerst abgegeben hat oder das Gebot höher als das eigene ist und er damit der aktuelle Höchstbieter ist, so gebe in der zweiten Runde für das andere Gut ein Gebot in Höhe des Reservationspreises ab.*
 - b. *Falls das eigene Gebot zuerst abgegeben wurde, so gebe in der zweiten Runde kein neues Gebot ab.*
4. *Falls der andere Bieter in irgendeiner Runde zwei Gebote abgibt oder ein Gebot für das Gut abgibt, wo man selber vorher der Höchstbieter war, so biete in der nächsten Runde für beide Güter jeweils die eigene Wertschätzung v .*

Verwenden beide Bieter diese Strategie, so stellt die resultierende Strategiekombination ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar. Es ergibt sich eine Koordination der Gebote in maximal zwei Bietrunden: Geben beide Bieter in der ersten Runde ihre Gebote auf unterschiedliche Güter ab, so ist die Koordination bereits in der ersten Runde erfolgreich und die Auktion endet nach der nächsten Runde, da kein Bieter ein neues Gebot abgibt. Haben die Bieter in der ersten Runde dagegen ihre Gebote auf das gleiche Gut abgegeben, so bietet der Bieter, welcher nicht der aktuelle Höchstbieter ist, in der nächsten Runde auf das andere Gut, während der andere Bieter kein neues Gebot abgibt. Nach der zweiten Runde ist die kollusive Aufteilung der Güter erfolgreich und die Auktion endet ohne weitere Gebote der Bieter in der nächsten Runde. Keiner der Bieter hat einen Anreiz, auch noch das andere Gut zu ersteigern, da der Konkurrent darauf reagieren und die Preise beider Güter in die Höhe treiben würde.

Dieses ist jedoch nur eine Möglichkeit von kollusiven Gleichgewichtsstrategien. Eine andere, wohl bereits in der Praxis angewandte Koordinationsmöglichkeit, wird in Abschnitt 5.2.1 vorgestellt. Zudem können die Bieter ihre Gebote auch auf einen anderen Preis als den Reservationspreis koordinieren. Der entscheidende Vorteil ist bei allen Strategien derselbe: Es sind keine expliziten Absprachen darüber notwendig, wer für welches Gut ein Gebot abgibt. Der Auktionsmechanismus selber beinhaltet die Möglichkeit zur Koordination der Gebote und ist geeignet, ein Ergebnis zu erzielen, das in anderen Auktionsformen nur durch eine explizite Absprache zustande kommen kann. Bei unvollständiger Information über die Präferenzen ist es zudem möglich, daß Bieter ihre Präferenzen durch ihre Gebote in der Auktion den anderen Bietern „mitteilen“, ohne dabei durch zu hohes Bieten ihre Überschüsse zu schmälern. Somit ist die simultane Englische beziehungsweise mehrstufige simultane Auktion von allen Auktionsformen am anfälligsten für Kollusion.

4.3.3 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von der Güterbündelung

Neben der Wahl der Auktionsform stellt sich für den Verkäufer mehrerer Güter die Frage, wie er diese Güter in der Auktion bündeln soll. Soll er die Güter in wenigen großen Paketen anbieten oder in möglichst kleinen Einheiten verkaufen? Drei wesentliche Faktoren müssen bei dieser Entscheidung berücksichtigt werden.

Der erste Faktor ist die Interdependenz der Güter: Um eine effiziente Allokation und einen hohen Erlös zu erzielen, ist es für den Verkäufer im allgemeinen sinnvoll, substitutive Güter einzeln anzubieten, während komplementäre Güter als Bündel angeboten werden können. Werden dagegen substitutive Güter gebündelt, so ist die Wertschätzung der Bieter für dieses Güterbündel geringer als die Summe der Wertschätzungen für die einzelnen Güter. Durch den gemeinsamen Verkauf wird die Effizienz gemindert. Werden hingegen Güter, die für einige Bieter Komplemente darstellen, einzeln angeboten, so ist es möglich, daß kein Wettbewerbsgleichgewicht existiert beziehungsweise es besteht die Gefahr, daß ein Bieter zuviel bietet und eine negative Auszahlung erhält, wenn er keine vollständige Aggregation der komplementären Güter ersteigern kann (Exposure-Problem). Milgrom (2000) gibt hierzu eine theoretische Analyse. Cramton et al. (1997b) diskutieren dieses Problem im Hinblick auf das konkrete Design von Frequenzauktionen.

Zum zweiten kann es bei der Entscheidung über die Güterbündelung einen Konflikt zwischen dem Ziel der Effizienz des Auktionsergebnisses und dem Ziel der Erlösmaximierung geben. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen. Angenommen zwei Bieter haben folgende Wertschätzungen für zwei Güter:

	Gut 1	Gut 2
Bieter 1	90	60
Bieter 2	70	70

Werden die Güter einzeln angeboten, so erhält im Wettbewerbsgleichgewicht Bieter 1 das erste Gut zu einem Preis von 70 und Bieter 2 das zweite Gut zu einem Preis von 60. Das Auktionsergebnis ist effizient, da es keine andere Allokation gibt, bei der die Summe der Wertschätzungen der erfolgreichen Bieter höher ist. Der Auktionserlös entspricht der Summe der zweithöchsten Wertschätzungen von $70 + 60 = 130$. Werden dagegen die beiden Güter gebündelt und gemeinsam versteigert, so wird Bieter 1 dieses Bündel ersteigern und dafür einen Preis in Höhe von $70 + 70 = 140$ zahlen müssen. Der Auktionserlös ist höher als bei der Auktion ohne Güterbündelung, die Allokation der beiden Güter ist jedoch ineffizient.

Der dritte Faktor bei der Entscheidung über die optimale Güterbündelung ist die Kollusionsanfälligkeit der Auktion. Im obigen Beispiel ist eine Kollusion der Bieter möglich, wenn die Güter einzeln versteigert werden. Werden die Güter dagegen gebündelt angeboten, so ist eine Kollusion ohne Seitenzahlungen - wenn von der Möglichkeit identischer Gebote abgesehen wird - nicht zu erreichen.

Allgemein kann die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion beurteilt werden, indem geprüft wird, inwieweit bei verschiedenen Bündelungen der Güter ein Kollusionsergebnis im Kern existiert. In der Realität sind dem Auktionator die zur Prüfung notwendigen Wertschätzungen der Bieter jedoch oftmals unbekannt. Im folgenden wird deshalb die Kollusionsanfälligkeit für die Situation untersucht, daß die Bieter identische - aber nicht unbedingt dem Auktionator bekannte - Wertschätzungen für die Güter haben. In einem einfachen Modell wird gezeigt, wie eine geeignete Bündelung der Güter eine Kollusion der Bieter verhindern oder die Fairneß des Kollusionsergebnisses beeinflussen kann.

Die Modellannahmen sind folgende: Der Verkäufer möchte ein kontinuierliches Gut der Größe 1 mit Hilfe einer mehrstufigen simultanen Auktion verkaufen. Er kann dieses Gut in t einzelne Anteile aufteilen. Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die Aufteilung so erfolgt, daß jeder Anteil die gleiche Größe $1/t$ hat. An der Auktion nehmen n symmetrische Bieter teil. Die Wertschätzung eines Bieters für ein Anteil der Größe x ist durch die Funktion $v(x) = x^\alpha$ (mit $\alpha > 0$) gegeben. Drei charakteristische Situationen können unterschieden werden. Für $\alpha = 1$ gilt $v(x) + v(y) = v(x + y)$ und die Anteile sind neutral. Für $\alpha > 1$ sind die Anteile komplementär, das heißt $v(x) + v(y) < v(x + y)$. Für $0 < \alpha < 1$ stellen die Anteile Substitute dar. Die Wertschätzungen sind gemeinsames Wissen aller Bieter. Wie schon im vorherigen Abschnitt sind keine Mechanismen möglich, die eine randomisierte Auswahl des Auktionsgewinners ermöglichen, wie beispielsweise die Abgabe von identischen Geboten. Als Maß für die Effizienz des Auktionsergebnisses dient die Summe der Wertschätzungen der erfolgreichen Bieter für die ersteigerten Güter.

Neutrale Güter

Zunächst wird die Auswirkung der Güterbündelung für den Fall untersucht, daß $\alpha = 1$ gilt und die Wertschätzungen damit gemäß der Funktion $v(x) = x$ gegeben sind. Die

Kollusionsanfälligkeit der Auktion hängt von der Aufteilung des Gutes und der Zahl der an der Auktion beteiligten Bieter ab. Ist die Zahl der Anteile t geringer als die Zahl der Bieter n , so ist eine Kollusion niemals möglich. Bei jeder möglichen Allokation der Anteile unter den Bietern zu einem Preis von $p < 1/t$ erhalten mindestens $n - t$ Bieter keinen Anteil und damit auch keine positive Auszahlung. Sie haben daher keinen Nutzen von der Teilnahme an der Kollusion und werden ihre Gebote erhöhen. Als Ergebnis ergibt sich das Wettbewerbsgleichgewicht, bei dem jedes Gut zu einem Preis von $p = 1/t$ verkauft wird. Der Verkäufer erhält einen Erlös von 1.

Ist die Zahl der Anteile gleich der Zahl der Bieter, so ist die Kollusion aller Bieter im Kern und als teilspielperfektes Gleichgewicht implementierbar. Diese Kollusion ist so beschaffen, daß jeder Bieter für genau einen Anteil $1/t$ das geringste mögliche Gebot abgibt. Falls vom Verkäufer kein Reservationspreis gesetzt wird, kann jeder an der Kollusion beteiligte Bieter eine Auszahlung von $1/t$ erhalten. Der Verkäufer erhält dagegen einen Erlös von 0. Das Ergebnis ist effizient, da die Summe der Wertschätzungen der erfolgreichen Bieter der maximalen möglichen Summe der Wertschätzungen von 1 entspricht. Das Kollusionsergebnis hat zudem die Eigenschaft, daß kein Bieter einen anderen beneidet, da alle Bieter einen gleich großen Anteil erhalten.

Ist die Zahl der Anteile größer als die Zahl der Bieter, so ist eine Kollusion der Bieter ebenfalls möglich, wenn jeder Bieter mindestens einen Anteil erhält. Allerdings gibt es in diesem Fall mehrere Möglichkeiten, die Anteile unter den Bietern aufzuteilen. Gilt beispielsweise $t = n + 1$, so erhält genau ein Bieter zwei Anteile, falls die an der Kollusion beteiligten Bieter ihre Auszahlungen maximieren. Alle anderen Bieter werden diesen Bieter beneiden. Durch den möglichen Konflikt darüber, wer der bevorzugte Bieter sein sollte, ist die Kollusion schwieriger zu realisieren. Eine faire Kollusion der Bieter bei einer Maximierung ihrer Auszahlung ist genau dann möglich, wenn die Zahl der Anteile ein Vielfaches der Bieterzahl beträgt, das heißt $t = l \cdot n$, mit $l \in \mathbb{N}$.

Wenn diese Bedingung nicht gegeben ist, können die Bieter jedoch trotzdem eine faire Kollusion realisieren, allerdings nur bei verminderter Auszahlung der Bieter. Bei $t = n + 1$ beispielsweise ist es möglich, daß jeder Bieter genau auf einen Anteil bietet und ein Anteil nicht verkauft wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß der Bieter, der zwei Anteile bekommt, ein höheres Gebot für diese abgibt. Bietet er für jeden

der beiden Anteile $b = 1/2t$, so erhält er eine Auszahlung von $2 \cdot 1/t - 2 \cdot 1/2t = 1/t$ und somit die gleiche Auszahlung wie die Bieter, die nur ein Gut erhalten. Damit wird der Bieter nicht mehr beneidet. Allerdings wird die Fairneß auf Kosten einer verminderten Auszahlung der Bieter realisiert.⁵⁰

Aus Sicht des Verkäufers ist insbesondere die scharfe Diskontinuität der Kollusionsanfälligkeit an der Stelle $t = n$ bedeutend. Sind n Bieter mit ähnlichen Wertschätzungen ernsthaft an dem Kauf der Güter interessiert, so ist eine Kollusion niemals möglich, wenn die Zahl der Anteile geringer ist als die Zahl der Bieter. Dies gilt demnach auch für $t = n - 1$. Wird davon ausgehend die Zahl der Anteile um eins erhöht, so ist eine faire Kollusion aller Bieter möglich. Der Erlös des Verkäufers sinkt in diesem Modell vom maximalen Erlös von 1 auf das Minimum von 0. Diese Diskontinuität sollte der Verkäufer in der Praxis in seine Entscheidung über die optimale Güterbündelung einbeziehen und, um eine Kollusion zu verhindern, die Güter so verkaufen, daß die Zahl der Anteile geringer ist als die Zahl der ernsthaft interessierten Bieter.⁵¹

Komplementäre Güter

Im folgenden wird der Fall komplementärer Güter betrachtet, das heißt $v(x) = x^\alpha$ mit $\alpha > 1$. Falls die Anzahl der Anteile t geringer ist als die Zahl der Bieter n , ergibt sich keine Kollusionsmöglichkeit. Da bei jeder kollusiven Aufteilung der Güter unterhalb der individuellen Wertschätzungen mindestens ein Bieter keinen Anteil erhält, wird dieser seine Gebote erhöhen und damit eine erfolgreiche Kollusion verhindern. Im Wettbewerbsgleichgewicht wird ein Bieter sämtliche t Anteile ersteigern und dafür insgesamt einen Preis in Höhe seiner Wertschätzung zahlen. Das Auktionsergebnis ist effizient und der Erlös des Verkäufers wird maximiert.

⁵⁰ Auch bei unterschiedlicher Größe der Anteile können Gebote in unterschiedlicher Höhe sinnvoll sein, um die Fairneß der Kollusion sicherzustellen. Siehe hierzu auch das in Abschnitt 5.2.1 beschriebene Bietverhalten in der GSM-1800er Auktion.

⁵¹ Diese Überlegung war beispielsweise bei der Vergabe der UMTS-Lizenzen in Deutschland angebracht, bei im August 2000 maximal sechs Lizenzen angeboten wurden. Von zunächst 12 interessierten Bietern haben letztendlich 7 Bieter an der Auktion teilgenommen. In der Auktion stiegen die Gebote bis auf eine Gesamtsumme von 99 Mrd. DM. Wäre dagegen vor der Auktion nur noch ein weiterer Bieter ausgestiegen und wäre die Zahl der Bieter damit auf sechs gesunken, so wäre eine Aufteilung der Lizenzen zu einem Gesamtpreis wahrscheinlich gewesen, der die Summe der Reservationspreise von 1,45 Mrd. DM nicht wesentlich überstiegen hätte.

Ist die Anzahl der Anteile t dagegen gleich der Zahl der Bieter n , so ist eine faire Kollusion der Bieter möglich. Jeder Bieter erhält einen Anteil von $1/t$ und einen Überschuß von $v(1/t) = (1/t)^\alpha$. Der Verkäufer erhält einen Erlös von Null. Die Summe der Wertschätzungen im Kollusionsergebnis beträgt $n \cdot (1/t)^\alpha = t^{1-\alpha}$ und ist damit geringer, als das Maximum von 1, wenn ein Bieter sämtliche t Anteile erhält. Im Gegensatz zur Kollusion bei neutralen Gütern ist bei komplementären Gütern das Auktionsergebnis bei Kollusion ineffizient.⁵² Auch wenn die Anzahl der Anteile größer als die Zahl der Bieter ist, bleibt eine Kollusion möglich mit negativen Folgen für den Erlös und die Effizienz des Auktionsergebnisses. Bei komplementären Gütern besteht somit neben dem durch eine Kollusion verminderten Erlös ein weiterer Grund zu einer verstärkten Bündelung der Güter. Im Falle einer Kollusion sinkt die Effizienz des Auktionsergebnisses.

Substitutive Güter

Im Fall substitutiver Güter ist die Wertschätzungsfunktion der Bieter durch $v(x) = x^\alpha$ mit $0 < \alpha < 1$ gegeben. Wiederum ist keine Kollusion möglich, wenn $t < n$, da in jeder Allokation mindestens ein Bieter keinen Anteil erhält und seine Gebote weiter erhöhen wird. Im Wettbewerbsgleichgewicht erhalten t Bieter je einen Anteil der Größe $1/t$. Die Summe der Wertschätzungen und Gebote aller erfolgreichen Bieter ergibt sich als $t \cdot (1/t)^\alpha = t^{1-\alpha}$ und steigt mit der Anzahl der Anteile t . Der Verkäufer erhöht somit durch eine feinere Aufteilung der Güter seinen Erlös und die Effizienz des Auktionsergebnisses. Falls die Anzahl der Anteile t der Bieterzahl n entspricht, so ist wiederum eine faire Kollusion aller Bieter möglich. Der Verkäufer erhält zwar einen Erlös von 0, jedoch ist das Auktionsergebnis effizient, da es keine Allokation gibt, bei der die Summe der Wertschätzungen der erfolgreichen Bieter höher ist. Bei einer größeren Zahl von Anteilen ist eine Kollusion ebenfalls möglich. Allerdings sind Neidfreiheit und maximale Effizienz nur bei $t = l \cdot n$ mit $l \in \mathbb{N}$ gegeben.

⁵² Zudem ist die Auszahlung eines Bieters im Kollusionsergebnis wesentlich geringer als wenn neutrale Güter vergeben werden. Dies kann dazu führen, daß die Kollusion nicht mehr im Kern ist, falls die Bieter unterschiedliche Wertschätzungen haben. Außerdem ist bei komplementären Gütern und identischen Wertschätzungen der Bieter unter bestimmten Bedingungen eine Kollusion, unabhängig von der Aufteilung der Güter, niemals möglich. Angenommen, ein kleiner Anteil des Gutes hat alleine keinen Wert und ab einer bestimmten Größe steigt der Wert proportional zur Größe, das heißt $v(x < \alpha) = 0$ und $v(x \geq \alpha) = x$. Falls nun $n > 1/\alpha$ gilt, so ist bei keiner Aufteilung der Anteile eine Kollusion möglich, da in jeder kollusiven Allokation mindestens ein Bieter keine positive Auszahlung erhält.

Bei substitutiven Gütern erhöht somit eine feinere Aufteilung der Güter den Erlös des Verkäufers wie auch die Effizienz des Auktionsergebnisses, solange die Anzahl der Anteile geringer als ist die Anzahl der Bieter. Im Gegensatz zu komplementären Gütern wird durch eine noch feinere Aufteilung die Effizienz nicht wesentlich gemindert.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse seien die Effizienz des Auktionsergebnisses und der Erlös des Auktionators in Tabelle 9 für die Bieterzahl $n = 4$ dargestellt. Bei den ermittelten Werten wird davon ausgegangen, daß die Bieter kollusiv bieten, wenn dieses möglich ist. Die wichtigsten Annahmen, die diesem Modell zugrunde liegen, sind identische Wertschätzungen der Bieter, vollständige Information und die Aufteilung der Güter in gleich große Anteile.

t	Neutrale Güter		Komplemente, $\alpha = 2$		Substitute ⁵³ , $\alpha = 0,5$		Kollusion?
	Erlös	Effizienz	Erlös	Effizienz	Erlös	Effizienz	
1	1	1	1	1	0,50	0,50	NEIN
2	1	1	1	1	0,71	0,71	NEIN
3	1	1	1	1	0,87	0,87	NEIN
4	0	1	0	0,25	0	1,00	JA
5	0	1	0	0,28	0	0,99	JA
6	0	1	0	0,28	0	0,99	JA
7	0	1	0	0,28	0	0,99	JA
8	0	1	0	0,25	0	1,00	JA

Tabelle 9: Auktionsergebnis bei $n=4$

Die Tabelle macht deutlich, daß eine Kollusion nicht möglich ist, wenn die Zahl der Güter geringer ist als die Zahl der Bieter. Während bei neutralen Gütern und Komplementen der Erlös und die Effizienz nicht von der Anzahl der Güter abhängen, steigt bei substitutiven Gütern der Erlös des Verkäufers und die Effizienz des Auktionsergebnisses mit der Zahl der Güter. Ist die Anzahl der Güter gleich oder größer als die Anzahl der Bieter, so sinkt der Erlös des Verkäufers durch eine Kollusion auf Null. Während bei neutralen und substitutiven Gütern die Effizienz des Auktionsergebnisses durch die Kollusion nicht beziehungsweise nur unwesentlich sinkt, wird bei komplementären Gütern die Effizienz des Auktionsergebnisses durch die Kollusion deutlich vermindert.

⁵³ Normiert auf eine maximale Summe der Wertschätzungen von 1, d.h. $v_i(x) = 0,5 \cdot x^{0,5}$.

4.3.4 Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit vom Reservationspreis

Neben der Wahl der Auktionsform und der Bündelung der Güter hat der Verkäufer die Möglichkeit, einen Reservationspreis festzulegen, um die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion zu beeinflussen. Durch einen hohen Reservationspreis verringern sich die Möglichkeiten der Bieter, kollusive Auktionsergebnisse zu erzielen, und die Erlösmin- derung des Verkäufers bei einer erfolgreichen Kollusion fällt geringer aus. Allerdings besteht bei einem hohen Reservationspreis auch stets die Gefahr, daß dieser über die höchste Wertschätzung der Bieter angehoben wird und das Gut damit überhaupt nicht verkauft wird. Im folgenden soll anhand eines Beispiels gezeigt werden, daß Kollusion ohne Seitenzahlungen in bestimmten Situationen jedoch bereits verhindert werden kann, wenn der Reservationspreis weit unter den Wertschätzungen der Bieter liegt. Ange- nommen, drei Bieter bieten für drei Güter. Die Wertschätzungen sind wie folgt gegeben:

	Gut 1	Gut 2	Gut 3
Bieter 1	100	100	100
Bieter 2	70	70	70
Bieter 3	60	60	60

Zunächst wird angenommen, daß der Reservationspreis Null beträgt. Das Wettbewerbs- gleichgewicht besteht darin, daß Bieter 1 alle drei Güter für einen Preis von 70 erstei- gert. Daraus folgt ein Auszahlungsvektor von $(90,0,0)$. Eine Koalition aus Bieter 1 und Bieter 2 kann kein Kollusionsergebnis im Kern erreichen. Da jeder der beiden Bieter mindestens ein Gut bekommen muß und sie den Preis für ein Gut nur auf 60 senken können, sind maximal die Auszahlungsvektoren $(80,10,0)$ und $(40,20,0)$ möglich. Bieter 1 kann sich demgegenüber durch alleiniges Bieten besserstellen. Schließen sich dagegen alle drei Bieter zusammen, so erhält jeder Bieter genau ein Gut zu einem Preis von Null und es ergibt sich ein Auszahlungsvektor von $(100,70,60)$, der im Kern liegt. Eine Kol- lusion aller drei Bieter ist demnach möglich.

Der Verkäufer kann jedoch eine Kollusion bereits mit einem Reservationspreis von 11 verhindern. Bei diesem Reservationspreis würde eine Kollusion aller drei Bieter zu ei- nem Auszahlungsvektor von $(89,59,49)$ führen. Dieser Auszahlungsvektor liegt nicht im

Kern, da Bieter 1 im Wettbewerbsgleichgewicht besser gestellt ist. Bei einem Reservationspreis von 11 ist demnach keine Kollusion ohne Seitenzahlungen möglich.

Dieses Beispiel zeigt, daß in bestimmten Situationen eine Kollusion bereits mit einem im Vergleich zu den Wertschätzungen geringen Reservationspreis verhindert werden kann, ohne daß die Gefahr besteht, mit diesem Reservationspreis über den Wertschätzungen der Bieter zu liegen.

4.3.5 Zusammenfassung und Erweiterungen

Es wurde gezeigt, welches die Kriterien für die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion sind und wie der Verkäufer diese durch die Wahl der Auktionsform, die Entscheidung über die Bündelung der Güter und die Festlegung des Reservationspreises beeinflussen kann. Es wurde aber auch deutlich, daß der Erfolg dieser Maßnahmen von den Angebots- und Nachfragebedingungen der Versteigerungssituation, das heißt von der Anzahl und Art der angebotenen Güter sowie von der Zahl der Bieter und ihren Wertschätzungen für die Güter abhängt. Insofern sollten praktische Empfehlungen für den Verkäufer immer im Hinblick auf die konkrete Versteigerungssituation gegeben werden.

Zwei wichtige Erweiterungen sind denkbar. Die Ergebnisse der Analyse von Kollusion in Auktionen für mehrere Güter wurden unter der Annahme erzielt, daß die Wertschätzungen allen Bietern bekannt sind. Wenn dagegen die Wertschätzungen der Bieter deren private Information darstellen, ist zu vermuten, daß eine Kollusion schwieriger zu realisieren wäre, da die Bieter zusätzlich das Problem der asymmetrischen Information zu lösen hätten. Andererseits kann aufgrund dieser Unsicherheit eine Kollusion auch eher zustande kommen. Angenommen, in einem 2-Bieter-2-Güter-Modell haben beide Bieter folgende Wertschätzungen:

	Ein Gut	Beide Güter
Bieter 1	v_1	$2 \cdot v_1$
Bieter 2	v_2	$2 \cdot v_2$

Diese Wertschätzungen seien gemäß den Verteilungsfunktionen F_1 und F_2 verteilt, die zugehörigen Dichtefunktionen seien f_1 und f_2 . Der Verkäufer verwendet eine Zweitpreisauktion mit einem Reservationspreis von Null. Bieter 1 wird sich genau dann auf eine Kollusion einlassen, wenn der Kollusionsüberschuß durch Ersteigern eines Gutes größer ist als sein erwarteter Überschuß im Wettbewerbsgleichgewicht:

$$v_1 > 2 \cdot (v_1 - \mathbb{E}[v_2 | v_2 < v_1]) \cdot \text{Prob}[v_2 < v_1]$$

$$v_1 > 2 \cdot \left(v_1 - \frac{1}{F_2(v_1)} \cdot \int_0^{v_1} t \cdot f_2(t) dt \right) \cdot F_2(v_1)$$

$$v_1 > 2 \cdot \left(v_1 \cdot F_2(v_1) - \int_0^{v_1} t \cdot f_2(t) dt \right).$$

Bei einer uniformen Verteilung der Wertschätzungen beider Bieter im Intervall $[0,1]$ ergibt sich als Bedingung:

$$v_1 > 2 \cdot \left(v_1 \cdot v_1 - \int_0^{v_1} t \cdot 1 dt \right)$$

$$v_1 > 2 \cdot \left(v_1^2 - \frac{1}{2} v_1^2 \right)$$

$$v_1 > v_1^2.$$

Diese Bedingung ist für alle $v_1 \in (0,1)$ erfüllt. Bei Annahme einer uniformen Verteilung der Wertschätzungen ist es für einen Bieter somit stets attraktiv, an der Kollusion teilzunehmen, wenn er die Wertschätzung des anderen Bieters nicht kennt.⁵⁴ Ist dagegen die Wertschätzung des anderen Bieters bekannt, so ist eine Kollusion für Bieter 1 nur dann von Vorteil, wenn die Bedingung $v_1 > 2 \cdot (v_1 - v_2)$ oder $2v_2 > v_1$ gilt. Bei vollständiger Information ist damit für bestimmte Wertschätzungen eine Kollusion nicht von Vorteil. Bei einer uniformen Verteilung der Wertschätzungen ist eine Kollusion somit wahrscheinlicher, wenn die Wertschätzungen der Bieter deren private Informationen darstellen.

⁵⁴ Dies gilt nicht allgemein: Für $F_2(v_2) = v_2^{0.5}$ beispielsweise wird sich Bieter 1 nur bei einer Wertschätzung von $v_1 < 9/16$ auf eine Kollusion einlassen.

Die zweite denkbare Erweiterung der Modelle⁵⁵ besteht darin, zu untersuchen, durch welche Mechanismen die Bieter die konkrete Aufteilung der Güter erreichen können. Stellt sich bei vollständiger Information das Problem, welches Kollusionsergebnis realisiert werden soll, falls der Kern mehrere Auszahlungsvektoren enthält, so haben die Bieter bei unvollständiger Information über die Wertschätzungen zusätzliche Probleme zu lösen. Kwasnica (1998) und Pesendorfer (2000) diskutieren anreizkompatible Mechanismen, die geeignet sind, eine Aufteilung der Güter auf die Bieter zu gewährleisten.

Bei unvollständiger Information ist zudem zu vermuten, daß der Nachteil der mehrstufigen simultanen Auktion⁵⁶ für den Verkäufer hinsichtlich der Anfälligkeit für Kollusion größer wird. Bei dieser Auktionsform haben die Bieter die Möglichkeit, bereits mit niedrigen Geboten den anderen Bietern ihre Präferenzen zu signalisieren, ohne dabei die Möglichkeit einer Kollusion aufgeben zu müssen. Bei den anderen Auktionsformen müssen die Bieter dagegen vor der eigentlichen Auktion das Problem der asymmetrischen Information überwinden. Brusco und Lopomo (1999) stellen ein Kollusionsmodell mit Signalisierung der Präferenzen im Rahmen der mehrstufigen simultanen Auktion vor.

⁵⁵ Zusätzliche Untersuchungsmöglichkeiten bestehen in einer allgemeinen Berücksichtigung der Interdependenzen der Wertschätzungen der Bieter.

⁵⁶ Bolle (1996, S. 15-17) zeigt die Möglichkeit eines kollusiven sequentiellen Gleichgewichts in einer mehrstufigen simultanen Auktion für zwei Güter unter unvollständiger Information auf.

5. ANWENDUNG: KOLLUSION IN AUKTIONEN ZUR FREQUENZVERGABE

Nachdem in den vorherigen Kapiteln Kollusion in Auktionen vom theoretischen Standpunkt aus untersucht wurde, wird in diesem Kapitel kollusives Verhalten in Auktionen zur Frequenzvergabe analysiert. Auktionsmechanismen zur Vergabe von Frequenzrechten wurden erstmals 1990 in Neuseeland verwendet. Den Durchbruch erzielte diese Art der Vergabe durch die Versteigerungen von Lizenzen in den USA.⁵⁷ Mit Hilfe eines neu entwickelten Auktionsverfahrens - der mehrstufigen simultanen Auktion - wurden im Juli 1994 zehn Schmalband-Paging-Lizenzen für rund 617 Mio. US-\$ und Anfang 1995 99 Breitband-PCS-Lizenzen⁵⁸ für rund 6,5 Mrd. US-\$ vergeben. Nicht nur das Interesse des Staates an hohen Auktionserlösen, sondern vor allem die theoretisch begründete Hoffnung auf ein effizientes und diskriminierungsfreies Vergabeverfahren haben zur Verbreitung dieser Auktionsform beigetragen.⁵⁹ Nach der erfolgreichen Anwendung in den USA werden Frequenzauktionen in zunehmenden Maße auch in Europa eingesetzt. In Deutschland wurden im Oktober 1999 zusätzliche Frequenzen für Mobilfunkanwendungen nach dem GSM-Standard⁶⁰ versteigert. In den Jahren 2000 und 2001 werden in vielen Ländern Lizenzen für die dritte Generation des Mobilfunks (UMTS / IMT 2000)⁶¹ vergeben. Großbritannien hat im März/April 2000 fünf Lizenzen für eine Summe von 22,477 Mrd. Britische Pfund versteigert. Im August 2000 wurden in Deutschland sechs Lizenzen für einen Gesamtpreis von 99,368 Mrd. DM vergeben.

Ziel der Auktionen ist es, über eine effiziente Allokation der Frequenzen die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt zu maximieren. Dieses Ziel wird jedoch nur erreicht, wenn alle Bieter ihre Gebote gemäß ihren individuellen Wertschätzungen abgeben. Kommt es dagegen zu einer Kollusion von Bietern, kann die Erreichung der Auktionsziele nicht mehr gewährleistet werden.

⁵⁷ Für eine Diskussion über Vor- und Nachteile des Auktionsverfahrens gegenüber anderen Vergabeverfahren siehe McMillan (1994), Afualo und McMillan (1997) und Genty (1998).

⁵⁸ Personal Communication Services.

⁵⁹ Eine Analyse der Entwicklung und Durchführung dieser Auktionen geben Cramton (1995), Cramton (1997), McAfee und McMillan (1996) und Milgrom (1995).

⁶⁰ GSM ist der Mobilfunkstandard der zweiten Generation in Europa.

⁶¹ Universal Mobile Telecommunications System, International Mobile Telecommunications 2000.

Es stellt sich daher die Frage, wie die Auktionen gestaltet werden müssen, um Kollusion zu verhindern. Die Frage wäre leicht zu beantworten, würde die Vermeidung von Kollusion das einzige Ziel sein. Wie im vorherigen Kapitel theoretisch gezeigt, ist bei Verwendung von erweiterten Erstpreisauktionen verbunden mit einer starken Bündelung der Frequenzen die Gefahr einer Kollusion am geringsten. Ein solches Auktionsdesign hätte jedoch gewichtige andere Nachteile, die eine effiziente Allokation der Frequenzen unmöglich machen würden (siehe auch Abschnitt 5.1). Daher ist es notwendig, das Problem differenziert zu betrachten. Zunächst stellt sich die Frage, welche Formen der Kollusion in der Praxis denkbar sind und wie diese die Zielerreichung beeinträchtigen. Anschließend ist zu ermitteln, unter welchen Bedingungen kollusives Bieterverhalten wahrscheinlich ist. Schließlich ist zu untersuchen, welche Maßnahmen der Auktionator zur Vermeidung einer Kollusion einsetzen kann und welche negativen Nebenwirkungen diese Maßnahmen haben. Das optimale Auktionsdesign ergibt sich letztendlich durch das sorgfältige Abwägen der verschiedenen Argumente.

Die Analyse in diesem Kapitel orientiert sich am beobachteten Verhalten der Bieter. Es ist weder eine vollständige theoretische Analyse, die aufgrund der Komplexität der Realität nicht zu leisten ist, noch eine empirische Untersuchung, da die Leistung einer Auktion aufgrund fehlender Informationen über die Wertschätzungen der Bieter nur schwer zu messen ist. Sie will allerdings der Politik Möglichkeiten aufzeigen, wie über die Veränderung von Auktionsregeln auch das Verhalten der Bieter verändert werden kann, um damit den Erfolg der Auktion zu gewährleisten. Für die Schwierigkeiten der Analyse vergleiche auch Cramton und Schwartz (1999, S. 3-4).

5.1 Grundlagen der Frequenzauktionen

Bevor auf Kollusion eingegangen wird, müssen einige Grundlagen der Frequenzauktionen dargestellt werden. Zunächst werden die Rahmenbedingungen hinsichtlich der zu vergebenden Frequenzen und der teilnehmenden Unternehmen betrachtet. Anschließend wird das staatliche Ziel der Wohlfahrtsmaximierung im Hinblick auf die Frequenzvergabe konkretisiert. Schließlich werden die Grundregeln der mehrstufigen simultanen Auktion dargestellt, wie sie ursprünglich in den USA entwickelt wurden und seitdem auch in vielen anderen Ländern angewendet werden.

5.1.1 Rahmenbedingungen der Frequenzvergabe

Bei der Entwicklung eines Auktionsmechanismus zur Frequenzvergabe sind bestimmte Rahmenbedingungen zu beachten. Die Vergabesituationen unterscheiden sich hinsichtlich des zur Verfügung stehende Frequenzspektrum, der potentiellen Bieter sowie des nachgelagerten Marktes.

Frequenzspektrum ist für die Unternehmen ein ökonomischer Inputfaktor, der notwendig ist, um bestimmte Leistungen, wie zum Beispiel mobile Telekommunikation, auf dem nachgelagerten Markt anzubieten.⁶² Um eine Frequenzvergabe an mehrere Unternehmen zu ermöglichen, wird das gesamte bereitgestellt Spektrum in Frequenzpakete aufgeteilt. Frequenzpakete können für die Unternehmen Substitute oder Komplemente darstellen. Substitute sind zum Beispiel dann gegeben, wenn in der gleichen Region mehrere Frequenzpakete zur Verfügung gestellt werden, wobei jeder für sich ausreichend ist, um eine Dienstleistung effizient anzubieten. Werden dagegen Frequenzpakete für unterschiedliche Regionen vergeben oder sind einzelne Frequenzpakete für ein optimales Leistungsangebot auf dem nachgelagerten Markt zu klein, so können die Frequenzen komplementär sein.

Der Wert des Frequenzspektrums für ein einzelnes Unternehmen ist einerseits von der allgemeinen Entwicklung des nachgelagerten Marktes, andererseits von unternehmensindividuellen Faktoren abhängig. Die Profitabilität des Marktes wird unter anderem bestimmt durch das zukünftige Marktwachstum, die Wettbewerbsintensität und die allgemeine technologische Entwicklung. Da diese Faktoren für alle Unternehmen gleich sind, ist auch dieser Teil der Wertschätzung für alle Unternehmen identisch (Common-Value-Anteil). Allerdings ist die Entwicklung des Marktes insbesondere bei innovativen Technologien im Telekommunikationsbereich durch eine relativ große Unsicherheit geprägt, so daß sich unterschiedliche Einschätzungen über die Marktentwicklung ergeben können. Neben der allgemeinen Marktentwicklung wird der Wert der Frequenzen durch die individuellen Stärken und Schwächen der Unternehmen bestimmt (Private-Value-Anteil). Dazu zählen beispielsweise proprietäre und verbundene Technologien, Erfah-

⁶² Frequenzrechte werden für einen bestimmten Zeitraum vergeben (20 Jahre sind üblich) und sind oftmals nicht weiterveräußerbar.

rung in ähnlichen Bereichen, Komplementarität des neuen Spektrums zu bereits vorhandenen Frequenzen oder die Qualität des Managements.

Verschiedene Vergabesituationen unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl und Art der teilnehmenden Bieter. Dabei bestimmt die Anzahl und Nachfrage der Bieter im Verhältnis zum angebotenen Frequenzspektrum die Wettbewerbsintensität der Auktion. Damit eine Auktion überhaupt sinnvoll ist, müssen die Frequenzen ein knappes Gut sein, das heißt bei dem vom Staat festgesetzten Mindestpreis muß die Nachfrage der Bieter das Angebot an Frequenzspektrum übersteigen. Der zur Auktion zugelassene Bieterkreis kann offen sein oder auch beschränkt werden. Zudem können die Bieter sich hinsichtlich ihrer Größe und Art unterscheiden. Gerade für kleinere Bieter spielen Kapital- und Budgetbeschränkungen eine Rolle.

Schließlich unterscheiden sich Vergabesituationen hinsichtlich des nachgelagerten Marktes. Frequenzspektrum kann für grundsätzlich neue Dienste auf einem neuen Markt vergeben werden oder auch als zusätzliches Spektrum für einen bereits bestehenden Markt. Auch unterscheiden sich die Märkte hinsichtlich der erwarteten Wettbewerbsintensität.

5.1.2 Zielsetzung der Frequenzvergabe

Nachdem die möglichen Rahmenbedingungen der Frequenzvergabe dargestellt wurden, ist nach den Zielen des Staates zu fragen, der die Frequenzen vergibt. Grundsätzliches Ziel ist die Maximierung der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt. Im folgenden wird dargestellt, was dieses im konkreten Fall der Frequenzvergabe bedeutet.

Das Hauptziel der Politik ist eine effiziente Allokation der Frequenzen. Dies bedeutet, daß die Frequenzen an die Unternehmen mit den höchsten Wertschätzungen vergeben werden sollen. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß auf dem nachgelagerten Markt Wettbewerb herrscht und die hohen Wertschätzungen nicht aus einer hohen Marktmacht resultieren.⁶³ Daher ist das Ziel eines funktionierenden Wettbewerbs immer parallel zum

⁶³ Sonst würde die Vergabe der Frequenzen an nur ein Unternehmen aufgrund der Monopolstellung die höchste Wertschätzung generieren.

Ziel der Vergabe der Frequenzen an die Bieter mit den höchsten Wertschätzungen zu nennen. Um die Akzeptanz der Auktionsform bei den Unternehmen zu gewährleisten, ist die Frequenzvergabe transparent und diskriminierungsfrei durchzuführen. Zudem muß die Auktion eine zügige Vergabe der Frequenzen sicherstellen.

Neben dem Hauptziel einer effizienten Vergabe der Frequenzen ist ein hoher Auktionserlös des Staates wünschenswert. Durch den „lump-sum“-Charakter der Auktionserlöse muß der Staat zur Deckung seines Budgets auf weniger allokatonsverzerrende Steuern zurückgreifen. Außerdem würde durch die preiswerte Vergabe von Frequenzspektrum an ausländische Unternehmen Vermögen vom Inland ins Ausland „verschenkt“. Schließlich tragen hohe Erlöse zur Akzeptanz und Durchsetzbarkeit von Auktionen in der Politik bei. Ein Problem könnte allerdings dadurch entstehen, daß Unternehmen durch die hohen Kosten für die Frequenzen in finanzielle Schwierigkeiten geraten, wenn sie die zukünftigen Erträge des nachgelagerten Marktes überschätzt haben.

5.1.3 Auktionsdesign der mehrstufigen simultanen Auktion

Es wird im folgenden dargestellt, wie die Auktionsregeln gestaltet werden müssen, um bei den angesprochenen Rahmenbedingungen eine effizienten Vergabe des Frequenzspektrums zu erreichen. Nachdem bei den ersten Auktionen in Neuseeland mit dem konventionellen Design einer simultanen Zweitpreisauktion eher enttäuschende Resultate erzielt worden sind und auch die Verwendung einer Erstpreisauktion kaum bessere Ergebnisse brachte⁶⁴, wurde 1993 in den USA die sogenannte mehrstufige simultane Auktion („simultaneous ascending bid auction“) entwickelt. Das Auktionsdesign wurde als erstes von Paul Milgrom, Robert Wilson und Preston McAfee vorgeschlagen. Die mehrstufige simultane Auktion ist eine offene Auktion, in der die Bieter gleichzeitig für alle Frequenzpakete bieten können. Dieses hat zwei Vorteile (vgl. auch McAfee und McMillan 1996, S. 161-162 und McMillan 1994):

⁶⁴ Das Problem der früheren Auktionen war, daß sie Interdependenzen zwischen den einzelnen Frequenzpaketen nicht ausreichend berücksichtigten: Wenn ein Bieter in einer Auktion beispielsweise genau drei Pakete für eine optimale Nutzung benötigt, für wie viele Frequenzpakete soll er dann in einer simultanen Erstpreisauktion Gebote abgeben? In welcher Höhe? Wenn mehrere Bieter vor diesem Problem stehen, ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß die Bieter zu viele oder zu wenige Frequenzen erhalten und die Allokation somit eher vom Zufall als von den individuellen Wertschätzungen bestimmt wird.

- Die offene Form der Auktion führt zu einer Verringerung des „Winners Curse“ und in der Folge zu höheren Geboten und einem effizienteren Auktionsergebnis. Unter dem „Fluch des Gewinners“ wird die Tatsache verstanden, daß ein Bieter die Auktion nur deshalb gewinnt, weil er den Wert des Gutes von allen Bietern am meisten überschätzt hat. Im Fall der Frequenzauktionen besteht insbesondere bei einem hohen Common-Value-Anteil der Wertschätzungen die Gefahr, die Auktion allein infolge einer zu positiven Einschätzung der Entwicklung des Telekommunikationsmarktes zu gewinnen. Infolge des Winners Curse neigen Bieter zu eher vorsichtigem Bietverhalten. Wenn sie allerdings durch die offene Form der Auktion die Gebote der anderen Bieter beobachten können, so erhalten sie während der Auktion eine genauere Einschätzung über den Wert der Frequenzen. Dies führt zu aggressiverem Bietverhalten, höheren Auktionserlösen und einer Erhöhung der Effizienz.⁶⁵
- Durch den offenen und simultanen Charakter der Auktionsform sind effiziente Aggregationen von Frequenzpaketen möglich. Ein Bieter kann auf mehrere Frequenzen gleichzeitig bieten und sieht jederzeit, für welche Frequenzpakete er der aktuelle Höchstbieter ist. Wenn seine Aggregation von Frequenzen zu teuer wird oder für substitutive Frequenzpakete niedrigere Gebote abgegeben werden, so kann er flexibel reagieren und für andere Frequenzpakete bieten. Für vollständige Substitute ergeben sich bei dieser Auktionsform daher ähnliche Preise.

Im folgenden werden die grundlegenden Regeln der mehrstufigen simultanen Auktion dargestellt, wie sie in den USA entwickelt wurden und seit 1994 bei der überwiegenden Zahl der Frequenzauktionen angewendet werden.

Vor der Auktion: Das Frequenzspektrum wird in einzelne Frequenzpakete eingeteilt und für jedes dieser Pakete ein Reservationspreis festgelegt. Alle Bieter müssen beim Auktionator eine Kautions hinterlegen.

Bieten in Runden: Es wird in Runden geboten. In einer Bietrunde haben die Bieter eine bestimmte Zeit zur Verfügung, um für einzelne Frequenzpakete Gebote abzugeben. Je nach Auktionsdesign darf ein Bieter

⁶⁵ Milgrom und Weber (1982) zeigen in einem für die Auktionstheorie grundlegenden Artikel, daß die Englische Auktion unter den Standardauktionen den höchsten Erlös für den Verkäufer bringt, wenn die Wertschätzungen der Bieter korreliert (genauer: „affiliated“) sind.

dabei für alle Frequenzpakete oder nur eingeschränkt Gebote abgeben.⁶⁶ Damit ein Gebot gültig ist, muß es das vorherige Höchstgebot für dieses Frequenzpaket um ein bestimmtes Mindestinkrement (zum Beispiel 10%) übersteigen.⁶⁷ Ein Bieter darf sein eigenes Gebot nicht überbieten. Nach einer Bietrunde legt der Auktionator für jedes Frequenzpaket das aktuelle Höchstgebot und die Identität des Höchstbieters offen. Anschließend beginnt die nächste Bietrunde.

Aktivitätsregeln: Um zu verhindern, daß Bieter abwarten und sich dadurch die Auktion in die Länge zieht und strategisches Bietverhalten gefördert wird, gibt es Aktivitätsregeln. Nach diesen Regeln muß ein Bieter in einer Runde für einen bestimmten Prozentsatz seiner am Ende gewünschten Anzahl von Frequenzpaketen entweder gültige Gebote abgeben oder der aktuelle Höchstbieter sein. Wenn ein Bieter in einer Runde bei weniger Frequenzpaketen aktiv ist, dann verliert er „Aktivität“ und darf auch in allen folgenden Runden nur noch für eine geringere Anzahl von Frequenzpaketen bieten.

Rücknahme: In vielen Auktionsdesigns ist auch eine mehrmalige Rücknahme von Geboten möglich. Dieses soll Bietern insbesondere bei komplementären Frequenzen ermöglichen, aus fehlgeschlagenen Aggregationen auszusteigen. Allerdings muß der Bieter die Erlösminderung für den Auktionator zahlen, wenn der endgültige Verkaufspreis niedriger ist als das zurückgenommene Gebot.

Ende der Auktion: Die Auktion endet, wenn kein gültiges Gebot mehr auf irgendein Frequenzpaket abgegeben wird.

⁶⁶ Einschränkungen der Bietrechte sind sinnvoll, um eine zu enge Marktstruktur zu verhindern und ausreichend Wettbewerb auf dem nachgelagerten Markt zu gewährleisten. Es soll vermieden werden, daß Bieter nur deswegen Frequenzpakete ersteigern, um den Markteintritt von Konkurrenten zu verhindern.

⁶⁷ Wenn auf das Paket noch kein Gebot abgegeben wurde, so reicht als gültiges Gebot der Reservationspreis.

5.2 Kollusion in Frequenzauktionen

5.2.1 Formen der Kollusion

Auch in Auktionen zur Frequenzvergabe besteht für die Bieter ein Anreiz, durch kollusive Bietstrategien den Wettbewerb außer Kraft zu setzen. Zwei grundsätzliche Formen der Kollusion können dabei unterschieden werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, daß Bieter die Frequenzpakete ohne Seitenzahlungen zu einem niedrigen Preis unter sich aufteilen. Zum anderen können Bieter Seitenzahlungen oder Beteiligungen verwenden, um andere Bieter auf den Verzicht zur Abgabe von Geboten zu bewegen.

5.2.1.1 Kollusion ohne Seitenzahlungen

Wenn Bieter in einer Auktion überschneidende Interessen für mehrere Frequenzpakete haben und sich darauf einigen, die Frequenzen so aufzuteilen, daß jeder Bieter Frequenzpakete zu einem Preis bekommt, der substantiell unter dem liegt, was ein anderer Bieter zu zahlen bereit ist, so spricht man von Kollusion (Cramton und Schwartz 1999, S. 6).⁶⁸ Eine Einigung kann dabei durch explizite Absprachen der Bieter geschehen oder auch implizit ohne Absprachen während der Auktion erfolgen.

Theoretisch wurde Kollusion in der mehrstufigen simultanen Auktion bereits im vierten Kapitel behandelt. Dort wurde gezeigt, daß Kollusion unter bestimmten Umständen ein Gleichgewicht darstellt, ohne die Notwendigkeit, daß die beteiligten Bieter vor der Auktion miteinander kommunizieren. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit sich die Ergebnisse in der Praxis bestätigen und bei den bisher durchgeführten Frequenzauktionen Anhaltspunkte für Kollusion zu beobachten gewesen sind. Welche Strategien haben die Bieter verwendet? Diese Fragen werden im folgenden beantwortet, indem zunächst auf die Erfahrungen in den USA und anschließend auf die Auktion zur Vergabe von GSM-1800er-Frequenzen in Deutschland eingegangen wird.

⁶⁸ Kollusion muß von dem Problem der Nachfragereduzierung unterschieden werden, wo große Bieter einen einseitigen Anreiz haben, weniger Frequenzen nachzufragen, um den Preis für die eigenen Frequenzen zu senken.

Cramton und Schwarz (1999) beschreiben Anhaltspunkte für Kollusion in Frequenzauktionen in den USA. Dort wurden zum einen (kodierte) Vergeltungsgebote beobachtet, die zur Bestrafung von abweichenden Bietern und zur Aufteilung der Frequenzpakete verwendet wurden. Zum anderen wurde der strategische Einsatz von Gebotsrücknahmen verzeichnet. Zwei Beispiele sollen dieses verdeutlichen.

Bieter A benutzt Vergeltungsgebote, um einen Konkurrenten B für aggressives Bietverhalten auf die von A bevorzugten Frequenzpakete zu bestrafen. A gibt die Vergeltungsgebote auf solche Frequenzpakete ab, die er selber zwar nicht ersteigern möchte, an denen B aber sehr interessiert ist und die aktuellen Höchstgebote abgegeben hat. B muß diese Vergeltungsgebote wieder überbieten, um die Frequenzen zu ersteigern und hat demnach einen höheren Preis zu zahlen. Die implizite Drohung ist, daß, sollte B nicht aufhören, auf die von A bevorzugten Frequenzen zu bieten, A den Preis für die von B bevorzugten Frequenzen weiter in die Höhe treiben würde. Bieter haben ihre Vergeltungsgebote oftmals „kodiert“ und dem Konkurrenten durch die letzten drei Ziffern des Gebotes signalisiert, für welches Frequenzpaket er keine Gebote mehr abgeben soll. Diese Strategie wurde in einigen Fällen sehr erfolgreich angewandt, um den Bietwettbewerb einzuschränken und Preise weit unter dem Wert der Frequenzen zu erzielen. Cramton und Schwartz (2000) zeigen empirisch, daß Bieter, die kodierte Gebote abgegeben haben, im Durchschnitt deutlich niedrigere Preise für Frequenzen bezahlt haben als andere Bieter, obwohl kodierte Gebote nur bei einer geringen Zahl von Geboten eingesetzt wurden. Dieses zeigt, daß der Umfang von nichtbeobachtbarem kollusiven Bietverhalten wesentlich höher ist, als durch Vergeltungsgebote beobachtbar. Vergeltungsgebote signalisieren nur die Abweichungen von einer Kollusion.

Einen zweiten Anhaltspunkt für kollusives Bietverhalten gibt die strategische Rücknahme von Geboten. Bieter A bietet auf ein Frequenzpaket, für das der Konkurrenten B der aktuelle Höchstbieter ist, und nimmt das eigene Gebot sofort wieder zurück. Dies ist mehr als Warnung an B denn als Bestrafung zu verstehen, da B in der nächsten Runde mit dem gleichen Gebot wie vorher das Frequenzpaket wieder als Höchstbieter übernehmen kann. Außerdem erleichtert die Möglichkeit der Rücknahme von Geboten eine koordinierte Aufteilung der Frequenzen unter den Bietern. Cramton und Schwartz (1999, S. 12) berichten in einem Fall von einer Serie von Rücknahmen von Geboten zweier Bieter, die damit eine Anzahl von Frequenzpaketen unter sich aufteilten, für die

sie vorher in Konkurrenz geboten hatten. Die Gebotsrücknahmen wurden bei Preisen vorgenommen, die deutlich unter den Wertschätzungen der Bieter lagen. Einer der Bieter war bereit, das fünffache des kollusiven Preises zu zahlen, als ein dritter Bieter später bei einem Frequenzpaket mitbot. Mit ausreichendem Wettbewerb lassen sich somit weitaus höhere Preise erzielen.

Vergeltungsgebote und die strategische Rücknahme von Geboten sind Strategien der Bieter, um eine Aufteilung der Frequenzen zu koordinieren und zu signalisieren, daß Trigger-Strategien angewandt würden, wenn andere Bieter nicht kooperieren sollten. Dies zeigt deutlich, wie Varianten der im Abschnitt 4.3 behandelten Kollusionsstrategien in der Praxis angewendet werden.

Bei der Versteigerung von Frequenzspektrum für GSM-Mobilfunkanwendungen⁶⁹ in Deutschland am 28.10.1999 sollten diese Erfahrungen berücksichtigt werden. Versteigert wurden 2x10,4 MHz im 1800 MHz Frequenzbereich.⁷⁰ Das gesamte Spektrum wurde aufgeteilt in neun Pakete zu je 2x1 MHz und ein Paket zu 2x1,4 MHz. Da es sich um zusätzliche Frequenzen handelte, wurden nur die vier etablierten Mobilfunkbetreiber (DeTeMobil, Mannesmann Mobilfunk, E-Plus Mobilfunk, Viag Interkom) zugelassen. Die Bietrechte waren nicht beschränkt, das heißt ein Unternehmen hatte die Möglichkeit, alle Frequenzpakete zu ersteigern. Die Aktivitätsregel war so gestaltet, daß die Anzahl der aktiven Gebote eines Bieters nicht höher sein durfte als die Zahl der aktiven Gebote in der Vorrunde. Die Mindestgebote betrugen je 1 Mio. DM für die ersten neun und 1,4 Mio. DM für das zehnte Frequenzpaket. Um kodierte Gebote zu verhindern, durften Gebote nur in vollen 10.000 DM-Beträgen abgegeben werden. Zudem war eine Rücknahme von Geboten nur sehr eingeschränkt möglich. Während der Auktion wurden die Bieter in getrennten Räumen ohne die Möglichkeit zur gegenseitigen Kommunikation untergebracht.⁷¹

⁶⁹ Kruse (1997) gibt einen Überblick über die ökonomischen Rahmenbedingungen und den Stand der Frequenzvergabe auf dem deutschen GSM-Mobilfunkmarkt.

⁷⁰ Dies war die zweite mehrstufige simultane Auktion für Frequenzen in Deutschland. Bei der ersten Auktion für ERMES-Lizenzen im September 1996 lagen die Gebote aufgrund der geringen Nachfrage kaum über den Reservationspreisen (vgl. Keuter, Nett und Stumpf 1998).

⁷¹ Die vollständigen Auktionsregeln finden sich im Amtsblatt der Regulierungsbehörde (1999).

Die Auktion dauerte lediglich drei Runden. Die Ergebnisse dieser Runden sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Paket-Nr.:	1. Runde		2. Runde		3. Runde	
	Höchstbieter	Gebot *	Höchstbieter	Gebot *	Höchstbieter	Gebot *
1 (2x1 MHz)	Mannesmann	36,360	DeTeMobil	40,000	DeTeMobil	40,000
2 (2x1 MHz)	Mannesmann	36,360	DeTeMobil	40,010	DeTeMobil	40,010
3 (2x1 MHz)	Mannesmann	36,360	DeTeMobil	40,010	DeTeMobil	40,010
4 (2x1 MHz)	Mannesmann	36,360	DeTeMobil	40,010	DeTeMobil	40,010
5 (2x1 MHz)	Mannesmann	36,360	DeTeMobil	40,010	DeTeMobil	40,010
6 (2x1 MHz)	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000
7 (2x1 MHz)	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000
8 (2x1 MHz)	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000
9 (2x1 MHz)	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000	Mannesmann	40,000
10 (2x1,4 MHz)	Mannesmann	56,000	Mannesmann	56,000	Mannesmann	56,000

Tabelle 10: GSM-1800er Auktion

* in Mio. DM

In der ersten Runde gab Mannesmann Mobilfunk für jedes Frequenzpaket das höchste Gebot ab. Zwei Tatsachen sind an den Geboten von Mannesmann bemerkenswert. Zum einen liegen alle Gebote weit über dem Reservationspreis. Zum anderen hat Mannesmann für die Pakete 6-10 mit 40 Mio. DM pro MHz ziemlich genau 10% pro MHz mehr geboten als für die Pakete 1-5 mit 36,36 Mio. DM.

Obwohl Kollusion nur eine Vermutung darstellt und rechtlich nicht nachgewiesen ist, scheint folgende Überlegung plausibel. Das Bietverhalten von Mannesmann wird verständlich, wenn es als Angebot an DeTeMobil zu einer friedlichen Aufteilung des Frequenzspektrums aufgefaßt wird - zu einem Preis, der deutlich unter den Wertschätzungen beider Bieter liegt. Dennoch mußten die Gebote höher sein als die Wertschätzungen der anderen beiden Netzbetreiber E-Plus Mobilfunk und Viag Interkom.⁷² Da das Mindestinkrement genau 10% des vorherigen Höchstgebotes betrug, wird auch verständlich, warum Mannesmann auf die ersten fünf Frequenzpakete Gebote in Höhe von 36,36 Mio. DM pro Paket abgegeben hat. Würde DeTeMobil in der zweiten Runde das Ange-

⁷² Diese hatten eine geringere Wertschätzung für die zusätzlichen Frequenzen, da ihre Netze aufgrund der geringeren Teilnehmerzahlen noch nicht so ausgelastet waren wie die Netze von Mannesmann Mobilfunk und DeTeMobil.

bot annehmen und auf diese fünf Pakete ein um das Mindestinkrement erhöhtes Gebot abgeben, so würden beide Bieter einen identischen Preis per MHz zahlen. Auf diese faire Aufteilung des Frequenzspektrums zielt auch das für Paket 10 (2x1,4 MHz) abgegebene höhere Gebot von 56 Mio. DM.

DeTeMobil brauchte nur 5 Minuten, um in der zweiten Runde seine Gebote abzugeben⁷³ und das Angebot von Mannesmann anzunehmen. Das Unternehmen bot auf die ersten fünf Pakete jeweils einen Betrag von ca. 40 Mio. DM. E-Plus Mobilfunk und Viag Interkom stiegen in dieser zweiten Runde erwartungsgemäß aus. In der dritten Runde gaben weder Mannesmann noch DeTeMobil neue Gebote ab. Damit war die Auktion beendet.

Diese Auktion scheint zu zeigen, wie sich Bieter während der Auktion auf eine kollusive Aufteilung der Frequenzen bei einem niedrigen Preis einigen können. Diese Koordination ist möglich, ohne daß sich die Bieter vorher absprechen oder während der Auktion miteinander kommunizieren. Wie beim theoretischen Modell im Abschnitt 4.3 ist ein kollusives Gleichgewicht ohne vorherige Absprache möglich.

Vermutlich hätten Mannesmann und DeTeMobil ihre Gebote auch bei einem noch niedrigeren Preis koordinieren können, indem sie, ausgehend vom Reservationspreis, die Gebote nur langsam angehoben hätten. Wenn E-Plus und Viag Interkom dann bei einer bestimmten Höhe der Gebote ausgestiegen wären, hätten Mannesmann und DeTeMobil die Frequenzpakete unter sich aufteilen können. Durch ein solches Bietverhalten hätte die Auktion jedoch wesentlich länger gedauert und die erforderliche Koordination der Gebote wäre weniger eindeutig und sicher gewesen.⁷⁴ Zudem ist der erzielte Auktionserlös von über 416 Mio. DM auch eine politisch akzeptable Summe, bei der keine weiteren Konsequenzen gezogen werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Fall dieser Auktion deutlich die Nachteile der mehrstufigen simultanen Auktion aufzeigt, wenn die Zahl der ernsthaft interessierten Bieter unter der Zahl der angebotenen Frequenzpakete liegt. Wie schon im vorherigen Kapitel 4.3.3 theoretisch aufgezeigt, ist eine Kollusion in diesem Fall sehr

⁷³ Die Bieter hatten in jeder Runde 30 Minuten Zeit, ihre Gebote abzugeben.

⁷⁴ Avery (1998) gibt eine modelltheoretische Erklärung für sogenanntes „Jump Bidding“.

wahrscheinlich und auch ohne explizite Absprachen als Gleichgewicht durchsetzbar. Dadurch, daß die Bieter nicht gemäß ihren wahren Wertschätzungen bieten, sinkt in der Regel die Allokationseffizienz und der Staat hat deutlich geringere Einnahmen als es bei einem stärkeren Wettbewerb oder einem anderen Auktionsdesign der Fall ist.

5.2.1.2 Kollusion mit Seitenzahlungen

Die bisher dargestellten Kollusionsformen sind ohne Seitenzahlungen der Bieter möglich. Dadurch ist eine Kollusion schwierig zu entdecken und nachzuweisen sowie oftmals ohne explizite Kommunikation zu erreichen. Es sind jedoch auch Formen der Kollusion mit Seitenzahlungen denkbar. Zwar ist das Risiko einer Entdeckung bei diesen Formen der Kollusion wesentlich höher, jedoch ergeben sich auch Vorteile für die Bieter. Eine Kollusion mit Seitenzahlungen ist auch dann möglich, wenn eine Kollusion ohne Seitenzahlungen aufgrund der Wettbewerbssituation nicht möglich ist. Zudem können die Bieter die Frequenzpakete so aufteilen, daß sie damit einen höheren Nutzen aus der Kollusion erzielen als wenn sie auf Seitenzahlungen verzichten. Es sind Mechanismen denkbar, bei denen sich die Bieter vor der Auktion darüber einigen, wer in der Auktion ernsthafte Gebote abgibt und wer nur „zum Schein“ mitbietet. Die Kollusionsbieter könnten beispielsweise durch eine - wie schon in Abschnitt 3.2 für Standardauktionen vorgestellte - interne Auktion ermittelt werden, deren Gewinner in der eigentlichen Auktion die Frequenzen günstig ersteigern und die anderen Bieter durch Seitenzahlungen auszahlen.

Verschiedene Formen der Seitenzahlungen sind möglich:

- Zum einen kommen Geldzahlungen zwischen den Bietern in Betracht. Dieses ist jedoch unwahrscheinlich, weil dadurch die kollusive Absicht sehr offensichtlich wäre und relativ einfach nachgewiesen und bestraft werden könnte.
- Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß Bieter Seitenzahlungen in Form von Unternehmensbeteiligungen leisten. So könnten kleine Bieter mit eher geringen Wertschätzungen zum Verzicht auf die Abgabe von ernsthaften Geboten bewegt werden, indem sie günstige Beteiligungen an den Unternehmen erhalten, die Frequenzen er-

steigern. Beteiligungen und Kooperationen der Bieter untereinander würden somit nur ein Deckmantel für Seitenzahlungen sein, um den Bietwettbewerb zu verringern und Kollusion zu ermöglichen. Denkbar ist auch der Zusammenschluß von konkurrierenden Unternehmen oder die Gründung von gemeinsamen Tochtergesellschaften, mit dem Ziel, durch die gemeinsame Teilnahme an der Auktion die Wettbewerbsintensität zu verringern. Zusammenschlüsse im Vorfeld der UMTS-Auktionen könnten Hinweise für ein solches Bieterverhalten sein.⁷⁵ Dieses Verhalten ist jedoch vor allem dann profitabel, wenn dadurch erreicht wird, daß nur noch so viele Unternehmen an der Auktion teilnehmen, wie sinnvolle Aggregationen von Frequenzpaketen zur Verfügung stehen. In diesem Fall ist eine Kollusion mit Geboten in Höhe des Reservationspreises möglich. Eine solche Kollusion wird jedoch dadurch erschwert, daß der Zusammenschluß oder die Beteiligung zweier Bieter einen positiven externen Effekt auf die anderen Bieter auslöst, da die Wettbewerbsintensität für alle Bieter vermindert wird. Dagegen müssen sich die zusammengeschlossenen Bieter den in der Auktion erzielten Überschuß teilen. Dadurch haben Bieter einen Anreiz, als Trittbrettfahrer nicht aktiv zu werden, sondern nur von den Zusammenschlüssen und gegenseitigen Beteiligungen der anderen Unternehmen zu profitieren.

- Zum dritten können „Seitenzahlungen“ darin bestehen, für den Verzicht eines Bieters in der aktuellen Auktion bei späteren Auktionen oder bei Auktionen in anderen Ländern selber auf eine Teilnahme zu verzichten.

Alle diese Kollusionsmöglichkeiten sind für die Bieter schwieriger zu realisieren und riskanter als Kollusion ohne Seitenzahlungen. Daraus ist jedoch nicht der Schluß zu ziehen, daß diese Formen der Kollusion in der Realität nicht möglich sind. Die Folge einer Kollusion wäre eine erhebliche Minderung des Auktionserlöses. Bei einer Kollusion mit Seitenzahlungen ist es allerdings möglich, daß die Effizienz des Auktionsergebnisses gewahrt bleibt. Das Ziel der Bieter, einen möglichst hohen Kollusionsüber-

⁷⁵ Bei der geplanten Vergabe von 4 UMTS-Lizenzen in der Schweiz hatte sich die Zahl der Bieter von ursprünglich 10 auf 5 reduziert. Als dann einen Tag vor der Auktion noch zwei Bieter ihren Zusammenschluß bekanntgaben, und sich daher die Bieterzahl auf 4 reduzierte, wurde die Auktion zunächst abgesagt und Untersuchungen über illegale Absprachen der Bieter eingeleitet.

Auch nach der UMTS-Auktion in Italien wurden Untersuchungen über illegale Absprachen eingeleitet, nachdem ein Bieter frühzeitig aus der Auktion ausgestieg und die Lizenzen dadurch zu einem deutlich niedrigeren Preis vergeben wurden als in Großbritannien und Deutschland.

schuß zu erzielen, ist äquivalent mit dem Auktionsziel einer effizienten Allokation der Frequenzen. In Abschnitt 3.3.1 wurde für den Fall von Standardauktionen gezeigt, daß eine Kollusion in Englischen Auktionen lediglich zu einer Verringerung des Erlöses, nicht jedoch zu einer Verringerung der Effizienz führt. Analog kann argumentiert werden, daß auch bei Kollusion in der mehrstufigen simultanen Auktion die Bieter mit den höchsten Wertschätzungen die Frequenzen erhalten und durch Seitenzahlungen die anderen Bieter zum Verzicht bewegen. Allerdings muß einschränkend bemerkt werden, daß in der Realität eine öffentliche Auktion sicher geeigneter ist, eine effiziente Allokation der Frequenzen zu gewährleisten, als Verhandlungen der Bieter über die kollusive Aufteilung der Frequenzen, die aufgrund der notwendigen Geheimhaltung, möglicher Koordinationsschwierigkeiten und der Problematik der Seitenzahlungen nicht vorbehaltlos geeignet sind, eine effiziente Allokation sicherzustellen. Zudem kann ein Zusammenschluß von Unternehmen zu einer Minderung der Wettbewerbsintensität auf nachgelagerten und anderen Märkten führen.

5.2.2 Determinanten der Kollusionsanfälligkeit

Die Anfälligkeit einer Auktion für Kollusion hängt einerseits von den Auktionsregeln, andererseits von den Rahmenbedingungen der Vergabe ab. In diesem Abschnitt wird untersucht, bei welchen Rahmenbedingungen eine Kollusion wahrscheinlich ist, während im nächsten Abschnitt Möglichkeiten einer Änderung der Auktionsregeln zur Vermeidung eines kollusiven Ergebnisses diskutiert werden.

Zunächst werden Determinanten einer Kollusion ohne Seitenzahlungen diskutiert. Wenn die Wertschätzungen der Bieter für die Frequenzen bekannt sind, kann der Auktionator mit Hilfe der in Abschnitt 4.3.1 vorgestellten Methode alle Kollusionsmöglichkeiten im Kern ermitteln und das Ausmaß feststellen, in dem Bieter von diesen profitieren. Je mehr Möglichkeiten zur Kollusion im Kern sind und je stärker die Bieter davon profitieren, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion.

In der Realität hat der Verkäufer oftmals keine genauen Informationen über die Wertschätzungen der Bieter. Damit kann auch nicht genau ermittelt werden, ob eine Kollusion der Bieter möglich ist. Vielmehr muß der Verkäufer Einschätzungen über die Wert-

schätzungen der Bieter treffen mit Hilfe derer anschließend die Kollusionsanfälligkeit beurteilt werden kann.

Im folgenden wird die Kollusionsanfälligkeit in Abhängigkeit von jenen Rahmenbedingungen skizziert, die der Verkäufer im allgemeinen einschätzen kann. Zu diesen Rahmenbedingungen gehört die Anzahl der Bieter, welche ernsthaft am Frequenzerwerb interessiert sind, der Common-Value-Anteil der Wertschätzungen und die Interdependenzen der Frequenzpakete (Substitute / Komplemente). Entscheidender Faktor für die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion ist der Grad der Wettbewerbsintensität in einer Auktion. Je stärker der Wettbewerb um bestimmte Frequenzpakete ist, desto schwieriger ist ein kollusives Ergebnis bei einem niedrigen Verkaufspreis zu erreichen. Der Grad der Wettbewerbsintensität wird durch das Verhältnis von Nachfrage zu Angebot an Frequenzspektrum bestimmt. Je größer die Anzahl der Bieter, die ernsthaft Frequenzen nachfragen und je geringer das zur Verfügung stehende Frequenzspektrum ist, desto unwahrscheinlicher ist eine erfolgreiche Kollusion. Wie im vorherigen Kapitel gezeigt wurde, muß jeder Bieter mindestens ein Frequenzpaket bekommen, damit er einen Anreiz hat, an der Kollusion teilzunehmen. Somit können in einer Auktion maximal nur so viele Bieter an einer Kollusion teilnehmen, wie Frequenzpakete zur Verfügung stehen. Dabei kommt es nicht auf die absolute Zahl der Bieter an, sondern nur auf die Zahl der Bieter, die eine hohe Wertschätzung für die Frequenzen haben. Bieter mit einer geringen Wertschätzung erhöhen nur das Preisniveau, bei dem eine Kollusion möglich ist. Analog ist auch nicht die absolute Zahl an Frequenzpaketen entscheidend, sondern die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen. Gibt es beispielsweise vier ernsthafte Bieter und vier Frequenzpakete, so ist eine Kollusion sehr wahrscheinlich, wenn alle vier Pakete Substitute darstellen. Sind dagegen zwei von diesen Frequenzpakete komplementär und nur zusammen zu nutzen, so gibt es nur drei sinnvolle Aggregationen von Frequenzpaketen. Bei vier Bietern und nur drei „Gütern“ ist eine Kollusion relativ unwahrscheinlich.

Der Common-Value-Anteil der Wertschätzungen kann ebenfalls Hinweise über die Kollusionsanfälligkeit der Vergabesituation geben. Insbesondere bei einem hohen Common-Value-Anteil und somit ähnlichen Wertschätzungen der Bieter ist der erwartete Überschuß eines Bieters, falls er im Wettbewerbsgleichgewicht erfolgreich Fre-

quenzspektrum ersteigert, im Vergleich zum Kollusionsüberschuß eher gering. Damit existieren mit einer höheren Wahrscheinlichkeit Kollusionsmöglichkeiten im Kern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine Kollusion ohne Seitenzahlungen unwahrscheinlich ist, wenn die Anzahl der ernsthaft interessierten Bieter mit einer hohen Wertschätzung größer ist als die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen. Ist die Zahl der ernsthaften Bieter allerdings gleich hoch oder geringer als die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen, so steigt die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion sprunghaft an.

Auch wenn eine Kollusion ohne Seitenzahlungen nicht möglich ist, so können die Bieter mit Seitenzahlungen theoretisch immer eine Kollusion erreichen. Neben den oben schon genannten Faktoren bezüglich der Wettbewerbsintensität und der Wertschätzungen ist eine Kollusion um so wahrscheinlicher, je besser die Unternehmen sich kennen, je mehr Zeit zur Vorbereitung auf die Auktion zur Verfügung steht und je größer der zu erwartende finanzielle Vorteil einer Kollusion ist. Zudem begünstigt eine geringe Zahl an Unternehmen mit bekannten Wertschätzungen für die Frequenzen eine Koordination der Bietstrategien und Seitenzahlungen.

5.2.3 Gegenmaßnahmen

Es stellt sich die Frage, welche Maßnahmen der Staat ergreifen kann, um eine Kollusion zu erschweren. Zunächst werden Regeländerungen diskutiert, die der Staat innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion vornehmen kann. Anschließend wird auf alternative Auktionsformen eingegangen. Jede dieser Änderungen vermindert zwar die Kollusionsanfälligkeit, hat dagegen aber auch möglicherweise negative Auswirkungen auf die Erreichung der Auktionsziele. Bei der Entscheidung über die Auktionsregeln müssen diese beiden Faktoren gegeneinander abgewogen werden. Das Ergebnis dieser Abwägung hängt von den spezifischen Rahmenbedingungen der Frequenzvergabe und der Gewichtung der Zielsetzung ab. Deshalb kann die ökonomische Analyse an dieser Stelle auch keine allgemeinen Empfehlungen über ein optimales Auktionsdesign geben, sondern nur die Wirkungen und Trade-offs aufzeigen, die bei Änderungen der Auktionsregeln zu beachten sind.

5.2.3.1 Maßnahmen innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion

Innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion sind im wesentlichen drei Arten von Maßnahmen denkbar, welche die Kollusionsanfälligkeit auf unterschiedliche Weise verringern.⁷⁶ Die erste Art von Maßnahmen zielt darauf ab, den Bietern die Koordination auf ein kollusives Ergebnis vor oder während der Auktion zu erschweren (Maßnahmen 1-3). Durch die zweite Art von Maßnahmen soll verhindert werden, daß überhaupt Kollusionsergebnisse im Kern existieren (4-7). Die dritte Art von Maßnahmen schließlich zielt darauf ab, die Durchsetzbarkeit einer Kollusion als Gleichgewicht zu verhindern (8).

1. Beschränkung der Gebote

Die erste Maßnahme besteht in der Beschränkung der Gebote auf die ersten drei Stellen oder auf volle Beträge. Bei der Auktion zur Vergabe von GSM-1800er-Frequenzen in Deutschland beispielsweise waren nur Gebote in vollen 10.000 DM-Beträgen möglich. Diese Einschränkung der Gebote hat den Vorteil, daß keine kodierte Gebote mehr abgegeben werden können. Kodierte Gebote werden verwendet, um anderen Bietern bei der Bestrafung einer Abweichung von einer impliziten Kollusion zu signalisieren, auf welche Frequenzpakete sie keine Gebote mehr abgeben sollen.

Die Beschränkung der Gebote auf drei Stellen oder auf volle 10.000 DM-Beträge hat keine wesentlichen Nachteile für die Erreichung der Auktionsziele. Die größte mögliche Auswirkung für einen Bieter besteht darin, daß dieser sein Gebot nur 1% über dem gewünschten Gebot abgeben kann. Wenn diese Tatsache dazu führt, daß der Bieter kein neues Gebot abgibt und dieses neue Gebot das Endgebot gewesen wäre, so würde die Beschränkung der Gebote die Effizienz und den Erlös der Auktion geringfügig verringern. Dieser Fall ist jedoch relativ unwahrscheinlich und durch Mindestinkremente von weit über einem Prozent wird die Effizienz weitaus stärker vermindert als durch die Beschränkung der Gebote auf drei Stellen oder volle Beträge.

⁷⁶ Die aufgeführten Maßnahmen beziehen sich im Wesentlichen auf die Verhinderung von Kollusion ohne Seitenzahlungen. Nicht aufgeführt sind Maßnahmen, welche die rechtliche Verfolgung einer Kollusion betreffen.

Die Beschränkung der Gebote ist insbesondere bei solchen Rahmenbedingungen erfolgreich, bei denen die Anzahl der Bieter und der Frequenzpakete groß ist. In diesem Fall ist ein Hauptproblem der Bieter die Koordinierung der Gebote auf eine kollusive Allokation. Gerade diese Koordination wird durch die Beschränkung der Gebote erschwert. Dagegen ist bei wenigen Bietern und wenigen Frequenzpaketen der Erfolg dieser Maßnahme zur Vermeidung einer Kollusion fraglich, wie beispielsweise das Ergebnis der GSM-1800er Auktion gezeigt hat. Kollusion stellt weiterhin ein Gleichgewicht dar.

2. Beschränkte Rücknahme der Gebote

Ähnlich ist die Maßnahme einer Beschränkung der Rücknahme von Geboten zu beurteilen. Wenn die Rücknahme von Geboten für einen Bieter nur in einer bestimmten Anzahl von Runden möglich ist oder bei einer Rücknahme von Geboten nicht erneut auf dieselben Frequenzen geboten werden darf, so wird die Möglichkeit von strategischen Rücknahmen zur Identifizierung oder Durchsetzung einer Kollusion begrenzt (Cramton et al. 1997a, S. 3-5). Diese Maßnahme hat keine gravierenden sonstigen Nachteile. Erfahrungen haben gezeigt, daß eine Rücknahme von Geboten, um bei komplementären Frequenzpaketen aus fehlgeschlagenen Aggregationen auszusteigen, eher selten vorkommt. Somit reicht eine geringe Zahl von zulässigen Rücknahmen aus. Allerdings ist auch diese Maßnahme bei einer geringen Anzahl von Bietern und Frequenzpaketen nicht in der Lage, eine Kollusion zu verhindern.

3. Verknappung der Informationen für die Bieter vor und während der Auktion

Eine wichtige Frage beim Auktionsdesign ist, welche Informationen die Bieter nach jeder Auktionsrunde erhalten. Zum einen besteht die Möglichkeit, den Bietern sämtliche Informationen über die Identität der Bieter, ihre Gebote und den Zeitpunkt der Gebotsabgabe zur Verfügung zu stellen. Dieses hat den Vorteil, daß die Auktion für alle Bieter transparent abläuft und die Bieter durch die Beobachtung der Gebote und Identität der anderen Bieter den Wert der Frequenzen⁷⁷ besser einschätzen können. Dieses reduziert

⁷⁷ Dies betrifft den Common-Value-Anteil der Wertschätzungen der Frequenzpakete.

den Winners Curse und erhöht die Effizienz des Auktionsergebnisses. Dagegen erleichtert die Freigabe sämtlicher Bietinformationen ein kollusives Bietverhalten durch Koordination der Gebote. Außerdem besteht bei Veröffentlichung der Identität der Bieter die Gefahr, daß kleine Bieter dem Bietwettbewerb gegen große Bieter mit einem hohen Budget wegen der Gefahr einer möglichen Vergeltung aus dem Weg gehen. Dieses senkt den Auktionserlös und den Wettbewerb auf dem nachgelagerten Markt (Cramton und Schwartz 1999, S. 15).

Die andere Möglichkeit für den Auktionator ist, den Bietern nach jeder Runde lediglich die aktuellen Höchstgebote für die Frequenzpakete mitzuteilen und jeden Bieter zu informieren, bei welchen Frequenzpaketen er selber der aktuelle Höchstbieter ist. Diese restriktive Informationspolitik erschwert die Koordination der Gebote und damit die kollusive Aufteilung der Frequenzen. Allerdings sprechen die oben genannten Effizienzgesichtspunkte gegen das Zurückhalten von Informationen, falls die Bieter nicht kollusiv bieten. Je mehr Informationen die Bieter erhalten, desto geringer ist der Winners Curse.

Die Frage, welche Informationen der Auktionator den Bietern zur Verfügung stellt, hängt somit von den konkreten Rahmenbedingungen der Vergabesituation ab. Ist der Wettbewerb stark und sprechen wichtige Effizienzgründe dafür, so ist eine stärkere Informationsversorgung der Bieter eher geeignet, die Ziele des Auktionators zu erreichen. Ist dies allerdings nicht der Fall und eine Kollusion aufgrund der geringen Wettbewerbsintensität wahrscheinlich, so sollte der Auktionator die Informationen für die Bieter verknappen.

Um eine Kollusion mit Seitenzahlungen zu erschweren und zu verhindern, daß sich Bieter vor der eigentlichen Auktion zusammenschließen oder gegenseitig beteiligen, sollte die Auktion möglichst zeitnahe zur Bekanntgabe der teilnehmenden Bieter erfolgen. Zwar haben die Bieter dann weniger Zeit, sich mit ihren Bietstrategien auf die anderen Bieter einzustellen, jedoch wird der Anreiz zu Kooperationen und Zusammenschlüssen im Vorfeld der Auktion erheblich gemindert. Einerseits fehlt den Bietern die Zeit zur Koordination, andererseits besteht die Gefahr, daß die eigene Kooperation die Wettbewerbsintensität nicht genügend senkt, weil andere Bieter sich nicht zusammen-

schließen und der eigene Auktionsüberschuß geteilt werden muß, ohne daß die in der Auktion zu zahlenden Preise wesentlich niedriger wären.

4. Höherer Reservationspreis

Wie schon im vorherigen Kapitel gezeigt, kann ein Reservationspreis geeignet sein, eine Kollusion zu verhindern, denn die erwarteten Vorteile einer Kollusion sind geringer, wenn die Bieter bei Kollusion in jedem Fall den Reservationspreis zu zahlen haben. Zudem haben die Bieter bei einem hohen Reservationspreis weniger Zeit, sich auf ein kollusives Gleichgewicht zu koordinieren. Die Wahrscheinlichkeit, eine Kollusion zu verhindern, steigt mit der Höhe des Reservationspreises. Reservationspreise, wie sie in der Praxis bisher verwendet wurden, sind jedoch viel zu gering, um eine Kollusion zu unterbinden. Bei der UMTS-Auktion in Deutschland betrug die Summe der Reservationspreise nur 1,5% des Auktionserlöses, bei der GSM-1800er Auktion 2,5%. Problematisch an hohen Reservationspreisen ist allerdings, daß unter Umständen keine Frequenzen nachgefragt werden, falls der Auktionator die Wertschätzungen der Bieter stark überschätzt und den Reservationspreis zu hoch ansetzt.

5. Erhöhung der Anzahl von ernsthaften Bietern

Eine bessere Maßnahme zur Vermeidung einer Kollusion als ein hoher Reservationspreis ist daher eine Intensivierung des Wettbewerbs durch eine größere Anzahl von ernsthaften Bietern. In den USA wurden bestimmten kapitalschwächeren Bietergruppen, wie von Frauen geführten oder kleinen innovativen Unternehmen, Rabatte eingeräumt. Zwar wurden damit in erster Linie verteilungspolitische Zielsetzungen verfolgt, tatsächlich jedoch wurde durch diese Maßnahme der Wettbewerb verstärkt, da eine größere Anzahl von Bietern ernsthaft in den Auktionen mitbieten konnte. Die Einnahmen des Staates verringerten sich durch diese Rabatte keinesfalls (Ayres und Cramton 1996).

Um einen intensiven Bietwettbewerb zu ermöglichen, sollte der Auktionator, wenn möglich, die Frequenzpakete in einem offenen Bietwettbewerb versteigern, das heißt die Anzahl der Bieter nicht von vornherein beschränken. Eine Beschränkung der Bieterzahl aufgrund bestimmter Kriterien führt zu weniger Wettbewerb in der Auktion und einer

höheren Kollusionsanfälligkeit. Auch wenn die Politik annimmt, daß externe Bieter aus bestimmten Gründen die Auktion nicht gewinnen werden, so sollten diese Bieter trotzdem zugelassen werden.

Ebenfalls kritisch zu beurteilen ist ein Auktionsdesign, das eine Versteigerung in mehreren Abschnitten vorsieht. Bei der Vergabe von UMTS-Lizenzen in Deutschland beispielsweise wurden in einem ersten Abschnitt vier bis sechs Lizenzen mit einer Grundausstattung an Frequenzen in einem offenen Bietwettbewerb versteigert.⁷⁸ Anschließend wurden in einem zweiten Abschnitt zusätzlich fünf Frequenzpakete versteigert. Im zweiten Abschnitt war der Kreis der Bieter auf die im ersten Abschnitt erfolgreichen Bieter beschränkt. Wenn die Zahl der im ersten Abschnitt erfolgreichen Bieter vier oder fünf betragen hätte, wäre es sehr wahrscheinlich gewesen, daß diese Bieter die zusätzlichen Pakete im zweiten Abschnitt bei einem niedrigen Preis kollusiv unter sich aufgeteilt hätten. Daher ist es sinnvoller, alle Frequenzen in einem offenen Bietwettbewerb in nur einem Abschnitt zu versteigern.

6. Reduktion der Frequenzpakete

Die Alternative besteht darin, eine geringere Anzahl an Frequenzpaketen anzubieten, als die Zahl der an der Auktion teilnehmenden Bieter. Dadurch verändert sich die Wettbewerbssituation grundlegend. Haben beispielsweise fünf Bieter in einem ersten Abschnitt Lizenzen ersteigert und können somit als ernsthafte Bieter angesehen werden, so sollte das zusätzliche Frequenzspektrum im zweiten Abschnitt in maximal vier Pakete aufgeteilt werden, wenn das Ziel des Staates darin besteht, eine Kollusion zu verhindern. Wie schon im vorherigen Kapitel theoretisch gezeigt, ist durch diese Maßnahme eine Kollusion unwahrscheinlicher, da bei einer kollusiven Aufteilung der Frequenzen bei niedrigen Preisen mindestens ein Bieter kein Frequenzpaket bekommt und demnach weiter bieten wird. Eine Reduktion der Frequenzpakete kann, wie eine Erhöhung der Anzahl der Bieter, Möglichkeiten einer Kollusion und damit die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion verringern. Daher ist auch zu überlegen, die Anzahl und Größe der Frequenz-

⁷⁸ Die genauen Vergaberegeln finden sich in Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (2000).

pakete - im Gegensatz zur vorherrschenden Praxis - erst nach der Bewerbung und Zulassung der Bieter festzulegen. In diesem Fall könnte der Auktionator auf die Nachfragebedingungen reagieren und durch eine geeignete Wahl der Pakete eine Kollusion erschweren. Auch kann es sinnvoll sein, die Zahl der Frequenzpakete erst bei Auktionsbeginn bekanntzugeben. Dies senkt den Anreiz zu Zusammenschlüssen von Bietern im Vorfeld der Auktion, da der Auktionator auf die Zahl der Bieter flexibel reagieren kann.

Problematisch bei einer Reduktion der Frequenzpakete ist allerdings, daß der Staat entweder Frequenzen ungenutzt zurückhalten oder den Umfang der einzelnen Pakete erhöhen muß. Durch eine Vergrößerung der Frequenzpakete legt sich der Staat von vornherein auf eine stärkere Aggregation fest, die nicht vom Markt bestimmt wird und, wie schon in Abschnitt 4.3.3 gezeigt, bei einer substitutiven Beziehung der Frequenzpakete ineffizient sein kann. Dennoch stellt die Maßnahme einer Reduktion der Frequenzpakete gerade bei einer geringen Wettbewerbsintensität ein sinnvolles Instrument zur Vermeidung einer Kollusion dar.

7. Weiterveräußerung der Frequenzen ermöglichen

Schließlich kann der Wettbewerb auch dadurch verstärkt werden, daß den Bietern die Möglichkeit eingeräumt wird, ersteigerte Frequenzen weiterzuveräußern. Wenn beispielsweise zwei Bieter Frequenzpakete zu einem Preis unter sich aufteilen, der deutlich unter ihren Wertschätzungen liegt, so ist diese Kollusion genau dann erfolgreich, wenn kein anderer Bieter für die eigene Nutzung des Frequenzspektrums eine höhere Wertschätzung hat. Ist allerdings eine Weiterveräußerung der Frequenzen möglich, so werden andere Bieter die kollusiven Gebote überbieten, weil sie die Frequenzen anschließend an die interessierten Bieter weiterverkaufen können. Die Möglichkeit der Weiterveräußerung von Frequenzen hat jedoch auch negative Folgen. Es könnte insgesamt Probleme mit dem Wettbewerb auf dem Wiederverkaufsmarkt geben.

8. Andere Regeln zur Beendigung der Auktion

Ein häufig diskutierter Vorschlag (Cramton et al. 1997a, Cramton und Schwarz 1999, Bolle 1996, Milgrom 2000) ist eine Veränderung des Auktionsdesigns bezüglich der

„Closing Rules“. Vorgeschlagen wird eine vor angekündigte letzte Bietrunde bei geringer Aktivität der Bieter oder alternativ ein „Frequency-by-Frequency-Closing“. Beide Regeln erschweren eine Kollusion, verändern jedoch auch den Charakter der Auktion, die dadurch nicht mehr die wünschenswerten Effizienzeigenschaften einer offenen, simultanen Auktion hat.

Bei einer angekündigten letzten Bietrunde stellt Kollusion kein Gleichgewicht mehr dar. In dieser letzten Runde hat ein Bieter den Anreiz, von der Kollusionsstrategie abzuweichen und weitere Frequenzpakete zu ersteigern, da auf sein Abweichen keine Vergeltung mehr möglich ist.⁷⁹ Diese letzte Runde bekommt den Charakter einer geschlossenen Erstpreisauktion mit der Folge, daß Kollusion, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, kein Gleichgewicht darstellt. Allerdings ergeben sich auch die negativen Eigenschaften einer Erstpreisauktion für die Effizienz des Auktionsergebnisses. Für die Bieter besteht ein Anreiz zum Zurückhalten der Gebote bis zur letzten Runde, wodurch ein Lernen aus den Geboten der anderen Bieter nicht möglich ist. Auch muß ein Bieter damit rechnen, in der letzten Runde noch bei einem Frequenzpaket überboten zu werden und so auf einer unvollständigen Aggregation von Frequenzen sitzen zu bleiben, ohne flexibel darauf reagieren zu können. Schließlich ist es möglich, daß Substitute zu unterschiedlichen Preisen verkauft werden.

Nicht so restriktiv wie eine angekündigte letzte Runde ist ein Beenden der Auktion für bestimmte Frequenzpakete, wenn eine gewisse Anzahl von Runden auf diese Pakete keine neuen Gebote mehr abgegeben wurden. Der Vorteil ist, daß auf bereits versteigerte Frequenzpakete anschließend keine Vergeltungsgebote mehr abgegeben werden können. Damit wird die Möglichkeit zur Durchsetzung einer Kollusion eingeschränkt. Die Auktion erhält den Charakter einer Mischung aus simultaner und sequentieller Englischer Auktion. Allerdings besteht auch bei dieser Maßnahme die Gefahr fehlgeschlagener Aggregationen von Frequenzpaketen und damit einer ineffizienten Allokation.

Beide Maßnahmen sollten insbesondere dann angewendet werden, wenn die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion aufgrund der Wettbewerbssituation besonders hoch ist.

⁷⁹ Voraussetzung ist allerdings, daß der Bieter nicht durch die Aktivitätsregeln daran gehindert wird, für weitere Frequenzen zu bieten. Große Bieter könnten dabei einen Vorteil haben, da ihre Aktivität ihnen erlaubt, in der letzten Runde auf mehr Frequenzen zu bieten als kleinere Bieter.

5.2.3.2 Verwendung anderer Auktionsformen

Im vorherigen Abschnitt wurden Maßnahmen zur Verringerung der Kollusionsanfälligkeit untersucht, die innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion vorgenommen werden können. Im folgenden wird dargestellt, inwieweit die Verwendung anderer Auktionsformen geeignet ist, eine Kollusion zu verhindern und das Ziel einer effizienten Frequenzallokation zu erreichen.

Simultane Erst- oder Zweitpreisauktionen sind zwar weniger anfällig für eine Kollusion, allerdings haben Erfahrungen in Neuseeland und Australien gezeigt, daß diese aufgrund der Interdependenz der Frequenzpakete nicht in der Lage sind, effiziente Allokationen zu erzielen. Ebenfalls eine geringere Kollusionsanfälligkeit besitzen die sequentiellen Erstpreis-, Zweitpreis- oder Englischen Auktionen. Sie sind zwar besser geeignet, die Auktionsziele zu erreichen als simultane Erst- oder Zweitpreisauktionen, jedoch ist auch hier eine effiziente Allokation der Frequenzen nicht sicher. Da die Bieter bei der Versteigerung der ersten Frequenzpakete keine Kenntnisse darüber haben, wie hoch die Gebote für die nachfolgenden Frequenzpakete sein werden, besteht insbesondere bei komplementären Frequenzpaketen die Gefahr, daß Bieter nur unvollständige Aggregationen ersteigern. Zudem ist es möglich, daß Substitute zu unterschiedlichen Preisen verkauft werden.

Schließlich ist die Verwendung einer allgemeinen Vickrey-Auktion möglich. Bei dieser Auktion gibt jeder Bieter einmalig für alle möglichen Aggregationen von Frequenzpaketen Gebote ab. Der Auktionator wählt daraus die Allokation, welche die Summe der Gebote maximiert. Sei B_N die Summe dieser Gebote und B_i die Summe der erfolgreichen Gebote von Bieter i . Sei X die maximale Summe der Gebote, falls Bieter i nicht an der Auktion teilnimmt. Dann muß Bieter i den Verlust an Geboten, der den anderen Bietern durch das eigene Bieten entsteht,

$$X - (B_N - B_i),$$

als Preis für die Frequenzen an den Auktionator bezahlen. In der allgemeinen Vickrey-Auktion stellt die wahrheitsgemäße Offenbarung der eigenen Wertschätzungen eine (schwach) dominante Strategie dar. Die Maximierung der Gebote seitens des Auktionators führt daher zu einer effizienten Allokation (Dasgupta und Maskin 2000).

Im folgenden Beispiel wird die Berechnung der Vickrey-Preise verdeutlicht. Wenn alle Bieter als Gebote ihre Wertschätzungen angeben, maximiert der Auktionator die Summe der Gebote, wenn Bieter A und Bieter B jeweils ein Frequenzpaket erhalten. Als Preis müssen sie den Verlust der Wertschätzungen der anderen Bieter zahlen.⁸⁰

	Wert für Frequenz 1	Wert für Frequenz 2	Wert für Paket (1+2)	Vickrey-Preis
Bieter A	10	10	10	$5 = 25 - (30 - 10)$
Bieter B	20	20	20	$15 = 25 - (30 - 20)$
Bieter C	0	0	25	0

Tabelle 11: Beispiel einer Vickrey-Auktion (Cramton et al. 1997b, S. 19)

Wenn die Frequenzen einen hohen Anteil an privater Wertschätzung haben, so ist diese Auktion der mehrstufigen simultanen Auktion überlegen. Kollusion ist zwar auch bei dieser Auktionsform möglich und als Gleichgewicht durchsetzbar, jedoch kann aufgrund des geschlossenen Charakters die kollusive Koordination der Gebote nicht während der Auktion erfolgen. Die Kollusionsanfälligkeit ist somit geringer als in der mehrstufigen simultanen Auktion.

Jedoch hat die Vickrey-Auktion auch Nachteile. Aufgrund der geschlossenen Auktionsform können Bieter nicht aus den Geboten anderer Bieter lernen. Außerdem ist die Auktion relativ intransparent und es ist möglich, daß verschiedene Bieter für gleichartige Frequenzpakete unterschiedliche Preise zahlen müssen. Schließlich ist die Vickrey-Auktion nur für die Vergabe einer kleinen Anzahl von Frequenzpaketen praktikabel, da ein Bieter für jede mögliche Kombination von Paketen ein Gebot abgeben muß.⁸¹ Werden jedoch nur wenige oder gleichartige Frequenzpakete versteigert und bestehen die

⁸⁰ Cramton et al. (1997b, S. 11-17), Milgrom (1999, S. 18-21) und Bolle (1996, S. 18-19) diskutieren die Vickrey-Auktion als Vergabemechanismus aufgrund einer möglichen Ineffizienz der mehrstufigen simultanen Auktion (Exposure-Problem). Im obigen Beispiel könnte in einer mehrstufigen simultanen Auktion Bieter C bei beiden Frequenzen bis zum Preisvektor (12,5 ; 12,5) mitbieten. Bieter A würde vorher aussteigen und Bieter B nur bei einem Frequenzpaket ein höheres Gebot abgeben. Damit bleibt Bieter C mit Verlust auf einem Paket sitzen. Zudem wäre die Allokation nicht effizient. Das Exposure-Problem kann immer dann auftreten, wenn Frequenzen für einige Bieter Substitute und für andere Bieter Komplemente darstellen. Bei der Vickrey-Auktion tritt dieses Problem jedoch nicht auf.

⁸¹ Bei n Frequenzpaketen sind dies $2^n - 1$ Gebote. Diese Zahl wird genau dann verringert, wenn einige Pakete gleichartig sind. Bei der GSM-1800er Auktion hätten beispielsweise nur 18 Gebote abgegeben werden müssen, da 9 von 10 Frequenzpaketen gleichartig waren.

Wertschätzungen der Bieter aus einem relativ hohen privaten Anteil, so stellt die Vickrey-Auktion, insbesondere bei einer geringen Wettbewerbsintensität, eine ernsthafte Alternative zur mehrstufigen simultanen Auktion dar.

5.3 Beurteilung der Ergebnisse

In Auktionen zur Frequenzvergabe gab es in der Vergangenheit wiederholt Anhaltspunkte für kollusives Bietverhalten, insbesondere bei einer geringen Wettbewerbsintensität. Eine Kollusion der Bieter gefährdet die Erreichung der Vergabeziele. Es können negative Folgen für die Effizienz des Auktionsergebnisses eintreten und der Erlös des Staates vermindert sich. Es gibt vielfältige Maßnahmen innerhalb und außerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion, um die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion zu verringern. Bei der Entscheidung über diese Maßnahmen müssen neben der positiven Wirkung einer geringeren Kollusionsanfälligkeit jedoch auch die möglicherweise negativen Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Erreichung der Vergabeziele berücksichtigt werden. Die Wahrscheinlichkeit und Stärke der positiven und negativen Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen sind abhängig von den Rahmenbedingungen der konkreten Vergabesituation. Insofern ist es nicht möglich, ein allgemein optimales Auktionsdesign zu entwickeln. Um dem Auktionator jedoch bei der Wahl der Auktionsregeln eine Entscheidungshilfe im Hinblick auf die Verringerung der Kollusionsanfälligkeit zu geben, wurden die Wirkungen der einzelnen Maßnahmen aufgezeigt:

- Maßnahmen innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion, welche die Beschränkung der Gebote und deren Rücknahme, die Informationspolitik während der Auktion oder auch die Kontrolle der Bieter durch eine Auktion „vor Ort“ betreffen, haben nur dann eine Auswirkung auf die Kollusionsanfälligkeit, wenn aufgrund der hohen Zahl von Bietern und Frequenzpaketen die Koordination der Gebote das eigentliche Problem kollusiver Bieter ist. Ansonsten sind diese Maßnahmen nicht geeignet, eine Kollusion wesentlich zu erschweren. Sie haben jedoch auch keine gravierenden sonstigen Nachteile. Eine restriktive Informationspolitik über die teilnehmenden Bieter vor der Auktion und eine kurze Zeitspanne zwischen Bekanntgabe der teilnehmenden Bieter und der eigentlichen Auktion sind dagegen sehr wirkungsvoll, um eine Kollu-

sion der Bieter durch Zusammenschlüsse und gegenseitigen Beteiligungen zu verhindern.

- Die Wettbewerbsintensität hat einen entscheidenden Einfluß auf die Kollusionsanfälligkeit. Ist die Zahl der ernsthaften Bieter geringer als die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen und gibt es Kollusionsergebnisse im Kern, so sollte die Wettbewerbsintensität gefördert werden. Zum einen kann dieses durch Maßnahmen erreicht werden, welche die Bieterzahl und -nachfrage erhöhen, wie beispielsweise die Zulassung eines offenen Bieterkreises. Dadurch vermindert sich die Kollusionsanfälligkeit, ohne daß es gravierende andere negative Auswirkungen auf die Erreichung der Auktionsziele gibt. Zum anderen ist es möglich, die Anzahl der Frequenzpakete zu verringern. Schon eine geringe Veränderung der Anzahl und Größe der Frequenzpakete kann eine starke Auswirkung auf die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion haben. Auch sollte unter Umständen die Zahl der Frequenzpakete erst kurz vor der Auktion festgelegt und bekanntgegeben werden, um den Anreiz zu Zusammenschlüssen von Bietern im Vorfeld der Auktion zu senken.
- Ist es nicht möglich oder sinnvoll, durch diese Maßnahmen die Kollusionsmöglichkeiten im Kern zu verringern oder besteht die Gefahr einer Kollusion mit Seitenzahlungen, so sollten die Closing-Rules geändert werden. Durch eine angekündigte letzte Bietrunde beispielsweise kann eine Kollusion innerhalb der Auktion nicht mehr als Gleichgewicht durchgesetzt werden. Die Kollusionsanfälligkeit wird somit erheblich gemindert. Eine angekündigte letzte Bietrunde kann jedoch negative Auswirkungen auf die Effizienz des Auktionsergebnisses haben, da die Auktion in dieser Runde den Charakter einer simultanen Erstpreisauktion bekommt und die wünschenswerten Eigenschaften einer offenen Auktion nicht mehr gegeben sind. Solche Maßnahmen sollten demnach nur dann angewandt werden, wenn aufgrund der geringen Wettbewerbsintensität eine Kollusion sehr wahrscheinlich ist und die Wettbewerbsintensität nicht durch andere Maßnahmen erhöht werden kann.
- Die alternative Verwendung einer geschlossenen Auktionsform - wie der Vickrey-Auktion - verhindert eine kollusive Koordination der Bietstrategien während der Auktion und vermindert somit die Kollusionsanfälligkeit erheblich. Die Anwendung eines solchen Verfahrens ist insbesondere bei der Vergabe von wenigen Frequenzpa-

keten mit einem hohen privaten Anteil an den Wertschätzungen, komplementären Frequenzen und einer eher geringen Wettbewerbsintensität ernsthaft zu bedenken. Allerdings ist diese Auktionsform noch unerprobt, relativ komplex und intransparent.

In einem wichtigen Punkt kann ein allgemeingültiges Fazit gezogen werden. Ist die Wettbewerbsintensität niedrig, das heißt ist die Zahl der Bieter mit hohen Wertschätzungen gleich groß oder geringer als die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen, so stellt die mehrstufige simultane Auktion in der bisher angewandten Form kein geeignetes Instrument zur Allokation des Frequenzspektrums dar. Die Bieter haben bei dieser Auktionsform die Möglichkeit, sich ohne vorherige Absprachen in der Auktion auf eine Kollusion ohne Seitenzahlungen zu einigen, die als Gleichgewicht durchgesetzt werden kann. Anhaltspunkte eines solchen kollusiven Bietverhaltens waren beispielsweise bei der Auktion zur Vergabe der GSM-1800er-Frequenzen oder bei der UMTS-Auktion in Österreich zu beobachten. Der Auktionator sollte in diesem Fall eine andere Auktionsform wählen und die Closing-Rules so ändern, daß Kollusion kein Gleichgewicht mehr darstellt oder die Frequenzpakete so bündeln, daß keine Kollusion möglich ist. Ist dagegen die Zahl der Bieter mit hohen Wertschätzungen höher als die Zahl der sinnvollen Aggregationen von Frequenzpaketen, so ist die mehrstufige simultane Auktion das geeignete Instrument zur Allokation des Frequenzspektrums. Eine ausreichend hohe Wettbewerbsintensität gab es beispielsweise bei der Vergabe der UMTS-Lizenzen in Großbritannien und Deutschland, wo eine Kollusion von Bietern nicht zu erkennen war.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Auktionen stellen heute ein zunehmend wichtiges Instrument dar, um verschiedenste Güter effizient und mit einem hohen Erlös zu verkaufen. Für die an einer Auktion teilnehmenden Bieter besteht jedoch der Anreiz, den Wettbewerb durch Absprache der Gebote außer Kraft zu setzen, um den für die Güter zu zahlenden Preis zu senken. Eine solche Kollusion kann aus Sicht des Verkäufers den Erlös und die Effizienz des Auktionsergebnisses erheblich verringern. Ungeachtet der hohen praktischen Bedeutung von Kollusion in Auktionen gibt es dazu bislang nur wenige theoretische Untersuchungen.

Das Ziel dieser Arbeit war es zunächst, einen Beitrag zur Entwicklung der Theorie von Kollusion in Auktionen zu leisten. Dazu wurden die wichtigsten Erkenntnisse der Theorie von Kollusion in Standardauktionen dargestellt, an geeigneter Stelle erweitert und offene Fragestellungen in eigenen Modellen beantwortet. Zudem wurde in vornehmlich neuen Modellen die Kollusion von Bietern in erweiterten Auktionen untersucht. Neben der Entwicklung neuer theoretischer Modelle lag das zweite Ziel dieser Arbeit darin, Empfehlungen für den Verkäufer hinsichtlich der Wahl des Auktionsdesigns aufzuzeigen, um das Risiko von Kollusion zu mindern. Diese Empfehlungen wurden aus den theoretischen Modellen abgeleitet und im Hinblick auf die aktuellen Auktionen zur Frequenzvergabe konkretisiert.

Nach einem Überblick über die Grundlagen der Auktionstheorie wurde im dritten Kapitel Kollusion in Standardauktionen unter der Annahme möglicher Seitenzahlungen untersucht. Die Bieter einer Koalition können ihren Nutzen maximieren und eine effiziente Kollusion erreichen, wenn nur der Bieter mit der höchsten Wertschätzung für das Gut in der Auktion bietet. Dabei sind verschiedene interne Kollusionsmechanismen denkbar, die den Bietern über ein System von Seitenzahlungen den Anreiz geben, ihre Wertschätzungen wahrheitsgemäß zu offenbaren und es der Koalition somit erlauben, eine effiziente Kollusion zu erreichen:

- Es wurde dargelegt, daß effiziente Kollusion in einer Zweitpreisauktion⁸² bei heterogenen Bieter mit Hilfe eines außenstehenden Agenten, welcher die Seitenzahlungen koordiniert, erreicht werden kann. Zwar sind die Seitenzahlungen zwischen den Bietern nur im Erwartungswert, das heißt ex ante, ausgeglichen, der Vorteil dieses Mechanismus besteht jedoch darin, daß das Offenbaren der eigenen Wertschätzung für die Bieter eine schwach dominante Strategie darstellt. Dieser Mechanismus wurde von Graham und Marshall (1987) aufgezeigt.
- Demgegenüber ist effiziente Kollusion in Zweitpreisauktionen auch durch einen Mechanismus ohne außenstehenden Agenten möglich, bei dem die Seitenzahlungen zwischen den Bietern ex post ausgeglichen sind. Dieser Mechanismus wurde von Mailath und Zemsky (1991) entwickelt. Er ist jedoch nicht in einer für die Bieter „einfachen Spielform“ implementierbar. Es wurde gezeigt, daß alle ex post ausgeglichenen und effizienten Kollusionsmechanismen in Zweitpreisauktionen die gemeinsame Eigenschaft besitzen, daß der erwartete Nutzen eines Bieters, an der Kollusion teilzunehmen, unabhängig von seiner aktuellen Wertschätzung ist.
- Schließlich wurde der Mechanismus, welcher ursprünglich von McAfee und McMillan (1992) für eine vollständige Kollusion homogener Bieter in Erstpreisauktionen entwickelt wurde, erweitert. Es wurde aufgezeigt, daß dieser Mechanismus eine effiziente Kollusion auch dann ermöglicht, wenn der Auktionator eine andere Auktionsform verwendet oder nicht alle Bieter an der Kollusion beteiligt sind. Der Mechanismus kann implementiert werden, indem die einzelnen Bieter in einer vorgeschalteten Erstpreisauktion um das Recht bieten, an der eigentlichen Auktion teilzunehmen, und der Gewinner der vorgeschalteten Auktion einen Betrag in Höhe seines Gebotes gleichmäßig an die anderen Bieter verteilt.

Anschließend wurden die Auswirkungen einer effizienten Kollusion auf die Auszahlungen der Bieter und den Erlös des Verkäufers in verschiedenen Auktionsformen untersucht. Unter der Annahme von gleichverteilten Wertschätzungen der Bieter wurden - vornehmlich anhand eigener Modelle - folgende Ergebnisse erzielt:

⁸² Die Aussagen für die Zweitpreisauktion gelten, sofern nicht anders dargestellt, gleichermaßen für die Englische Auktion.

- In der Zweitpreisauktion und der Englischen Auktion hat eine Kollusion einen positiven Effekt auf die erwartete Auszahlung der an der Kollusion beteiligten Bieter, die dem Verkäufer verloren geht. Die Auszahlung der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter ändert sich dagegen nicht. Bei effizienter Kollusion im Rahmen einer Zweitpreisauktion ist darüber hinaus festzustellen, daß das Auktionsergebnis ebenfalls stets effizient ist.
- In der Erstpreisauktion ist diese Effizienz hingegen nicht immer gegeben, da der Koalitionsbieter und die Einzelbieter unterschiedliche Bietstrategien verwenden. Werden aus diesen Bietstrategien die erwarteten Auszahlungen berechnet, so zeigt sich, daß in der Erstpreisauktion eine Kollusion einen positiven externen Effekt auf die Auszahlung der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter hat. Dieser externe Effekt tritt unabhängig davon auf, ob die Einzelbieter über die Existenz einer Kollusion informiert sind oder nicht. Bei ausreichend großer Anzahl der Bieter wird dieser Effekt sogar so groß, daß es für den einzelnen Bieter nicht mehr individuell rational ist, an der Kollusion teilzunehmen.
- Da der Verkäufer eines Gutes in der Erstpreisauktion einen höheren Erlös zu erwarten hat als in der Zweitpreisauktion und da die Kollusion in der Erstpreisauktion instabiler als in der Zweitpreisauktion ist, sollte der Verkäufer die Erstpreisauktion als Auktionsform wählen, falls er bei der Gefahr der Kollusion von Bietern die Maximierung seiner Auszahlung anstrebt. Falls sein Ziel dagegen in der effizienten Allokation des Gutes liegt, ist die Zweitpreisauktion als Auktionsform vorzuziehen, da hierbei ineffiziente Auktionsergebnisse weitgehend ausgeschlossen sind.
- Wie bei der Erstpreisauktion ist auch bei der Allpay-Auktion das Auktionsergebnis nicht immer effizient. Bei Nichtinformation der Einzelbieter über die Kollusion kann die Existenz einer kleinen Koalition in der Allpay-Auktion einen negativen externen Effekt auf die erwartete Auszahlung der Einzelbieter haben, so daß diese sogar eine negative Auszahlung zu erwarten haben. Bei ansteigender Koalitionsgröße wird der externe Effekt positiv und bei ausreichender Anzahl der Koalitionsbieter übersteigt die Auszahlung eines Einzelbieters die Auszahlung eines Koalitionsbieters.

- Sind dagegen alle Bieter über die Kollusion informiert, existiert ein eindeutiges Bayes-Nash-Gleichgewicht bei Kollusion in der Allpay-Auktion, und Bietstrategien von Koalition und Einzelbieter können berechnet werden. Es zeigt sich, daß die Existenz einer Kollusion, ebenso wie in der Erstpreisauktion, einen positiven externen Effekt auf die erwartete Auszahlung der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter hat. Jedoch ist die erwartete Auszahlung eines Einzelbieters bei gegebener Koalitionsgröße nur bei hinreichend großer Koalition höher als die eines Koalitionsbieters. Während eine Kollusion aller Bieter bei kleiner Bieterzahl realisiert werden kann, ist es bei größerer Bieterzahl für den einzelnen Bieter ab einer gewissen Koalitionsgröße nicht mehr individuell rational, an der Kollusion teilzunehmen. Eine Kollusion aller Bieter scheint daher bei größerer Bieterzahl eher unwahrscheinlich.

Im vierten Kapitel dieser Arbeit wurde Kollusion in erweiterten Auktionen betrachtet, das heißt Situationen, bei denen mehrere Güter verkauft werden. Im Gegensatz zu Standardauktionen gibt es in erweiterten Auktionen zusätzliche Kollusionsmöglichkeiten. Durch die Mehrzahl der Güter können die Bieter auch ohne Seitenzahlungen eine Kollusion erreichen, indem sie die Güter ohne einen echten Bietwettbewerb zu niedrigen Preisen unter sich aufteilen.

- In wiederholten Auktionen können die Bieter einen Kollusionsmechanismus mit identischen oder mit rotierenden Geboten verwenden. Unter der Annahme vollständiger Information konnte gezeigt werden, in welcher Weise die Stabilität einer Kollusion von der Zahl der Bieter, ihren Wertschätzungen, dem verwendeten Kollusionsmechanismus, der Zeit zwischen den Auktionen sowie der vom Verkäufer verwendeten Auktionsform abhängt. Ist aufgrund einer geringen Bieterzahl die Wahrscheinlichkeit einer Kollusion groß, sollte der Auktionator die Güter mit Hilfe von Erstpreisauktionen in größerem zeitlichen Abstand in wenigen Bündeln verkaufen.
- Unter der Annahme asymmetrischer Information wurde anschließend ein spezieller, für die Bieter einfach zu implementierender Kollusionsmechanismus mit rotierenden Geboten (SRB-Mechanismus) entwickelt. Beim SRB-Mechanismus ist die Reihenfolge der Gebote nicht festgelegt, sondern hängt von den Angaben der Bieter ab. Es zeigt sich, daß dieser Mechanismus für die Bieter eine höhere Auszahlung erwarten läßt als die bisher bekannten Mechanismen mit identischen oder rotierenden Geboten.

ten. Die für Standardauktionen geltende Aussage, daß es ohne die Möglichkeit von Seitenzahlungen keinen besseren Mechanismus als die Abgabe von identischen Geboten gibt, läßt sich für wiederholte Auktionen daher nicht aufrecht erhalten.

Anschließend wurde die Situation untersucht, in welcher eine größere Anzahl von Gütern zu einem bestimmten Zeitpunkt mit Hilfe einer Auktion verkauft wird. Auch hier besteht die Gefahr einer Kollusion ohne Seitenzahlungen. Da eine solche Kollusion aus Sicht des Verkäufers in der Regel negative Folgen für den Erlös und die Effizienz des Auktionsergebnisses hat, wurde untersucht, von welchen Faktoren die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion abhängt und wodurch eine Kollusion verhindert werden kann. Die Kollusionsanfälligkeit einer Auktion kann anhand folgender Kriterien beurteilt werden: Ob ein Kollusionsergebnis im Kern existiert, ob dieses als Gleichgewicht implementiert werden kann, das für eine Kollusion notwendige Maß an Kommunikation und die Fairneß des Kollusionsergebnisses.

- Unter der Annahme vollständiger Information unter den Bietern wurde gezeigt, daß verschiedene Auktionsmechanismen unterschiedlich stark für eine Kollusion anfällig sind. Die Form der Auktion beeinflußt maßgeblich, ob eine Kollusion als Gleichgewicht durchgesetzt werden kann und ob die Kollusion auch ohne explizite Absprachen der Bieter über die Aufteilung der Güter erreicht werden kann. In simultanen und sequentiellen Erstpreisauktionen stellt Kollusion niemals ein teilspielperfektes Gleichgewicht dar, während in simultanen Englischen Auktionen ein kollusives Ergebnis im Kern ohne vorherige Absprachen stets als teilspielperfektes Gleichgewicht durchgesetzt werden kann. Alle anderen Auktionsmechanismen liegen bezüglich ihrer Kollusionsanfälligkeit dazwischen. Bei der Zweitpreisauktion ist die sequentielle Form stärker für eine Kollusion anfällig als die simultane Form, bei der Englischen Auktion ist es umgekehrt.
- Auch die Güterbündelung hat einen Einfluß auf die Kollusionsanfälligkeit der Auktion. Werden die Güter so gebündelt, daß ihre Anzahl geringer ist als die Anzahl der Bieter mit gleichen Wertschätzungen, so ist eine Kollusion ohne Seitenzahlungen nicht möglich. Ist die Anzahl der Güter dagegen gleich oder größer als die Zahl der Bieter mit den gleichen Wertschätzungen, so ist eine Kollusion der Bieter sehr wahr-

scheinlich. Durch eine Kollusion sinkt der Erlös für den Verkäufer und die Effizienz des Auktionsergebnisses wird insbesondere bei komplementären Gütern vermindert.

Daß eine solche Kollusion unter den genannten Bedingungen in der Praxis tatsächlich erfolgen kann, wurde im fünften Kapitel anhand der Auktionen zur Vergabe von Frequenzspektrum dargestellt. Die Angebots- und Nachfragebedingungen der GSM-1800er Auktion scheinen es den Bietern ermöglicht zu haben, ein faires Kollusionsergebnis zu erreichen, das durch die Form der mehrstufigen simultanen Auktion ohne vorherige Absprache als Gleichgewicht durchsetzbar war. Stellt sich die Situation für den Verkäufer so dar, daß die Möglichkeit einer Kollusion wahrscheinlich ist, so sollte er geeignete Maßnahmen ergreifen, um die Kollusion zu verhindern, da sich sonst negative Folgen für Effizienz und Erlös ergeben können. Dabei sind Maßnahmen innerhalb der mehrstufigen simultanen Auktion möglich oder es kann eine andere Auktionsform verwendet werden. Um dem Verkäufer eine Entscheidungshilfe für die Wahl des geeigneten Auktionsdesigns zu geben, wurden die Wirkungen verschiedener Gegenmaßnahmen zur Vermeidung einer Kollusion eingehend diskutiert. Die Wahl des optimalen Auktionsdesigns ergibt sich letztlich durch eine Abwägung der einzelnen Argumente im Hinblick auf die spezifische Vergabesituation.

Im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Theorie von Kollusion in Auktionen können folgende Aussagen getroffen werden. In der Theorie der Kollusion in Standardauktionen beschränkt sich die vorliegende Ausarbeitung ebenso wie die Literatur weitgehend auf das sogenannte „Independent Private Values model“. Dagegen sind bisher nur wenige Modelle entwickelt worden, welche Kollusion in Auktionen im „Common Value model“ analysieren, bei denen die Bieter eine gemeinsame, aber unbekannte Wertschätzung über das Gut haben (wie zum Beispiel bei der Versteigerung von Ölvorkommen). In diesem Fall tritt, neben der angestrebten Abschwächung der Konkurrenz, als weiterer Grund für Absprachen der Austausch von Informationen über den Wert des Gutes hinzu. Überlegungen hierzu finden sich bei Hendricks und Porter (1989). Lyk-Jensen (1996) erweitert Kollusionsmechanismen auf Auktionsmodelle mit „affiliated values“.

Für die Zweitpreisauktion wurde ein effizienter Kollusionsmechanismus für heterogene Bieter dargestellt. Bei dem für andere Auktionsformen entwickelten Mechanismus ist dagegen die Homogenität der Bieter eine notwendige Voraussetzung. Da jedoch in der

Realität die Bieter eher als heterogen anzusehen sind, ist die Entwicklung eines effizienten Kollusionsmechanismus für heterogene Bieter in anderen Auktionsformen von Interesse.

Die Analyse der Kollusionseffekte beschränkte sich auf Bieter, deren Wertschätzungen gleichverteilt sind. Anzustreben wäre eine Erweiterung dieser Modelle auf allgemeine Verteilungsfunktionen.

Viele Modelle des Innovationswettbewerbs und des „lobbying“ verwenden als Modellrahmen die Allpay-Auktion. Die vorgestellten Ergebnisse über Kollusion in Allpay-Auktionen könnten sich auch auf diese Modelle auswirken, insbesondere bei der Modellierung der Zusammenarbeit von Unternehmen bei gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten.

In der Theorie der erweiterten Auktionen wurde für Kollusion ohne Seitenzahlungen in wiederholten Auktionen der SRB-Mechanismus entwickelt. Zu fragen ist, ob es andere Kollusionsmechanismen gibt, die für die Bieter zu einer noch höheren Auszahlung führen. Ist es möglich, einen optimalen Kollusionsmechanismus zu entwickeln?

Bei der Untersuchung von Kollusion in Auktionen für mehrere Güter ist es sinnvoll, die Annahme der asymmetrischen Information in die Modelle mit einzubeziehen. Es stellt sich dann die Frage, wie die an der Kollusion beteiligten Bieter bei privater Information über die Wertschätzungen eine möglichst effiziente Aufteilung der Güter erreichen. Kwasnica (1998) und Pesendorfer (2000) beschreiben Mechanismen zur Aufteilung der Güter. In der mehrstufigen simultanen Auktion könnte die Aufteilung durch Signalisierung erfolgen (Brusco und Lopomo 1999). Schließlich könnte die Untersuchung von Kollusion auf andere Auktionsformen ausgedehnt werden, wie beispielsweise die theoretisch interessante Vickrey-Auktion.

Neben der Weiterentwicklung der theoretischen Modelle sollte sich die Analyse von Kollusion in Auktionen zunehmend auch mit konkreten praktischen Problemen beschäftigen, da Auktionen und damit auch das Auktionsdesign in der Realität eine immer stärkere Rolle spielen.

Dazu sind in zunehmenden Maße auch empirische Untersuchungen von Kollusion in Auktionen notwendig. Bisher gibt es dazu allerdings erst wenige Untersuchungen (Laffont 1997, S. 26). Ein Beispiel für eine empirische Untersuchung findet sich bei Pesendorfer (2000). Neben empirischen Untersuchungen könnten Experimente zur Überprüfung der theoretischen Erkenntnisse über Kollusion in Auktionen dienen. Ansätze hierzu finden sich bei Artale (1997), Goswami et al. (1996) und Kwasnica (1998).

Ein bekanntes Problem ist Kollusion in öffentlichen Ausschreibungen. Da es bei einem großen Teil der öffentlichen Ausschreibungen zu Absprachen der Bieter kommt, ist nach Möglichkeiten zu fragen, eine Kollusion am Bietverhalten zu entdecken. Dazu wäre es sinnvoll, die bestehenden Daten der öffentlichen Ausschreibungen empirisch auszuwerten, um das für eine Kollusion charakteristische Bietverhalten zu ermitteln (Hendricks und Porter 1989, S. 218). In zunehmenden Maße werden Auktionen vom Staat auch zur Allokation von anderen Gütern, wie beispielsweise Frequenzspektrum, eingesetzt. Trotz der großen Bedeutung dieser Auktionen ist die Zahl der theoretischen und empirischen Arbeiten auf diesem Gebiet noch sehr begrenzt. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um das Auktionsdesign weiterzuentwickeln und zu prüfen, ob solche Auktionen auch in anderen Bereichen der staatlichen Vergabe eingesetzt werden sollten.

Durch gesunkene Transaktionskosten infolge neuer Technologien wie dem Internet bekommen Auktionen auch bei traditionellen Transaktionen eine immer stärkere Bedeutung. Auf elektronischen Marktplätzen werden sowohl bekannte als auch neuartige Auktionsformen eingesetzt. Beim Auktionsdesign ist die Kollusionsanfälligkeit als ein wesentliches Kriterium zu beachten. Deshalb sollte Kollusion in Auktionen im Hinblick auf die besondere Umgebung und Zielsetzung im Bereich von Transaktionen auf elektronischen Märkten ein bedeutsamer Untersuchungsgegenstand sein.

Kollusion in Auktionen bleibt nicht nur aus theoretischer Sicht, sondern gerade im Hinblick auf die in der Praxis ständig wachsende Bedeutung von Auktionen ein wichtiges Thema.

ANHANG

Berechnung der erwarteten Auszahlungen in der Allpay-Auktion bei uninformierten Einzelbietern (Abschnitt 3.3.4.1):

$$\begin{aligned}
 EU_K &= \frac{1}{k} \cdot E\left[v \cdot \Pr[b_K(v) > b_{-K}] - b_K(v)\right] \\
 &= \frac{1}{k} \cdot \int_0^1 \left(v \cdot \Pr[b_K(v) > b_{-K}] - b_K(v)\right) \cdot kv^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 \left(v \cdot \Pr\left[\left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}v\right)^{\frac{n}{k}} > \frac{n-1}{n}v_{-K}^n\right] - b_K(v)\right) \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 \left(v \cdot \Pr\left[\left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{n}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}v\right)^{\frac{n}{k}} > v_{-K}^n\right] - b_K(v)\right) \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 \left(v \cdot \Pr\left[\left(\frac{s}{n-1}v\right)^{\frac{1}{k}} > v_{-K}\right] - b_K(v)\right) \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 \left(v \cdot \left(\frac{s}{n-1}v\right)^{\frac{s}{k}} - \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}v\right)^{\frac{n}{k}}\right) \cdot v^{k-1} dv \\
 &= \int_0^1 v^{\frac{s}{k}+k} \cdot \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} - v^{\frac{n}{k}+k-1} \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}} dv \\
 &= \int_0^1 v^{\frac{s}{k}+k} \cdot \left(\left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} - \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}}\right) dv \\
 &= \frac{1}{\frac{s}{k} + k + 1} \cdot \left(\left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} - \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}}\right) \\
 &= \frac{k}{n+k^2} \cdot \left(\left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} - \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \cdot \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}}\right).
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EU_s &= E[v \cdot \Pr[b_s(v) > b_{-s}] - b_s(v)] \\
&= \int_0^1 v \cdot \Pr[b_s(v) > b_k] \cdot v^{s-1} - b_s(v) dv \\
&= \int_0^1 v^s \cdot \Pr\left[\frac{n-1}{n} v^n > \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}} v_k^{\frac{n}{k}}\right] - b_s(v) dv \\
&= \int_0^1 v^s \cdot \Pr\left[\left(\frac{n-1}{n}\right)^{\frac{s+1}{k}} \left(\frac{n}{s}\right)^{\frac{n}{k}} v^n > v_k^{\frac{n}{k}}\right] - b_s(v) dv \\
&= \int_0^1 v^s \cdot \Pr\left[\frac{n-1}{s} v^k > v_k\right] - b_s(v) dv \\
&= \int_0^{\left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{1}{k}}} v^s \cdot \left(\frac{n-1}{s} v^k\right)^k dv + \int_{\left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{1}{k}}}^1 v^s dv - \int_0^1 \frac{n-1}{n} v^n dv \\
&= \frac{1}{k^2 + s + 1} \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{k^2 + s + 1}{k}} \left(\frac{n-1}{s}\right)^k + \frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+1} \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s+1}{k}} - \frac{n-1}{n \cdot (n+1)} \\
&= \frac{1}{k^2 + s + 1} \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s+1}{k}} + \frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+1} \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s+1}{k}} - \frac{n-1}{n \cdot (n+1)} \\
&= \left(\frac{1}{k^2 + s + 1} - \frac{1}{s+1}\right) \left(\frac{s}{n-1}\right)^{\frac{s+1}{k}} + \frac{1}{s+1} - \frac{n-1}{n \cdot (n+1)}.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
EU_v &= E[b_k(v)] + s \cdot E[b_s(v)] \\
&= \int_0^1 \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \left(\frac{s}{n} v\right)^{\frac{n}{k}} \cdot k \cdot v^{k-1} dv + s \cdot \int_0^1 \frac{n-1}{n} v^n dv \\
&= \int_0^1 \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}} \cdot k \cdot v^{\frac{n}{k} + k - 1} dv + s \cdot \int_0^1 \frac{n-1}{n} v^n dv \\
&= \frac{k}{\frac{n}{k} + k} \left(\frac{n}{n-1}\right)^{\frac{s}{k}} \left(\frac{s}{n}\right)^{\frac{n}{k}} + \frac{s \cdot (n-1)}{n \cdot (n+1)}.
\end{aligned}$$

Folgende Aussagen müssen im Bayes-Nash-Gleichgewicht der Allpay-Auktion gelten (siehe auch Amann und Leininger 1996):

LEMMA 1. Träger von $\lambda_K =$ Träger von λ_S

LEMMA 2. λ_K ist stetig im Intervall $[0, b_S(1)]$ mit $b_S(1) \leq 1$,
 λ_S ist stetig im Intervall $[0, b_K(1)]$ mit $b_K(1) \leq 1$.

LEMMA 3. Sei $v_K > v_K'$, $b = b_K(v_K)$ und $b' = b_K(v_K')$. Dann gilt: $\lambda_S(b) > \lambda_S(b')$.

LEMMA 4. Träger von $\lambda_K = [0, \max b_K(v_K)]$, $v_K \in [0,1]$
Träger von $\lambda_S = [0, \max b_S(v_S)]$, $v_S \in [0,1]$

LEMMA 5. $\min\{\lambda_K(0), \lambda_S(0)\} = 0$.

Lemma 5 sagt aus, daß es im Gleichgewicht nicht möglich ist, daß die Koalition *und* die Einzelbieter bei einer positiven Wertschätzung ein Gebot von Null abgeben.

Beweis von Lemma 1. Angenommen $b = b_K(v_K) \notin \text{supp } \lambda_S$. Dann gibt es eine offene Umgebung um b , $U(b)$, so daß für alle $b' \in U(b)$, $\lambda_S(b') = \lambda_S(b)$. Angenommen $\lambda_S(b) > 0$, dann sinkt die Gewinnwahrscheinlichkeit (und damit die erwartete Auszahlung) der Koalition nicht, wenn sie ihr Gebot von b auf $b' < b$, mit $b' \in U(b)$, senkt. Daher kann b nicht die optimale Reaktionsstrategie zu $b = b_K(v_K)$ sein. Also ist $\lambda_S(b) = 0$. Das gleiche Argument gilt für die Einzelbieter.

Beweis von Lemma 2. Angenommen λ_s ist nicht stetig an der Stelle z , das heißt $z \in (0, b_K(1))$ und $\delta > 0$, so daß $\lambda_s(z) > \lambda_s(z - \varepsilon) + \delta$ für alle $\varepsilon < \varepsilon(\delta)$.

Es gilt folgende Ungleichungen:

$$\begin{aligned}
 U_K(z - \varepsilon, b_S | v_K) &= \lambda_s(z - \varepsilon)^s \cdot v_K - (z - \varepsilon) \\
 &< \left(\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \lambda_s(z - \varepsilon)^s \right) \cdot v_K - (z - \varepsilon) \\
 &< \left(\frac{1}{2} \left(\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \lambda_s(z - \varepsilon)^s \right) + \frac{1}{2} \lambda_s(z)^s - \frac{\delta}{2} \right) \cdot v_K - (z - \varepsilon) \\
 &= U_K(z, b_S | v_K) + \varepsilon - \frac{\delta}{2} \cdot v_K \\
 &< \left(\lambda_s(z)^s - \delta \right) \cdot v_K - (z - \varepsilon) \\
 &< U_K(z + \varepsilon, b_S | v_K) + 2\varepsilon - \delta \cdot v_K.
 \end{aligned}$$

Aus $v_K \geq \varphi = z / \lambda_s(z)$ folgt für alle $\varepsilon < \min\{\varepsilon(\delta), \delta/4 \cdot \varphi\} =: \bar{\varepsilon}$

$$U_K(z - \varepsilon, b_S | v_K) < U_K(z, b_S | v_K) - \frac{\delta}{4} v_K < U_K(z + \varepsilon, b_S | v_K) - \frac{\delta}{2} v_K.$$

Das bedeutet, daß die Koalition nicht bieten wird in dem Intervall $[z - \bar{\varepsilon}, z]$. Dies heißt, daß $\lambda_K(b_K)$ konstant ist für $b_K \in [0, 1]$. Dann kann aber $b_S = z$ keine beste Antwort der Einzelbieter auf $z = b_K(v_K)$ für $v_K \in [0, 1]$ sein (vgl. Argumente in Lemma 1). Daher muß λ_s stetig sein an der Stelle z . Eine ähnliche Argumentation gilt für den Koalitionsbieter.

Beweis von Lemma 3. Im Bayes-Nash-Gleichgewicht muß gelten:

$$\lambda_K(b, b_S | v_K) \geq \lambda_K(b', b_S | v_K) \quad \text{und} \quad \lambda_K(b', b_S | v_K') \geq \lambda_K(b, b_S | v_K')$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} & \left(\lambda_K(b, b_S | v_K) - \lambda_K(b', b_S | v_K) \right) + \left(\lambda_K(b', b_S | v_K') - \lambda_K(b, b_S | v_K') \right) \geq 0 \\ \Leftrightarrow & \left(\lambda_K(b, b_S | v_K) - \lambda_K(b, b_S | v_K') \right) + \left(\lambda_K(b', b_S | v_K') - \lambda_K(b', b_S | v_K) \right) \geq 0 \\ \Leftrightarrow & \left(v_K - v_K' \right) \cdot \lambda_S(b) + \left(v_K' - v_K \right) \cdot \lambda_S(b') \geq 0 \\ \Leftrightarrow & \left(v_K - v_K' \right) \left(\lambda_S(b) - \lambda_S(b') \right) \geq 0. \end{aligned}$$

Da der erste Term laut Annahme positiv ist, kann der zweite nicht negativ sein. Dieses war zu beweisen.

Beweis von Lemma 4. Angenommen es gibt ein „Loch“ (d, e) mit $0 < d < e < \max_{v_S \in [0,1]} b_S(v_S)$, über das λ_K konstant ist, während d und e zum Träger von λ_K gehören. Dann muß λ_S konstant auf dem Intervall (d, e) sein (Lemma 1). Da $\lambda_S(d) = \lambda_S(e)$, kann es für die Koalition niemals optimal sein, $b_K = e$ zu bieten. Es folgt, daß im Inneren des Intervalls $\left[0, \max_{v_K \in [0,1]} b_K(v_K)\right]$ kein Loch (d, e) existieren kann, ebensowenig wie im Intervall $\left[0, \max_{v_S \in [0,1]} b_S(v_S)\right]$.

Beweis von Lemma 5. Angenommen $\lambda_S(0) = t > 0$. Dann gilt

$$U_K(\varepsilon, b_S | v_K) = \lambda(\varepsilon)^s \cdot v_K - \varepsilon \geq t^s \cdot v_K - \varepsilon > \frac{t^s}{2} v_K = U_K(0, b_S | v_K) \quad \text{für alle } \varepsilon \leq (t^s/2) \cdot v_K.$$

Daher ist die erwartete Auszahlung bei Abgabe eines positiven Gebotes für jeden Typ der Koalition größer als die erwartete Auszahlung bei Abgabe eines Gebotes von 0.

LITERATURVERZEICHNIS

Abreu, D., Pearce, D. und Stacchetti, E. (1986). „Optimal Cartel Equilibria with Imperfect Monitoring“, *Journal of Economic Theory* 39, 251-269.

Amann, E. und Leininger, W. (1996). „Asymmetric All-Pay Auctions with Incomplete Information: The Two-Player Case“, *Games and Economic Behavior* 14, 1-18.

Afualo, V. und McMillan, J. (1996). „Auctions of Rights to Public Property“, Working Paper, Stanford University.

Artale, A. (1997). „Rings in Auctions: An Experimental Approach“, Berlin u.a. (1997).

Ausubel, L.M. (1997). „An Efficient Ascending-Bid Auction for Multiple Objects“, Working Paper, University of Maryland.

Ausubel, L.M., Cramton, P., McAfee, P. und McMillan, J. (1997). „Synergies in Wireless Telephony: Evidence from the Broadband PCS Auctions“, *Journal of Economics and Management Strategy* 6, 497-527.

Ausubel, L.M. und Cramton, P. (1996). „Demand Reduction and Inefficiency in Multi-Unit-Auctions“, Working Paper, University of Maryland.

Ausubel, L.M. und Cramton, P. (1999). „Vickrey Auctions with Reserve Pricing“, Working Paper, University of Maryland.

Ausubel, L.M. und Schwartz, J.A. (1998). „The Ascending Auction Paradox“, Working Paper, University of Maryland.

Avery, C. (1998). „Strategic Jump Bidding in English Auctions“, *Review of Economic Studies* 65, 185-210.

Ayres, I. und Cramton, P. (1996). „Deficit Reduction Through Diversity: A Case Study of How Affirmative Action at the FCC Increased Auction Competition“, *Stanford Law Review* 48, 761-815.

Bajari, P. (2000). „Comparing Competition and Collusion in Sealed Bid Procurement Auctions: A Numerical Approach“, Discussion Paper, Stanford University.

Bolle, F. (1996). „Collusive Equilibria in Multiple-Round Auctions“, Discussion Paper No. 63, Europa-Universität Viadrina, Frankfurt (Oder).

Brusco, S. und Lopomo, G. (1999). „Collusion via Signalling in Open Ascending Auctions with Multiple Objects and Complementarities“, mimeo.

Bundeskartellamt (1979/80). „Tätigkeitsberichte 1979-1980“, *Bundestags-Drucksache* 9/565.

Comanor, W. und Shankerman, M. (1976). „Identical Bids and Cartel Behavior“, *Bell Journal of Economics* 7, 281-286.

Cramton, P. (1995). „Money Out of Thin Air: The Nationwide Narrowband PCS Auction“, *Journal of Economics and Management Strategy* 4, 267-343.

Cramton, P. (1997). „The FCC Spectrum Auctions: An Early Assessment“, *Journal of Economics and Management Strategy* 6, 431-495.

Cramton, P. (1998). „Ascending Auctions“, *European Economic Review* 42, 745-756.

Cramton, P. (1998). „The Efficiency of the FCC Spectrum Auctions“, *Journal of Law and Economics* 41, 727-736.

Cramton, P., McMillan, J., Milgrom, P., Miller, B., Mitchell, B., Vincent, D. und Wilson, R. (1997a). „Auction Design Enhancements for Non-Combinatorial Auctions“, Report 1a, Charles River Associates und Market Design Inc.

Cramton, P., McMillan, J., Milgrom, P., Miller, B., Mitchell, B., Vincent, D. und Wilson, R. (1997b). „Package Bidding for Spectrum Licenses“, Report 1b, Charles River Associates und Market Design Inc.

Cramton, P., McMillan, J., Milgrom, P., Miller, B., Mitchell, B., Vincent, D. und Wilson, R. (1998). „Simultaneous Ascending Auctions with Package Bidding“, Report 2, Charles River Associates und Market Design Inc.

Cramton, P. und Schwartz, J. (1999). „Collusive Bidding in the FCC Spectrum Auctions“, Working Paper, University of Maryland.

Cramton, P. und Schwartz, J. (2000). „Collusive Bidding: Lessons from the FCC Spectrum Auctions“, *Journal of Regulatory Economics* 17, 229-252.

Dasgupta, P. und Maskin, E. (2000). „Efficient Auctions“, *Quarterly Journal of Economics* 115, 341-388.

D'Aspremont, C. und Gérard-Varet, L-A. (1979). „Incentives and Incomplete Information“, *Journal of Public Economics* 11, 25-45.

Fehl, U. und Güth, W. (1987). „Internal and External Stability of Bidder Cartels in Auctions and Public Tenders“, *International Journal of Industrial Organization* 5, 303-313.

Goswami, G., Noe, T.H., Rebello, M.J. (1996). „Collusion in Uniform-Price Auctions: Experimental Evidence and Implications for Treasury Auctions“, *The Review of Financial Studies* 9, 757-785.

Genty, L. (1998). „Article for Stockholm“, mimeo.

Graham, D. und Marshall, R. (1987). „Collusive Bidder Behavior at Single-Object Second-Price and English Auctions“, *Journal of Political Economy* 95, 1217-1239.

Graham, D., Marshall, R.C. und Richard, J-F. (1990). „Differential Payments within a Bidder Coalition and the Shapley Value“, *American Economic Review* 80, 493-510.

Hendricks, K. und Porter, R.H. (1989). „Collusion in Auctions“, *Annales d'économie et de statistique* 15/16, 217-230.

Keuter, A., Nett, D. und Stumpf, U. (1998). „ERMES-Versteigerung“, *Wirtschaftswissenschaftliches Studium* 2/98, 81-83.

Klemperer, P. (1999). „Auction Theory: A Guide to the Literature“, *Journal of Economic Surveys* 13, 227-286.

Kruse, J. (1997). „Frequenzvergabe im digitalen zellularen Mobilfunk in der Bundesrepublik Deutschland“, Studie für das Bundesministerium für Post und Telekommunikation.

Kwasnica, A.M. (1998). „Collusion in Multiple Object Simultaneous Auctions: Theory and Experiments“, Social Science Working Paper 1010, California Institute of Technology.

Laffont, J. (1997). „Game Theory and Empirical Economics: The Case of Auction Data“, *European Economic Review* 41, 1-35.

Lebrun, B. (1991). „Asymmetry in Auctions“, Ph.D. Dissertation, Catholic University of Louvain.

Lebrun, B. (1999). „First Price Auctions in the Asymmetric N Bidder Case“, *International Economic Review* 40, 125-142.

Lyk-Jensen, P. (1996). „Some Suggestions on How to Cheat the Auctioneer: Collusions in Auctions when Signals are Affiliated“, Working Paper, Universite Aix-Marseille.

Marshall, R.C., Meurer, M., Richard, J-F. und Stromquist, W. (1994). „Numerical Analysis of Asymmetric First Price Auctions“, *Games and Economic Behavior* 7, 193-220.

Mailath, G. und Zemsky, P. (1991). „Collusion in Second Price Auctions with Heterogeneous Bidders“, *Games and Economic Behavior* 3, 467-486.

Maskin, E.S. und Riley, J.G. (1991). „Asymmetric Auctions“, Harvard University und UCLA.

Maskin, E.S. und Riley, J.G. (1992). „Equilibrium in Sealed High Bid Auctions“, UCLA Discussion Paper 407.

- McAfee, P. (1998). „Four Issues in Auction and Market Design“, Working Paper, University of Texas.
- McAfee, P. und McMillan, J. (1987). „Auctions and Bidding“, *Journal of Economic Literature* 25, 699-738.
- McAfee, P. und McMillan, J. (1992). „Bidding Rings“, *American Economic Review* 82, 579-599.
- McAfee, P. und McMillan, J. (1996). „Analyzing the Airwaves Auction“, *Journal of Economic Perspectives* 10, 159-176.
- McAfee, P. und McMillan, J. (1998). „Game Theory and Competition“, Working Paper, University of Texas.
- McMillan, J. (1994). „Selling Spectrum Rights“, *Journal of Economic Perspectives* 8, 145-162.
- McMillan, J. (1995). „Why Auction the Spectrum?“, *Telecommunications Policy* 19, 191-199.
- Milgrom, P. (1987). „Auction Theory“, in T. Bewley (Hrsg.), *Advances in Economic Theory*, Cambridge: Cambridge University Press 1987.
- Milgrom, P. (1995). „Putting Auction Theory to Work“, Vorentwurf, S. 1-43, Churchill Lectures 1995.
- Milgrom, P. (1998). „Auctioning the Radio Spectrum“, in *Putting Auctions to Work*, forthcoming, Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Milgrom, P. (2000). „Putting Auction Theory to Work: The Simultaneous Ascending Auction“, *Journal of Political Economy* 108, 245-272.
- Milgrom, P. und Weber, R. (1982). „A Theory of Auctions and Competitive Bidding“, *Econometrica* 50, 1089-1122.

Myerson, R.B. (1979). „Incentive Compatibility and the Bargaining Problem“, *Econometrica* 47, 61-73.

Myerson, R.B. (1981). „Optimal Auction Design“, *Mathematics of Operations Research* 6, 58-73.

Phlips, L. (1995). „Competition Policy: A Game-Theoretic Perspective“, Cambridge: Cambridge University Press 1995.

Pesendorfer, M. (2000). „A Study of Collusion in First-Price Auctions“, *Review of Economic Studies* 67, 381-411.

Prognos AG (1977). „Wettbewerbsordnung und Wettbewerbsrealität am Baumarkt“, *Forschungsreihe der Bauindustrie* 39, Bonn 1977.

Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (1999). „Entscheidung der Präsidentenkammer vom 02.08.1999 über die Regeln für die Durchführung des Versteigerungsverfahrens zur Vergabe weiterer Frequenzen im Bereich 1800 MHz für Mobilfunkanwendungen nach dem GSM-1800-Standard“, *Amtsblatt der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post* 14, 2381-2387.

Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post (2000). „Entscheidung der Präsidentenkammer vom 18.02.2000 über die Festlegung und Regeln im Einzelnen zur Vergabe von Lizenzen für Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)/ International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000) Mobilkommunikation der dritten Generation“, *Amtsblatt der Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post* 4, 516-554.

Riley, J. und Samuelson, W. (1981). „Optimal Auctions“, *American Economic Review* 71, 381-392.

Robinson, M. (1985). „Collusion and the Choice of Auction“, *Rand Journal of Economics* 16, 141-145.

Vickrey, W. (1961). „Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders“, *Journal of Finance* 16, 8-37.

Von Ungern-Sternberg (1988). „Cartel Stability in Sealed Bid Second Price Auctions“, *The Journal of Industrial Economics* 36, 351-358.

SYMBOLVERZEICHNIS

a	Erwartete Auszahlung bei Nichtauswahl im SRB-Mechanismus = $\delta \cdot E_{k-1}$
b	Gebot
$b(\cdot)$	Bietfunktion
$b_K(v)$	Bietfunktion der Koalition
$b_S(v)$	Bietfunktion eines repräsentativen Einzelbieters
b_{-K}	Höchstgebot aller nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter
b_{-S}	Höchstgebot aller Bieter außer dem repräsentativen Einzelbieter
B_i	Summe der erfolgreichen Gebote von Bieter i
B_N	Maximale Summe der Gebote
$E[\cdot]$	Erwartungswert
E_{-i}	Erwartungswert über die Wertschätzungen aller Koalitionsbieter außer Bieter i
E_k	Ex ante Auszahlung eines Bieters im SRB-Mechanismus, wenn noch k Bieter berechtigt sind zu bieten
EU	Erwarteter Nutzen / Auszahlung
EU_A	Erwartete Auszahlung eines abweichenden Bieters
EU_S	Erwartete Auszahlung eines nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieters
EU_K	Erwartete Auszahlung eines an der Kollusion beteiligten Bieters / Erwartete Auszahlung eines Kollusionsbieters, falls sich alle Bieter an die Kollusionsvereinbarung halten (Abschnitt 4.2.1)
EU_{JA}	Erwartete Auszahlung eines Bieters, der sich um das Bietrecht bewirbt
EU_{NEIN}	Erwartete Auszahlung eines Bieters, der sich nicht um das Bietrecht bewirbt

EU_{IB}	Erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters im IB-Mechanismus
EU_{RB}	Erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters im RB-Mechanismus
EU_{SRB}	Erwartete Auszahlung des ausgewählten Bieters im SRB-Mechanismus
EU_V	Erwartete Auszahlung des Verkäufers
F	Verteilungsfunktion der Wertschätzung eines Bieters bei homogenen Bietern
F_i	Verteilungsfunktion der Wertschätzung des Bieters i
f	Dichtefunktion der Wertschätzung eines Bieters bei homogenen Bietern
f_i	Dichtefunktion der Wertschätzung des Bieters i
G	Kumulierte Verteilungsfunktion der Wertschätzungen der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter ($= \prod_{j \in J} F_j(v)$)
g	Kumulierte Dichtefunktion der Wertschätzungen der nicht an der Kollusion beteiligten Bieter ($= \prod_{j \in J} f_j(v)$)
I	Menge aller an der Kollusion beteiligten Bieter
J	Menge aller nicht an der Kollusion beteiligten Bieter
k	Anzahl der an der Kollusion beteiligten Bieter / Anzahl der noch berechtigten Bieter innerhalb einer Sequenz (Abschnitt 4.2.2)
m	Bildet jeden Typen des Koalitionsbieters in den Typen eines Einzelbieters ab, der ein Gebot in gleicher Höhe wie der Koalitionsbieter abgibt
n	Anzahl aller Bieter
p	Vektor der Wahrscheinlichkeiten, als Koalitionsbieter ausgewählt zu werden / Preis
$p_i(\vec{w})$	Wahrscheinlichkeit, daß Bieter i als Koalitionsbieter ausgewählt wird
p_j	Wahrscheinlichkeit, daß j der anderen Bieter im SRB-Mechanismus JA sagen

P_i	Seitenzahlung vom Agenten im PAKT an den Kollusionsbieter i
$\text{Pr}[\cdot]$	Wahrscheinlichkeit
R	Reservationspreis des Verkäufers
s	Anzahl der Einzelbieter, $s = n - k$
t	Anzahl der Güter / Anzahl der Anteile
U	Auszahlung / Nutzen
U_K	Auszahlung / Nutzen eines Koalitionsbieters
U_S	Auszahlung / Nutzen eines Einzelbieters
U_i^K	Nutzen des Kollusionsbieters im Mechanismus des Abschnitts 3.2.2.2
U_i^S	Nutzen des Einzelbieters im Mechanismus des Abschnitts 3.2.2.2
$U(v, w)$	Erwartete Auszahlung eines Bieters, der eine Wertschätzung von v hat und eine Wertschätzung von w verkündet
v	Wertschätzung
v_i	Wertschätzung des Bieters i für ein Gut
\underline{v}_i	Niedrigste mögliche Wertschätzung des Bieters i
\bar{v}_i	Höchste mögliche Wertschätzung des Bieters i
\underline{v}	Niedrigste mögliche Wertschätzung aller Bieter
\bar{v}	Höchste mögliche Wertschätzung aller Bieter
\vec{v}	Vektor der wahren Wertschätzungen der Bieter innerhalb der Koalition
\vec{v}_{-i}	Vektor aller Wertschätzungen außer der Wertschätzung von Bieter i
v_K	Wertschätzung des Koalitionsbieters
v_S	Wertschätzung des repräsentativen Einzelbieters
v_{-K}	Höchste Wertschätzung der nicht an der Kollusion beteiligten Einzelbieter

v_{-s}	Höchste Wertschätzung aller Bieter außer des repräsentativen Einzelbieters
v_i^j	Wertschätzung des Bieters i für das Gut j
v_S^j	Höchste Wertschätzung der Einzelbieter für das Gut j
v_H^j	Höchste Wertschätzung aller Bieter für das Gut j
v_{H2}^j	Zweithöchste Wertschätzung aller Bieter für das Gut j
V_i	Träger der Dichtefunktion der Wertschätzung eines Bieters i
w_i	Angabe von Bieter i an den Mechanismus über die eigene Wertschätzung
\bar{w}	Vektor der angegebenen Wertschätzungen
$W_i(\cdot)$	Erwarteter Nutzen eines Bieters in dem Mechanismus (δ, γ)
x	Größe des Anteils
X	Maximale Summe der Gebote, falls Bieter i nicht an der Auktion teilnimmt
α	Parameter für die Interdependenz der Güter
$\beta(v)$	Seitenzahlung des Bieters mit der höchsten Wertschätzung im Mechanismus in Abschnitt 3.2.3
δ	Diskontfaktor, mit dem Auszahlungen in zukünftigen Perioden abdiskontiert werden
δ_i	Erwartete Wahrscheinlichkeit als Koalitionsbieter ausgewählt zu werden
γ_i	Erwartete Seitenzahlung
η	(Minimale) Wahrscheinlichkeit
$\lambda_S(b)$	Inverse Bietfunktion eines Einzelbieters
$\lambda_K(b)$	Inverse Bietfunktion des Koalitionsbieters
ζ	Vektor der Seitenzahlungen
ζ_i	Seitenzahlung an Bieter i

- $\pi(v)$ Erwartete Auszahlung des Koalitionsbieters mit der Wertschätzung v in der Auktion, wenn er gegen $n - k$ Einzelbieter bietet
- π_i Erwartete Auszahlung des Koalitionsbieters i mit der Wertschätzung v_i in der Auktion ($= \pi(v_i)$)
- $\bar{\pi}_i$ Angabe über die (möglicherweise falsche) erwartete Auszahlung
- ε Kleinste Geldeinheit

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ERMES	European Radio Messaging System
GSM	Global System for Mobile Communications
IMT 2000	International Mobile Telecommunications 2000
IPV	Independent Private Values
PAKT	Preauction Knockout
PCS	Personal Communication Services
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System

LEBENS LAUF

Ich wurde am 14. September 1973 in Hamburg geboren. Nach Abitur und Zivildienst studierte ich ab Oktober 1994 an der Universität Hamburg Wirtschaftsmathematik, Betriebswirtschaftslehre und Volkswirtschaftslehre. Während des Studiums wurde ich durch die „Studienstiftung des Deutschen Volkes“ gefördert. Die Diplomprüfung für Kaufleute legte ich am 20. Mai 1999 und die Diplomprüfung für Volkswirte am 25. Oktober 1999 ab. Ab November 1999 war ich Promotionsstudent an der Universität Hamburg. Im Dezember 2000 habe ich die Dissertation am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften eingereicht und die Doktorprüfung am 14. März 2001 mit der Note „sehr gut“ bestanden.