

Volkswirtschaftliche Schriften

Heft 515

**Spezifikation
einer Produktionsfunktion
mit einem nichtrival
nutzbaren Produktionsfaktor**

Von

Carsten Colombier



Duncker & Humblot · Berlin

CARSTEN COLOMBIER

**Spezifikation einer Produktionsfunktion
mit einem nichttrivial nutzbaren Produktionsfaktor**

Volkswirtschaftliche Schriften

Begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. J. Broermann †

Heft 515

Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem nichtrival nutzbaren Produktionsfaktor

Von

Carsten Colombier



Duncker & Humblot · Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Colombier, Carsten:

Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem nichttrivial
nutzbaren Produktionsfaktor / Carsten Colombier. –

Berlin : Duncker und Humblot, 2001

(Volkswirtschaftliche Schriften ; H. 515)

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-428-10156-1

Alle Rechte vorbehalten

© 2001 Duncker & Humblot GmbH, Berlin

Fremddatenübernahme: Klaus-Dieter Voigt, Berlin

Druck: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin

Printed in Germany

ISSN 0505-9372

ISBN 3-428-10156-1

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ☞

*Für meine Oma,
deren sprichwörtlicher Humor mich stets begleiten wird*

*„Scio me nihil scire“ (Ich weiß, daß ich nichts weiß),
Sokrates, griechischer Philosoph*

Vorwort

Seit amerikanische Studien vor ca. 10 Jahren für die staatlich bereitgestellte Infrastruktur wie Forschungs- und Bildungseinrichtungen, Energie-, Kommunikations- und Verkehrsnetze eine höhere Produktivität als für den privaten Kapitalstock maßen, ist deren Bedeutung als Input für private Unternehmen stärker in den Blickpunkt von Wirtschaftspolitik und -theorie gerückt. Die wirtschaftspolitische Relevanz der empirischen Ergebnisse zeigt sich darin, daß staatlichen Institutionen neben der Steuerpolitik auch ein ausgabenseitiges Instrument, die Bereitstellung von produktiver Infrastruktur, für die Konkurrenz um die Ansiedlung von Unternehmen, Kapital und Arbeit, aber auch für die Lenkung internationaler Handelsströme zur Verfügung steht. Daraus resultieren einige Fragen: Führt Standortkonkurrenz zur effizienten Bereitstellung von Infrastruktur oder zu einem Steuersenkungswettbewerb, der möglicherweise eine Vernachlässigung der Infrastruktur nach sich zieht? Auf diese und ähnliche Fragestellungen versucht die Literatur zur fiskalischen Standortkonkurrenz eine Antwort zu geben. Zugleich werden der Infrastruktur langfristig positive Wirkungen auf den Wachstumsprozeß eines Landes beigemessen. Diese Effekte untersucht die endogene Wachstumstheorie.

Die Leistungen der staatlich bereitgestellten Infrastruktur werden in den Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der Wachstumstheorie durch ein gemeinschaftlich von mehreren Unternehmen, d.h. nichtrival, nutzbares Zwischenprodukt, erfaßt. Letzteres geht neben anderen Produktionsfaktoren wie Arbeit in eine Produktionsfunktion ein. Die Produktionsfunktion soll den technischen Prozeß der Herstellung eines Gutes in privaten Unternehmen modellhaft abbilden. In der angeführten Literatur findet sich eine Vielzahl von Spezifikationen einer Produktionsfunktion mit einem nichtrival nutzbaren Zwischenprodukt. Die vorliegende Arbeit erfaßt diese Konzeptvielfalt erstmalig in einer einheitlichen Klassifikation und ergänzt diese systematisch um weitere Varianten. Darüber hinaus stellt sich die Arbeit der Aufgabe die inhaltlichen Aussagen der verschiedenen Spezifikationen herauszuarbeiten und sie auf mögliche Widersprüche zu überprüfen. Das Ergebnis dieser Analyse gibt dem Ökonomen ein, im Rahmen der neoklassischen Gleichgewichtstheorie, konsistent begründetes Konzept für die

modellhafte Abbildung gemeinschaftlich nutzbarer Infrastrukturleistungen im Produktionsprozeß privater Unternehmen an die Hand. Damit wird ein Beitrag zur mikroökonomischen Fundierung der Theorie der Infrastruktur geleistet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen folgt u.a., daß wirtschaftspolitische Schlußfolgerungen, die aus Modellen mit inkonsistenten Spezifikationen gezogen werden, zu relativieren sind.

Für die Möglichkeit eine Arbeit im Bereich der Grundlagenforschung zu verfassen, was heute angesichts einer gewissen Trendorientierung der Wirtschaftstheorie nicht selbstverständlich ist, gilt mein besonderer Dank meinem Betreuer Herrn Prof. Dr. Otto Roloff. Auch die sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit Herrn Roloff und die außerordentlich produktive Arbeitsatmosphäre, in der diese Arbeit entstehen konnte, möchte ich hervorheben. Dazu beigetragen haben nicht zuletzt ebenso die Mitglieder seines ehemaligen Forschungsteams Herr Prof. Dr. Ingo Barens, Herr Diplom-Ökonom Michael Pickhardt, Frau Diplom-Volkswirtin Cornelia Tausch und Frau Dr. Claudia Wesselbaum-Neugebauer. Dem Fortgang meiner Arbeit ist die immer offene und konstruktive Kritik der Mitglieder des Forschungsteams überaus förderlich gewesen. Für die Übernahme des Zweitgutachtens und klärender Kritik bedanke ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Wolfram Richter. Weiterhin zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Prof. Dr. Roland Dillmann, der mir bei einigen mathematischen Problemen hilfreich zur Seite stand, und Herrn Priv.-Doz. Dr. Hans Frambach für seine kollegiale Unterstützung. Für die finanzielle Förderung dieser Arbeit danke ich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

Darüber hinaus möchte ich meine Eltern hervorheben, die mir emotionale Unterstützung gaben. Auch meinen Freundinnen und Freunden danke ich dafür, daß sie, wenn nötig, ein offenes Ohr für mich fanden. Zum Schluss bleibt noch die angenehme und kollegiale Atmosphäre zwischen einigen wissenschaftlichen Mitarbeitern des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Bergischen Universität Gesamthochschule Wuppertal zu betonen.

Zürich im Januar 2001

Carsten Colombier

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	9
B. Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt in der neueren Literatur	14
I. Begriffliche Abgrenzung der Infrastruktur	16
II. Die Infrastruktur als öffentliches Zwischenprodukt	18
C. Die Bedeutung der Gutseigenschaften von Zwischenprodukten für die Spezifikation einer Produktionsfunktion	24
I. Interpretationen des Attributes „öffentlich“	25
II. Die produktionseffiziente Bereitstellung öffentlicher und privater Zwischenprodukte	28
1. Der Kaizuka-Fall – ein öffentliches Zwischenprodukt	29
2. Ein privates Zwischenprodukt	32
III. Vergleich von „semi-public input“, „firm-augmenting public input“ und „unpaid factor“	33
1. Der „semi-public input“	34
2. Der „firm-augmenting public input“	37
3. Der „unpaid factor“	39
IV. Die Gutseigenschaften und die Kaizuka-Regel	43
1. Der „factor-augmenting public input“	43
2. Die Gültigkeit der Kaizuka-Regel	45
V. Klassifizierung von Zwischenprodukten	47
VI. Eine konsistente Erweiterung der Klassifizierung	48
1. Feehans Variante des „semi-public input“ – Eine Klärung	48
2. Klassifizierung vertikaler Mischgüter	51
3. Horizontal und vertikal gemischte Zwischenprodukte	55
a) Das quasi-private öffentliche Zwischenprodukt	58
b) Klassifizierung mit horizontal gemischten Zwischenprodukten ..	60
VII. Zusammenfassung	64
D. Begründung einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt	67
I. Kritische Würdigung der Klassifizierung von Zwischenprodukten	67
1. Der „semi-public input“ – ein privates Zwischenprodukt	68
2. Überfüllung durch private Primärfaktoren	69
3. Rivalität auf der Branchenebene – eine andere Form der Überfüllung	73
4. Gesamtwirtschaftliche vs. unternehmensspezifische Effizienz	74
5. Zusammenfassung	78

II. Der „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl	80
1. Der Boadway-Fall – ein „firm-augmenting public input“	81
2. Sozialer Überschuß und die Boadway-Regel	83
a) Das Modell	83
b) Wohlfahrtseffekt eines exogenen „firm-augmenting public input“	87
aa) Das langfristige Marktgleichgewicht	87
bb) Exogene Zunahme des „firm-augmenting public input“	92
cc) Fusionsanreiz durch ein „firm-augmenting public input“ ...	96
c) Die Boadway-Regel – eine Alternative zur Kaizuka-Regel?	97
3. Das langfristige Marktgleichgewicht mit einem „firm-augmenting public input“	101
a) Unvereinbarkeit von Boadway-Regel und effizienter Unternehmensanzahl	102
b) Der „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt – ein Widerspruch	106
4. Argumente für den „firm-augmenting“-Fall	108
a) Eine Nutzungsgebühr für den „firm-augmenting public input“ ..	108
b) Ein unteilbarer Primärfaktor	109
aa) Das Unternehmensgleichgewicht mit einem unteilbaren Kapitalgut	110
bb) Das langfristige Marktgleichgewicht mit einem unteilbaren Kapitalgut	114
cc) Eine inkonsistente Darstellung eines unteilbaren Kapitalgutes	117
dd) Ein konsistentes Modell mit einem unteilbaren Kapitalgut ..	120
ee) Eine alternative Annahme bzgl. des unteilbaren Kapitalgutes	124
c) Fixe Gründungskosten pro Unternehmen	130
aa) Gründungskosten und -kredit	131
bb) Gründungskosten als Markteintrittsbarriere	136
5. Zusammenfassung	137
III. „Factor-augmenting public input“ und „unpaid factor“ – Ein vorläufiges Fazit	139
E. Eine allgemeine Spezifikation der Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt	142
I. Definition der Skalenelastizität	144
II. Konstanz der Produktionstechnologie	147
III. Ursachen unternehmensinterner Skalenerträge	148
1. Steigende Skalenerträge	149
2. Fallende Skalenerträge	154
IV. Schlußbemerkungen	162
F. Fazit und offene Fragen	166

Anhang

I. Abschnitt C.II–C.IV	169
II. Abschnitt C.VI	175
III. Abschnitt D.I.4	181
IV. Abschnitt D.II.2–D.II.3	182
V. Abschnitt D.II.4	202
Literaturverzeichnis	225
Sachwortverzeichnis	232

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation von Zwischenprodukten	49
Tabelle 2: Klassifikation vertikaler Mischgüter	53
Tabelle 3: Eine erweiterte Klassifikation von Zwischenprodukten	56
Tabelle 4: Horizontal und vertikal gemischte Zwischenprodukte	62
Tabelle 5: Klassifizierung öffentlicher und privater Güter	140
Abbildung 1: Sozialer Überschuß für den Markt des Gutes Y	85
Abbildung 2: Unternehmens- und Marktgleichgewicht bei maximalem sozialen Überschuß	90
Abbildung 3: Verschiebung der Durchschnittskostenkurve und der Angebots- funktion Y_L^i durch $dG > 0$ gemäß Boadway	93
Abbildung 4: Modifikation der Abbildung 3 entsprechend der Annahme einer linearhomogenen Produktionsfunktion	95
Abbildung 5: Gleichgewichtseffekte durch Reduzierung des „firm-augmenting public input“	103
Abbildung 6: Kapitalmarktgleichgewicht mit einem langfristig fixen Kapitalgut	121
Abbildung 7: Kapitalmarktgleichgewicht mit unteilbarem Kapitalgut und stetig variierbaren Kapitalleistungen	129
Abbildung 8: Kapitalsubstitution durch partielle Variation des Faktors Arbeit ..	156
Abbildung 9: L-förmige Durchschnittskostenkurve	163

A. Einleitung

Eine zentrale ökonomische Begründung für die staatliche Ausgabentätigkeit gibt die Theorie öffentlicher Güter. Diese ist in der neueren ökonomischen Theorie mit den Namen von Bowen (1943) und Samuelson (1954) verbunden, welche die notwendige Bedingung für die Pareto-optimale Bereitstellung öffentlicher Konsumgüter – die Samuelson-Bedingung – entwickelt haben. Kaizuka (1965) leitete das Pendant für öffentliche Zwischenprodukte, die produktive Vorleistungen für Unternehmen darstellen – die Kaizuka-Regel – her. Öffentliche Güter können von mehreren Individuen gleichzeitig zum Konsum (Samuelson, 1954; 1969) oder/und von mehreren Unternehmen gleichzeitig zur Produktion verwendet werden (Kaizuka, 1965). Aufgrund dieser Gutseigenschaft ist es nicht möglich öffentliche Güter Pareto-optimal über den Markt bereitzustellen. Daher entsteht ein Marktversagen, womit eine alloktionstheoretische Begründung für eine staatliche Bereitstellung öffentlicher Güter gegeben wird. Obwohl öffentliche Güter sowohl zum Konsum als auch zur Produktion verwendet werden können, konzentriert sich das Erkenntnisinteresse der Allokationstheorie auf öffentliche Konsumgüter (Blümel et al., 1986; Arnold, 1992; Pfähler et al., 1995). Allerdings existiert bis in die jüngste Zeit hinein eine große Vielfalt und Konfusion bzgl. der Spezifikation von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten (Arnold, 1992; Feehan, 1998). Die vorliegende Arbeit soll durch eine Systematisierung der Vielfalt dieser Spezifikationen zur Klärung der Konfusion dienen.

Als öffentliches Zwischenprodukt wird die staatlich bereitgestellte Infrastruktur – wie Einrichtungen des Transportwesens, Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Kommunikationssysteme und Erschließungsmaßnahmen – angesehen (Richter et al., 1995). Dazu zählen auch Forschungs- und Berufsbildungseinrichtungen (Pfähler et al., 1995), die zur Bereitstellung der öffentlichen Zwischenprodukte Ausbildung und Forschungsergebnisse notwendig sind (Arnold, 1992; Pfähler/Lorz, 1994/95; Ziesemer, 1995). Da diese Infrastruktur von den Unternehmen als Vorleistung zur Produktion verwendet werden kann, wird sie als produktive oder unternehmensbezogene Infrastruktur bezeichnet (Arnold, 1992; Pfähler et al., 1995).

Überblicke zur Infrastruktur sind in jüngster Zeit von Gramlich (1994), Seitz (1994), Hedtkamp (1995) und Pfähler et al. (1995) gegeben worden. Gramlich (1994) und Seitz (1994) konzentrieren ihre Darstellung auf die in empirischen Studien verwendeten Methoden und Ergebnisse, während Hedtkamp

kamp (1995) sich mit der makroökonomischen Bedeutung der Infrastruktur auseinandersetzt. Pfähler et al. (1995) beschäftigen sich mit den Produktivitätseffekten der Infrastruktur aus mikroökonomischer Sicht. Neben konzeptionellen Grundlagen bzgl. des Begriffs der Infrastruktur, Darstellung von Methoden und Ergebnissen empirischer Studien und von Fallstudien zur Bedeutung der Infrastruktur als Standortfaktor werden die Grundlagen einer Theorie der unternehmensbezogenen Infrastruktur behandelt. Abweichend von den Darstellungen zur Infrastruktur von Gramlich (1994), Seitz (1994), Hedtkamp (1995) und von Pfähler et al. (1995) konzentriert sich die vorliegende Arbeit allein auf die Theorie öffentlicher Zwischenprodukte, die eine Grundlage für die Theorie einer unternehmensbezogenen Infrastruktur ist, und trägt somit zur mikroökonomischen Fundierung der Theorie der unternehmensbezogenen Infrastruktur bei.

Ausgehend von empirischen Untersuchungen (z.B. Aschauer, 1989; 1990; Munnell, 1990), die positive Produktionseffekte der staatlich bereitgestellten Infrastruktur messen, hat sich das Erkenntnisinteresse in einigen Bereichen der ökonomischen Theorie, d.h. der endogenen Wachstumstheorie (z.B. Barro/Sala-Martin, 1995) und der fiskalischen Standortkonkurrenz (z.B. Pfähler/Lorz, 1994/95) auf die staatlich bereitgestellte Infrastruktur gerichtet. Insbesondere in den Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz, die sich zuvor hauptsächlich auf die Einnahmenseite des Staates und der konsumtiven Staatsausgaben beschränkte (Pfähler et al., 1995), ist die Infrastruktur als Aktionsparameter regionaler Fiski berücksichtigt worden. So können regionale Fiski durch die Bereitstellung von Infrastruktur Unternehmen und mobilen Produktionsfaktoren einen Anreiz zur Ansiedlung in der entsprechenden Region geben. Die Wachstumstheorie erklärt durch den Einbezug staatlicher Infrastrukturausgaben endogenes Wachstum (Pfähler et al., 1995).

Jedoch werden in diesen Modellen unterschiedliche Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten zugrunde gelegt. So nehmen z.B. Homburg (1993), Richter (1994), Richter et al. (1995) konstante Skalenerträge an, während z.B. Seitz (1994) und Pfähler/Lorz (1994/95) eine linearhomogene Produktionsfunktion allein in den privaten Faktoren annehmen, so daß bei Berücksichtigung des öffentlichen Zwischenproduktes steigende Skalenerträge resultieren. In jüngster Zeit werden in Modellen Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten, die sowohl konstante als auch steigende Skalenerträge aufweisen, berücksichtigt (Matsumoto, 1998; Fisher/Turnovsky, 1998). Wellisch (1995) nimmt eine in den privaten Faktoren konkave Produktionsfunktion an, womit ebenfalls beide Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten zugelassen werden. Daneben ist von Arnold (1980; 1992) eine homothetische Produktionsfunktion mit einem

öffentlichen Zwischenprodukt unterstellt worden, die durch unternehmensinterne Skaleneffekte begründet wird. Auf diese Möglichkeit der Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt weisen auch Richter et al. (1995) hin. Zudem wird die Annahme konstanter Skalenerträge von Homburg (1993) auf die Überfüllung des öffentlichen Zwischenproduktes zurückgeführt, während sie von Richter (1994) allein durch die Bereitstellung des öffentlichen Zwischenproduktes begründet wird, was offensichtlich einen Widerspruch beinhaltet.

Die Unterscheidung der Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem öffentlichen Zwischenprodukt, die linearhomogen in allen Faktoren oder linearhomogen in den privaten Faktoren sind, findet sich schon bei Negishi (1973) und Manning/McMillan (1982). Diese Unterscheidung wird auf zwei Typen von positiven Produktionsexternalitäten von Meade (1952) zurückgeführt, die dieser als „unpaid factor“ und „creation of atmosphere“ bezeichnet. Ein öffentliches Zwischenprodukt, das wie eine „creation of atmosphere“ wirkt, ist von Boadway (1973) und Henderson (1974) berücksichtigt worden. Verwirrend ist, warum Boadway (1973) abweichend von Meade (1952) konstante Skalenerträge in einer Produktionsfunktion mit der „creation of atmosphere“ unterstellt. Nach Hillman (1978) wird ein öffentliches Zwischenprodukt, das wie eine „creation of atmosphere“ wirkt, als „factor-augmenting public input“ bezeichnet, weil der „factor-augmenting public input“ die Produktivität privater Faktoren erhöht. Ein öffentliches Zwischenprodukt, das in einer Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen modelliert wird, ist nach McMillan (1979) ein „firm-augmenting public input“, weil durch den „firm-augmenting public input“ für Unternehmen ein Anreiz zum Markteintritt besteht. McMillan (1979) begründet differierende Annahmen bzgl. der Skalenelastizitäten im „firm-augmenting“- und „factor-augmenting“-Fall mit unterschiedlichen Gutseigenschaften dieser Faktoren innerhalb eines Unternehmens. Neben diesen Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem öffentlichen Zwischenprodukt ist von Negishi (1973) und Tawada (1980) ein „semi-public input“ modelliert worden. Dieses wird mit einem „unpaid factor“ gleichgesetzt. Die Produktionsfunktion ist durch konstante Skalenerträge gekennzeichnet, weil der „semi-public input“ ein überfüllbares Gut ist. So spiegelt sich die Vielfalt der Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten in der endogenen Wachstumstheorie und der Theorie der fiskalischen Standortkonkurrenz bereits in einer frühen Diskussion im Anschluß an Kaizuka (1965) wider, was die Notwendigkeit einer Klärung unterstreicht. Einen Überblick zu diesen Spezifikationen öffentlicher Zwischenprodukte bieten Pfähler et al. (1995) und Feehan (1989, 1997), die jedoch keinen Bezug dieser Spezifikationen zu den Spezifikationen in der endogenen Wachstumstheorie und der fiskalischen Standortkonkurrenz herstellen. Die vorliegende Arbeit schließt unter anderem diese Lücke.

Darüber hinaus werden nicht nur unterschiedliche Spezifikationen öffentlicher Zwischenprodukte, sondern ebenfalls andere Interpretationen des Attributes „öffentlich“ als im Sinne der Theorie öffentlicher Güter verwendet (z. B. Negishi, 1976; Homburg, 1993).

Somit lassen sich die folgenden Ursachen für unterschiedliche Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten feststellen:

- a) verschiedene Interpretationen des Attributes „öffentlich“,
- b) überfüllbare öffentliche Zwischenprodukte,
- c) differierende Gutseigenschaften von Zwischenprodukten innerhalb eines Unternehmens,
- d) unternehmensinterne Skaleneffekte.

Daran schließt sich die zentrale Frage dieser Arbeit an, ob unter Beachtung der verschiedenen Ursachen die Vielfalt der Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten konsistent begründet werden kann. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht nur theoretisch, sondern auch im Hinblick auf politische Handlungsempfehlungen, die auf Basis von Modellen mit einer Spezifikation eines öffentlichen Zwischenproduktes gegeben werden, bedeutsam. Da die unternehmensinternen Skaleneffekte in den Spezifikationen weitgehend unberücksichtigt bleiben (vgl. Abschnitt B), können diese bei Beantwortung der Frage in den Abschnitten C und D vernachlässigt werden. Die vorliegende Arbeit ist wie folgt aufgebaut:

Zunächst gibt Abschnitt B einen Überblick über Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten in der neueren Literatur zur fiskalischen Standortkonkurrenz und endogenen Wachstumstheorie. Als Zeitspanne werden die Jahre 1989–1998 gewählt, weil gerade im Anschluß an Aschauers (1989; 1990) empirischen Studien sich das Erkenntnisinteresse verstärkt auf öffentliche Zwischenprodukte gerichtet hat.

Anschließend präsentiert Abschnitt C im Unterschied zu den Überblicken von Feehan (1989, 1997) und Pfähler et al. (1995) eine einheitliche Klassifizierung der Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten. Die Klassifizierung beruht auf einem Vergleich dieser Spezifikationen im Rahmen eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells. Gemäß der Klassifikation existiert nur eine einzige Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem „reinen“ öffentlichen Zwischenprodukt im Sinne der Theorie öffentlicher Güter.

In Abschnitt D erfolgt eine kritische Würdigung der in Abschnitt C klassifizierten Spezifikationen. So werden einige Widersprüche von Spezifikationen von Zwischenprodukten aufgezeigt, die Mischungen aus einem

öffentlichen und privaten Gut darstellen (vgl. Abschnitt D.I). Insbesondere wird auf den „firm-augmenting public input“ eingegangen, der Anlaß zur Kontroverse um die Anwendbarkeit der Kaizuka-Regel in der langen Frist gab (Feehan, 1989), die bis heute nicht abschließend geklärt ist. Dazu wird im Rahmen eines Modells der vollständigen Konkurrenz auf den Zusammenhang zwischen der von Boadway (1973) entwickelten Bedingung für öffentliche Zwischenprodukte und der Kaizuka-Regel eingegangen. Anschließend wird dieses Modell um Annahmen von McMillan (1979), Hillman (1978) bzw. Feehan (1989) und Richter (1994) erweitert, die getroffen werden, um ein langfristig effizientes Gleichgewicht bei Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ zu erreichen. Somit soll die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ ökonomisch begründet werden. Die Ergebnisse der Literatur können, u.a. durch Ergänzungen dieser Annahmen, präzisiert werden (vgl. Abschnitt D.II).

Nachdem sich die Abschnitte C und D auf den Zusammenhang zwischen den Gutseigenschaften der staatlich bereitgestellten Zwischenprodukte und der Spezifikation der Produktionsfunktion konzentriert haben, beschäftigt sich Abschnitt E mit unternehmensinternen Skaleneffekten. Hier soll die Frage beantwortet werden, ob sich unter Berücksichtigung der Ursachen unternehmensinterner Skaleneffekte im Rahmen der neoklassischen Produktions- und Preistheorie eine allgemeine Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt begründen läßt.

Abschließend erfolgt in Abschnitt F ein Fazit der vorliegenden Untersuchung.

B. Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt in der neueren Literatur

Seit Aschauers (1989) empirischer Studie hat sich das Forschungsinteresse empirischer Arbeiten und theoretischer Analysen auf die staatlich bereitgestellte Infrastruktur konzentriert.¹ Aschauer (1989) schätzte mit Hilfe einer aggregierten Cobb-Douglas Produktionsfunktion, die neben Arbeit und privatem Kapital, das staatlich bereitgestellte Infrastrukturkapital enthielt, für den Infrastrukturkapitalstock der USA Produktionselastizitäten zwischen 0,38 und 0,56. Dies Ergebnis wurde durch eine Studie von Munnell (1990), die eine Produktionselastizität von 0,34 maß, weitgehend bestätigt. Allerdings werden diese Ergebnisse als unglaublich hoch angesehen, weil sie Grenzproduktivitäten des Infrastrukturkapitals von über 60% implizieren, was mehr als doppelt so hoch wie die Grenzproduktivität des privaten Kapitals ist (vgl. Munnell, 1992, 191; Gramlich, 1994, 1186, Hedtkamp, 1995, 29). Eine mögliche Erklärung dafür ist, daß Scheinkorrelationen zwischen dem Infrastrukturkapital und dem aggregierten Output bestehen.² Um Scheinkorrelationen auszuschließen schätzt z.B. Tatom (1991) die ersten Differenzen der Gleichungen, und kann keinen signifikanten Einfluß des Infrastrukturkapitals auf den aggregierten Output feststellen. Allerdings besteht in der Literatur ein Konsens darüber, daß das von Tatom (1991) gewählte Vorgehen unzulänglich ist, weil es notwendig voraussetzt, daß das Wachstum des Infrastrukturkapitalstocks *in derselben Periode* zur Erhöhung des aggregierten Outputs führen muß. Zudem führt dieses Vorgehen zu unplausiblen Koeffizienten für Arbeit und dem privaten Kapital, und es wird nicht untersucht, ob die Wachstumsraten der Variablen zu einer langfristigen Beziehung konvergieren, d.h. ob die Variablen kointegriert sind (vgl. Munnell, 1992, 193; Pfähler et al., 1995, 141; Sturm et al., 1998, 66). Schließlich divergieren die Ergebnisse empirischer Tests auf Kointegration des Infrastrukturkapitals und des privaten Outputs (vgl. Sturm et al., 1998, 66 f.).

¹ Für Überblicke vgl. z.B. Gramlich, 1994; Seitz, 1994; Pfähler et al. 1995.

² Vgl. Munnell, 1992, 192 f.; Gramlich, 1994, 1187; Hulten/Schwab, 1994, 220; Pfähler et al., 1995, 140 f.; Sturm et al., 1998, 66.

Insgesamt sind die Ergebnisse empirischer Studien bzgl. der Produktivitätseffekte der Infrastruktur uneinheitlich.³ So besteht in der Literatur zwar ein Konsens darüber, daß die Infrastruktur den Output steigern kann, jedoch ist die Höhe des Einflusses umstritten.⁴ Dieses Resultat und das in der Literatur identifizierte Defizit einer theoretischen Fundierung der empirischen Infrastrukturforschung legen nahe (vgl. Seitz, 1994, 58),⁵ das Erkenntnisinteresse stärker auf eine Theorie der Infrastruktur zu richten.

Im Zuge von Aschauers (1989; 1990) Studien entwickelten sich einige Ansätze zur Theorie der Infrastruktur. Vor dem Hintergrund des ökonomischen Zusammenwachsens der Staaten der Europäischen Union sowie der Globalisierung der Märkte ist die Infrastruktur als Aktionsparameter regionaler Fiskalpolitik, die um die Ansiedlung mobiler Produktionsfaktoren und Unternehmen konkurrieren, berücksichtigt worden (z.B. Seitz, 1994; Richter et al., 1995). Somit werden die interregionalen Allokationseffekte der Infrastruktur analysiert. Darüber hinaus wird die Infrastruktur in einigen Modellen als endogene Determinante des Wachstumsprozesses einbezogen, so daß langfristige Wachstumseffekte der Infrastruktur endogen analysiert werden können (z.B. Barro, 1990; Turnovsky, 1996).

Allerdings besteht keine Einigkeit darüber in welcher Weise eine Produktionsfunktion unter Einbezug der Infrastruktur spezifiziert werden soll. Dies zeigt ein Überblick zu den in den Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie⁶ verwendeten Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit der staatlich bereitgestellten Infrastruktur als Produktionsfaktor, den Abschnitt II präsentiert. Damit existiert ein Defizit bzgl. der Spezifikation von Produktionsfunktionen mit der staatlich bereitgestellten Infrastruktur als Produktionsfaktor, das ebenfalls für empirische Studien festgestellt wird (vgl. Gramlich, 1994, 1185 f.).

Zunächst erfolgt in Abschnitt I eine kurze Erläuterung des Begriffs „Infrastruktur“.

³ Dies gilt sowohl für die beschriebenen Produktionsfunktionsansätze als auch für die dualen kostentheoretischen Ansätze, die die Produktivitätseffekte der Infrastruktur monetär, also die Effekte auf die privaten Produktionskosten, messen (vgl. z.B. Pfähler et al., 1995, 136 f.).

⁴ Vgl. Gramlich, 1994, 1193; Pfähler et al., 1995, 142; Hedtkamp, 1995, 33; Fisher/Turnovsky, 1995, 748 f.; dies. 1998, 399; Sturm et al., 1998, 79.

⁵ Zu den ökonomischen und ökonometrischen Problemen empirischer Schätzungen vgl. z.B. Gramlich, 1994; Pfähler et al., 1995; Sturm et al., 1998.

⁶ Die Modelle der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie subsumiert im folgenden der Begriff „neue theoretische Infrastrukturforschung“.

I. Begriffliche Abgrenzung der Infrastruktur

Intensive Bemühungen zur Klärung des Begriffs „Infrastruktur“ sind bereits in den 60er- und 70er- Jahren v.a. in Deutschland unternommen worden. Allerdings existiert bis heute keine allgemein anerkannte Definition der Infrastruktur (vgl. Arnold, 1992, 178; Seitz, 1994, 11). Daher erfolgt in der vorliegenden Arbeit eine an den empirischen Forschungsarbeiten orientierte Abgrenzung des Begriffs „Infrastruktur“. Entsprechend dem Erkenntnisziel dieser Arbeit bezieht sich die Abgrenzung des Begriffs „Infrastruktur“ auf die Funktion der staatlich bereitgestellten Infrastruktur als produktive Vorleistung im Produktionsprozeß. Somit bleibt die Infrastrukturdiskussion der 60er- und 70er Jahre aus den genannten Gründen unberücksichtigt, und es wird bewußt auf einen Versuch einer Definition des Begriffs „Infrastruktur“ verzichtet.

Die empirisch ausgerichtete Literatur setzt die Infrastruktur aufgrund von Meßproblemen mit den staatlich bereitgestellten Sachkapitalgütern gleich (vgl. Gramlich, 1994, 1177).⁷ Das staatlich bereitgestellte Sachkapital ist ein Äquivalent für die sog. „Kerninfrastruktur“. Dazu zählen Ver- und Entsorgungseinrichtungen, d.h. die Wasser- und Energieversorgung, die Abwasserentsorgung und die Abfallbeseitigung, das Transportwesen, d.h. Straßen, Brücken, das Eisenbahnnetz, Flughäfen, Häfen, Kanäle und Leuchttürme, die Kommunikation, d.h. die Telekommunikation und die Post sowie Erschließungsmaßnahmen, d.h. Aufforstung, Entwässerung, Deiche, Dämme, Schädlingsbekämpfung, Gewerbeflächenerschließung, Erosionsschutz und Bewässerung (vgl. Seitz, 1994, 15; Richter et al., 1995, 32). Eine weite begriffliche Abgrenzung der Infrastruktur erfaßt darüber hinaus Bildungs- und Forschungseinrichtungen, die Forschungsergebnisse produzieren und zur Akkumulation von Humankapital beitragen (vgl. Gramlich, 1994, 1177). Die weite Abgrenzung entspricht der in der Systematisierung der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung verwendeten Infrastrukturkategorien sachkapitalorientierte und humankapitalorientierte Infrastruktur (vgl. Seitz, 1994, 15 f.). Diesen Infrastrukturkategorien ist gemeinsam, daß sie produktiv genutzt werden können. Dies schließt eine konsumtive Nutzung nicht aus. So können die meisten der genannten Infrastruktureinrichtungen konsumtiv und produktiv verwendet werden.⁸ Zudem ist die Rechtsordnung, die z.B. Eigentumsrechte garantiert

⁷ Zumeist beziehen sich die empirischen Studien auf den Nettokapitalstock des Staates (vgl. Seitz, 1994, 13).

⁸ Auf eine nähere Beschreibung der Infrastruktur, die allein konsumtiv verwendet werden kann, wird in dieser Arbeit verzichtet, weil dies über den Rahmen der vorliegenden Arbeit hinausgeht. Zur konsumtiv nutzbaren Infrastruktur vgl. z.B. Seitz, 1994, 14 ff.

als auch den sozialen Frieden durch eine entsprechende Sozialgesetzgebung sichert, als Voraussetzung für einen friktionslosen Ablauf der Produktion in einer Marktwirtschaft relevant, so daß sie ebenfalls zur produktiv nutzbaren Infrastruktur gezählt wird (vgl. Arnold, 1992, 177 f.; Hedtkamp, 1995, 12).

Dabei ist zu beachten, daß staatlich bereitgestellte Infrastrukturgüter als Kapitalgüter, oder genauer als die von Kapitalgütern abgegebenen Leistungen, z.B. die Transportleistung einer Straße und als Dienstleistungen, z.B. Hochschulbildung, die mit Hilfe von Infrastrukturkapitalgütern und Arbeit produziert werden, in den Produktionsprozeß privater Unternehmen eingehen.⁹ Somit stellen die staatlich bereitgestellten Vorleistungen produzierte Güter, also Zwischenprodukte, dar.

Die Bereitstellung der Infrastruktur kann ein Marktversagen verursachen, was ein mögliches Argument für eine staatliche Intervention ist.¹⁰ Gemäß der Literatur läßt sich das Marktversagen im Fall der Infrastruktur primär durch die Nichtrivalität in der Nutzung begründen.¹¹ Allerdings sind einige Infrastruktureinrichtungen wie Straßen aufgrund von Kapazitätsgrenzen überfüllbar. Daher wird in der neuen theoretischen Infrastrukturforschung aufgrund von Überfüllung Rivalität in der Nutzung von Infrastrukturgütern angenommen (vgl. z.B. Pfähler et al., 1995, 84, Abschnitt B.II u. Abschnitt C.VI.2). Darüber hinaus kann neben der Nichtrivalität ebenfalls die Unmöglichkeit einen Preisausschluß anzuwenden, bestehen (vgl. Arnold, 1992, 178). Jedoch weisen Pfähler et al. (1995, 84) darauf hin, daß bei netzabhängigen Infrastrukturgütern, d.h. Transportleistungen, ein Preisausschluß – allein aufgrund der technologischen Entwicklungen der letzten Jahre – relativ geringe Kosten verursacht. Neben den genannten Marktversagensgründen werden ebenfalls Unteilbarkeiten angeführt, die verbunden mit „economies of scale“ und „economies of scope“ zu natürlichen Monopolen führen können. Weitere Gründe für ein Marktversagen sind Netzexternalitäten und eine mögliche räumliche Immobilität der Infrastruktur (vgl. Pfähler et al., 1995, 75 f.; Hedtkamp, 1995, 12).

⁹ Offensichtlich wird in der aktuellen, deutschsprachigen Literatur zur Infrastruktur die von einem Faktor im Produktionsprozeß abgegebene Leistung unter den Begriff Dienstleistung subsumiert (vgl. z.B. Seitz, 1994, 15; Richter et al., 1995, 33). Streng genommen besteht ein Unterschied zwischen Dienst- und Faktorleistung, weil die Faktorleistung abweichend von der Dienstleistung nicht produziert wird (vgl. Colombier, 1997 u. Abschnitt C).

¹⁰ Es ist zu beachten, daß einem Marktversagen ein mögliches Staatsversagen gegen zu rechnen ist.

¹¹ Vgl. Arnold, 1992, 177; Seitz, 1994, 20; Pfähler et al., 1995, 75 f.; Hedtkamp, 1995, 11 f.; Pfähler et al. (1995, 76) beziehen sich in erster Linie auf die Kerninfrastruktur.

Allerdings ist in jüngster Zeit zu beobachten, daß sich der Staat aus der Bereitstellung von Infrastrukturgütern in Form von Privatisierung und Deregulierung von Märkten zurückzieht. Als Beispiele für die Bundesrepublik Deutschland können die Telekommunikation, die Post und die Eisenbahn angeführt werden. Mögliche Begründungen für den Rückzug des Staates sind a) technologische Entwicklungen, die zu bestreitbaren Märkten (z.B. festnetzunabhängige Telekommunikation) und zur Kompatibilität verschiedener Netze (z.B. Funk- und Festnetz in der Telekommunikation) führen, b) die Gewährung von Nutzungsrechten für dieselbe netzwerkgebundene Infrastruktur für mehrere Unternehmen (z.B. in der Telekommunikation) und c) monopolistische Konkurrenz (z.B. Bahn vs. Luftfahrt).¹² Damit verlieren offenbar natürliche Monopole und verbundene Netzexternalitäten als Begründungen für eine staatliche Bereitstellung der Infrastruktur an Bedeutung.

Dies ist eine mögliche Erklärung, warum sich die neue theoretische Infrastrukturforschung als Begründung für eine staatliche Bereitstellung von Produktionsfaktoren auf die Nichtrivalität in der Nutzung oder/und der Unmöglichkeit eines Preisausschlusses beschränkt – wie der folgende Abschnitt verdeutlicht. Damit liefert die Theorie öffentlicher Zwischenprodukte eine zentrale Begründung für staatliche Infrastrukturinvestitionen und stellt einen wesentlichen Bestandteil einer Theorie der Infrastruktur dar (vgl. Arnold, 1992, 178).

II. Die Infrastruktur als öffentliches Zwischenprodukt

Die neue theoretische Infrastrukturforschung befaßt sich mit den Wachstums- und interregionalen Allokationseffekten der Infrastruktur.¹³ So sieht die endogene Wachstumstheorie¹⁴ die staatliche Bereitstellung der Infrastruktur als eine mögliche Ursache für endogenes Wachstum an,¹⁵ während

¹² Für weitere Gründe vgl. Pfähler et al., 1995, 77 f.

¹³ Eine Ausnahme ist Roloff (1998), der zeigt, daß die Bereitstellung eines nicht-rivalisierenden Produktionsfaktors, also ein Infrastrukturgut, im Interesse einer eigennützigen Regierung liegt.

¹⁴ Barro, 1990; Barro/Sala-i-Martin, 1992; Futagami et al., 1993; Glomm/Ravikumar, 1994; Barro/Sala-i-Martin, 1995; Futagami/Mino, 1995; Maussner/Klump, 1996; Turnovsky, 1996; Fisher/Turnovsky, 1998. Im Unterschied zu den vorstehenden Arbeiten analysieren Fisher/Turnovsky (1995) die Wachstumseffekte einer exogenen Erhöhung der staatlichen Infrastrukturausgaben.

¹⁵ Als weitere Determinanten des endogenen Wachstums werden z.B. die Kapitalakkumulation, Humankapital, Learning-by-doing-Effekte, Innovationen und Forschung- und Entwicklungsaktivitäten privater Unternehmen in Wachstumsmodellen abgebildet. So werden nicht-rivalisierende Faktoren wie Ergebnisse von FuE-Aktivitäten ebenfalls privat bereitgestellt (vgl. Podrecca, 1993, 40). Ziesemer (1995) nimmt

die Infrastruktur in der fiskalischen Standortkonkurrenz¹⁶ ein Aktionsparameter regionaler Fiskali darstellt. Die Modelle der fiskalischen Standortkonkurrenz analysieren die Effekte der Infrastruktur auf die interregionale Allokation mobiler Produktionsfaktoren und Unternehmen. Da die Infrastruktur gemäß der neuen theoretischen Infrastrukturforschung durch Nichttrivialität in der Nutzung oder/und der Unmöglichkeit der Anwendung eines Preisausschlusses gekennzeichnet ist, wird die staatlich bereitgestellte Infrastruktur mit dem Attribut „öffentlich“ versehen.^{17, 18}

Das Standardmodell der neuen theoretischen Infrastrukturforschung umfaßt einen privaten und einen staatlichen Sektor. Außer im Modell von Walz/Wellisch (1996) werden im privaten Sektor Konkurrenzbedingungen angenommen. Darüber hinaus stellt eine staatliche Institution den Unternehmen einen einzigen homogenen Produktionsfaktor kostenlos oder ohne direktes Nutzungsentgelt zur Verfügung. So geht der staatlich bereitgestellte Produktionsfaktor als Vorleistung in die Produktion eines Unternehmens des privaten Sektors ein. Die Unternehmen produzieren ein privates Gut, das zum Konsum verwendet werden kann,¹⁹ mit einem Kapitalgut, Arbeit oder Land²⁰ und dem staatlich bereitgestellten Produktionsfaktor. Der staatlich bereitgestellte Produktionsfaktor wird sowohl in Wachstumsmodellen als auch in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz als Zwischenprodukt abgebildet. Allerdings wird in der endogenen Wachstumstheorie (vgl. z.B. Futagami/Mino, 1995, 130; Fisher/Turnovsky, 1998, 403) und auch von Homburg (1993, 466) und Seitz (1994, 73 f.) angenommen, daß die Menge des öffentlichen Produktionsfaktors aus der Produktionsmenge des privaten Gutes entnommen wird. Damit sind das private Gut und das öffentliche Zwi-

z.B. einen staatlich bereitgestellten und einen privat bereitgestellten, nichtrivalisierenden Produktionsfaktor an.

¹⁶ Richter, 1994; Seitz, 1994; Pfähler/Lorz, 1994/95; Richter et al., 1995; Wellisch, 1995; Richter/Wellisch, 1996; Walz/Wellisch, 1996; Sinn, 1997; Matsumoto, 1998; Tausch, 1999. Auch Homburg (1993) analysiert die interregionalen Faktorallokationseffekte einer staatlich bereitgestellten Infrastruktur, konzentriert sein Erkenntnisinteresse jedoch auf das Problem eines effizienten Finanzausgleichs zwischen den Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland.

¹⁷ Darüber hinaus berücksichtigen Barro/Sala-i-Martin (1992, 648) und Futagami/Mino (1995, 125) explizit staatlich bereitgestellte private Zwischenprodukte, die rivalisierend sind und bei denen ein Preisausschluß möglich ist. In Homburgs (1993, 483 f.) Modell ist ein öffentliches Zwischenprodukt durch Rivalität und Nichtanwendung des Ausschlußprinzips gekennzeichnet, was die Möglichkeit eines Preisausschlusses zuläßt.

¹⁸ Zu den Interpretationen des Attributes „öffentlich“ vgl. Abschnitt C.I.

¹⁹ In den unter Fn. 14 angeführten Wachstumsmodellen kann das private Gut ebenfalls als Kapitalgut verwendet werden.

²⁰ So nehmen z.B. Richter et al. (1995, 16) und Wellisch (1995, 24) Kapital und Land als private Faktoren an.

schenprodukt homogen. Da diese Annahme als unrealistisch eingestuft wird (vgl. Homburg, 1993, 466, Fn. 11), geht die neue Infrastrukturforschung davon aus, daß das private Gut ohne zusätzliche Kosten in einen öffentlichen Produktionsfaktor transformiert werden kann. Daher müssen die Produktionstechnologie und die Faktorintensitäten für den öffentlichen Produktionsfaktor mit denen des privaten Gutes übereinstimmen (vgl. Barro, 1990, 107; Barro/Sala-i-Martin, 1995, 152 f.; Homburg, 1993, 466, Fn. 11). Zusätzlich muß die Grenzrate der Transformation zwischen öffentlichem und privatem Gut dem Betrag eins entsprechen (vgl. z.B. Barro/Sala-i-Martin, 1992, 648 f.; Homburg, 1993, 466 u. 466, Fn. 1; Seitz, 1994, 73 f.).

Die neue theoretische Infrastrukturforschung spezifiziert grundsätzlich zwei verschiedene Unternehmensproduktionsfunktionen²¹ mit einem öffentlichen Zwischenprodukt, die entweder durch lineare Homogenität in den privaten Faktoren (vgl. z.B. Seitz, 1994, 73; Barro/Sala-i-Martin, 1995, 153) oder lineare Homogenität in allen Faktoren (vgl. z.B. Richter, 1994, 334; Futagami/Mino, 1995, 125 f.) gekennzeichnet ist. Letztere Annahme impliziert, daß die Unternehmen direkt aus der Verwendung des öffentlichen Zwischenproduktes Vorteile ziehen, während die Unternehmen im zweiten Fall nur indirekt über eine erhöhte Produktivität der privaten Faktoren einen Vorteil aus der Nutzung des öffentlichen Zwischenproduktes haben. Die genannten Spezifikationen von Produktionsfunktionen werden im übrigen ebenfalls in empirischen Studien über die Produktionseffekte der Infrastruktur verwendet, die sich allerdings auf aggregierte Produktionsfunktionen beziehen (vgl. Gramlich, 1994, 1185).

Wie ausgeführt nimmt die theoretische Infrastrukturforschung bzgl. des staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes Nichtrivalität in der Nutzung und/oder die Nichtanwendbarkeit eines Preisausschlusses an. Darüber hinaus kann ein a priori nichtrivalisierendes Zwischenprodukt überfüllbar sein. Durch Überfüllung eines Zwischenproduktes entsteht Rivalität in der Nutzung des Zwischenproduktes (vgl. z.B. Barro/Sala-i-Martin, 1992, 648; Glomm/Ravikumar, 1995, 1174; Walz/Wellisch, 1996, 177; Sinn, 1997, 251). So ist den – in der neuen theoretischen Infrastrukturforschung abgebildeten – Zwischenprodukten gemeinsam, daß der Staat keinen Preisausschluß anwenden kann oder anwendet (vgl. Fn. 17). Folglich könnten unterschiedliche Annahmen über die Skalenelastizität der Unternehmensproduktionsfunktion mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt auf

²¹ In Modellen der endogenen Wachstumstheorie wird überwiegend angenommen, daß Unternehmen Haushaltsproduzenten sind, so daß die Unternehmensanzahl der Anzahl der Arbeiter bzw. Konsumenten in einer Ökonomie entspricht (vgl. z.B. Barro, 1990, 104; Barro/Sala-i-Martin, 1992, 648; Futagami et al., 1993, 610; Futagami/Mino, 1995, 126, Fn. 3; Fisher/Turnovsky, 1998, 401). Eine Ausnahme ist das Modell von Barro/Sala-i-Martin (1995, 153).

unterschiedliche Gutseigenschaften, d.h. Rivalität oder Nichtrivalität in der Nutzung zurückgeführt werden.

Allerdings spezifiziert die neue theoretische Infrastrukturforschung im Fall eines nichtrivalisierenden Zwischenproduktes sowohl eine Unternehmensproduktionsfunktion mit fallenden Durchschnittserträgen in den privaten Faktoren²² als auch konstanten Durchschnittserträgen in den privaten Faktoren.²³ Um offensichtlich die Festlegung auf eine der genannten Spezifikationen von Unternehmenproduktionsfunktionen mit einem nichtrivalisierenden Zwischenprodukt zu vermeiden, berücksichtigen Matsumoto (1998, 466) und Fisher/Turnovsky (1998, 402) beide Spezifikationen.

Zudem nehmen einige Autoren unabhängig von den Eigenschaften des staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes dieselbe Spezifikation für die Produktionsfunktion eines Unternehmen an.²⁴ Demnach ist es für den Produktionsprozeß *innerhalb* eines Unternehmens unerheblich, ob ein rivalisierendes oder ein nichtrivalisierendes Zwischenprodukt verwendet wird. Gemäß dieser Annahme ist die Unterscheidung zwischen einem rival und nichtrival nutzbaren Zwischenprodukt erst dann relevant, wenn ein weiteres Unternehmen das Zwischenprodukt in der Produktion verwenden möchte. Ein rivalisierendes Zwischenprodukt muß zwischen den Unternehmen aufgeteilt werden, während mehrere Unternehmen dieselbe Menge eines nichtrivalisierenden Zwischenproduktes zur Produktion verwenden können (vgl. Abschnitt C.I). Da innerhalb eines Unternehmens die Gutseigenschaften des Zwischenproduktes unerheblich sind, und ein Unternehmen neben dem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt Arbeit und Kapital zur Produktion einsetzt, ist das Produktionsergebnis unabhängig davon, ob das Zwischenprodukt zwischen den Arbeitern und Kapitalgütern in einem Unternehmen aufgeteilt werden muß oder nicht. Diese Schlußfolgerung ist nicht plausibel.

Daher ist die dargelegte Konfusion bzgl. der Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt offensichtlich darauf zurückzuführen, daß die Bedeutung der Gutseigenschaften für den Produk-

²² Vgl. Barro/Sala-i-Martin, 1992, 649; Homburg, 1993, 1993, 483; Richter, 1994, 334; Futagami/Mino, 1995, 125; Richter et al., 1995, 16; Wellisch, 1995, 24 u. 26; Maussner/Klump, 1996 74 u. 79; Richter/Wellisch, 1996, 77; Turnovsky, 1996, 23; 1999, 1194. Homburg (1993) gibt nur einen Hinweis darauf, daß er einen nichtrivalisierenden Faktor in der beschriebenen Weise abbilden würde. Im Modell von Homburg (1993) ist der staatlich bereitgestellte Faktor rivalisierend. Zu Wellisch (1995) vgl. auch Abschnitt C.VI.3, Fn. 37.

²³ Vgl. Seitz, 1994, 73; Pfähler/Lorz, 1994/95, 127; Barro/Sala-i-Martin, 1995, 153; Glomm/Ravikumar, 1995, 1176, Fisher/Turnovsky, 1995, 752; Sinn, 1997, 251; Roloff, 1998, 6; Tausch, 1999, 331.

²⁴ Vgl. Barro/Sala-i-Martin, 1992, 648 f.; Homburg, 1993, 482 f.; Richter, 1994, 326; Futagami/Mino, 1995, 125 f.; Richter et al., 1995, 16; Wellisch, 1995, 24; Richter/Wellisch, 1996, 77; Turnovsky, 1996, 36 f.; Fisher/Turnovsky, 1998, 402.

tionsprozeß eines Unternehmens vernachlässigt wird. Dies kommt besonders deutlich am Beispiel des Modells von Fisher/Turnovsky (1998) zum Ausdruck, die lineare Homogenität in allen Faktoren als auch in den privaten Faktoren für eine Produktionsfunktion mit einem rivalisierenden *und* einem nichtrivalisierenden Zwischenprodukt annehmen.

Nach Romer (1994, 16) sind die Gutseigenschaften von grundlegender Bedeutung für die Modellabbildung und der aus den Modellergebnissen zu folgernden politischen Handlungsanweisungen: „The distinctions between rival and nonrival inputs, and the distinction between excludable and nonexcludable goods, are of absolutely fundamental importance in modeling and policy formulation.“ Demzufolge sind unterschiedliche Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem nichtrivalisierenden Zwischenprodukt, jedoch auch die Annahme identischer Spezifikationen mit einem rivalisierenden und nichtrivalisierenden Zwischenprodukt, widersprüchlich. Daher ist die Bedeutung der Gutseigenschaften für die Spezifikation einer Produktionsfunktion zu klären (vgl. Abschnitt C).

Wie bereits ausgeführt, begründet die neue theoretische Infrastrukturforschung zunehmende Rivalität eines überfüllbaren, a priori nichtrivalisierenden, Zwischenproduktes mit Überfüllung des Zwischenproduktes. Überfüllung eines überfüllbaren Gutes ist durch eine Zunahme der Nutzer dieses Gutes bedingt. Da entsprechend einem Konsumenten, der ein überfüllbares Konsumgut nutzt, der Nutzer eines überfüllbaren Zwischenproduktes ein Unternehmen ist, erklären einige Autoren Überfüllung durch eine Zunahme der Unternehmensanzahl (vgl. z.B. Homburg, 1993, 484; Wellisch, 1995, 24). Jedoch ist der Umstand, daß ein Unternehmen private Faktoren wie Arbeit und Kapital zur Produktion einsetzt, wesentlich für die Abbildung des Überfüllungsfalls. So bedingt z.B. eine zunehmende Anzahl von Fahrzeugen, die auf einer Straße verkehren, Überfüllung dieser Straße. Folglich verursacht offensichtlich eine zunehmende Inanspruchnahme eines überfüllbaren Zwischenproduktes durch private Produktionsfaktoren, z.B. LKW, Überfüllung. Allerdings könnte – wie Pfähler et al., (1995, 94) vermuten –, die gewählte Abbildung der Überfüllung eine gute Approximation des Überfüllungsfalls darstellen, so daß eine einfache Übertragung des Überfüllungsfalls aus dem Konsumgüterbereich in den Bereich öffentlicher Zwischenprodukte ökonomisch gerechtfertigt wäre. Unter anderem gibt die vorliegende Arbeit auf diese Frage eine Antwort (vgl. Abschnitt D.I).

Zudem wird das Attribut „öffentlich“ in der neuen theoretischen Infrastrukturforschung in verschiedenen Interpretationen verwandt, was auf eine generelle Diskussion über die Bedeutung des Attributs „öffentlich“ in der ökonomischen Theorie zurückführen ist (vgl. z.B. Malkin/Wildavsky, 1991, 359 f.). Die überwiegende Anzahl der Autoren nimmt an (vgl. Fn. 14 u. 16), daß ein „rein“ öffentliches Gut durch Nichtrivalität und der

Nichtanwendbarkeit eines Preisausschlusses gekennzeichnet ist (vgl. z.B. Richter et al., 1995, 16; Futagami/Mino, 1995, 125; Fisher/Turnovsky, 1998, 401). Insofern ist die Verwendung des Attributs „öffentlich“ eindeutig. Jedoch bezieht sich z.B. Seitz (1994, 73) bzgl. der Definition eines öffentlichen Gutes auf Oakland (1987). Nach Oakland (1987, 486 f.) entspricht ein „rein“ öffentliches Gut einem vollständig nichtrivalisierenden Gut, so daß die Nichtanwendbarkeit des Preisausschlusses nicht gegeben sein muß. Dieser muß auch bei Homburgs (1993, 483 f.) Interpretation des Attributs „öffentlich“ nicht vorliegen, wobei Homburg (1993) jedoch ein rivalisierendes Zwischenprodukt annimmt.

Insgesamt zeigt sich, daß in der neuen theoretischen Infrastrukturforschung eine produktions- und allokationstheoretisch konsistent und plausibel begründete Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt fehlt. Nach Pfähler et al. (1995, 83) ist dies eine wichtige Frage einer Theorie der Infrastruktur, zu deren Beantwortung die vorliegende Arbeit beiträgt.

Die beschriebene Konfusion bzgl. der Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt spiegelt sich bereits in einer an Meade (1952) anknüpfenden Diskussion wider (vgl. Abschnitt A). Aktuelle Versuche einer Klärung dieser Diskussion sind bisher von Feehan (1989; 1997) und Pfähler et al. (1995) unternommen worden. Abschnitt C zeigt auf, inwiefern sich die vorliegende Arbeit von diesen Bemühungen unterscheidet. Darüber hinaus hat in jüngster Zeit Arnold (1992) einige produktionstheoretische Überlegungen zu dieser frühen Diskussion angestellt. Abweichend von der vorliegenden Arbeit befaßt sich Arnold (1992, 179–181) allein mit dem „firm-augmenting-“ und dem „factor-augmenting“-Fall und legt als Kriterium für eine ökonomisch plausible Spezifikation die Möglichkeit der endogenen Bestimmung einer effizienten Unternehmensanzahl bzw. -größe zugrunde. Dies führt zu einer alternativen Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Produktionsfaktor (vgl. Arnold, 1992, 181), die im Abschnitt E kritisch gewürdigt wird.

Da sich die vorliegende Arbeit auf die *staatlich bereitgestellte* Infrastruktur bezieht, ist die Unterscheidung des Zwischenproduktes nach der Anwendbarkeit des Preisausschlusses nur als Begründung für eine staatliche Bereitstellung ökonomisch relevant. So konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die ungeklärte Frage nach einer ökonomisch konsistenten und plausiblen Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem nichtrivalisierenden, d.h. nicht rival nutzbaren, Produktionsfaktor. Zudem werden Finanzierungseffekte der Bereitstellung des Zwischenproduktes vernachlässigt, so daß implizit von einer „lump-sum“-Finanzierung des staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes ausgegangen wird.

C. Die Bedeutung der Gutseigenschaften von Zwischenprodukten für die Spezifikation einer Produktionsfunktion

In Abschnitt B ist aufgezeigt worden, daß in jüngster Zeit Produktionsfunktionen mit öffentlichen Zwischenprodukten in unterschiedlicher, sich z. T. widersprechender, Weise spezifiziert worden sind. Auf die Vielfalt und Konfusion bzgl. der Spezifikationen öffentlicher Zwischenprodukte ist jüngst ebenfalls von Arnold (1992) und Feehan (1997; 1998) hingewiesen worden.¹ Eine mögliche Ursache dieser Vielfalt geht auf eine Unterscheidung von Produktionsexternalitäten durch Meade (1952) zurück, auf deren Basis unterschiedliche Spezifikationen von öffentlichen Zwischenprodukten entwickelt worden sind (vgl. z.B. Negishi, 1973; Henderson, 1974; Hillman, 1978). Einen Überblick dazu bieten Feehan (1989; 1997) und Pfähler et al. (1995). Eine andere Ursache kann die Begriffsvielfalt bzgl. des Attributes „öffentlich“ sein. So schreiben Blümel et al. (1986, 244): „There is an ‚inflation‘ in the number of terms that are used to substitute, approximate or differentiate the term public good, with the result that not only identical phenomena are labelled differently, but also one and the same term is used for different phenomena.“

Daher sollen im Abschnitt C – abweichend von Pfähler et al. (1995) – in einem einheitlichen modelltheoretischen Bezugsrahmen einige in der Literatur vorhandene Unstimmigkeiten bezüglich der Spezifikation staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte geklärt und im Unterschied zu Feehan (1989, 1997) und Pfähler et al. (1995) eine *Klassifizierung* staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte vorgenommen werden. Ansatzpunkt sind die Spezifikationen von Zwischenprodukten, die auf Basis von Meade (1952) in die Literatur eingeführt worden sind. Dazu stellt Abschnitt I häufig verwendete Interpretationen des Attributes „öffentlich“ dar und gibt eine Begründung für die in dieser Arbeit verwendete Abgrenzung. In Abschnitt II wird ein modelltheoretischer Bezugsrahmen entwickelt, innerhalb dessen die Effizienzbedingungen für die Bereitstellung eines öffentlichen Zwischenproduktes – die Kaizuka-Regel – und eines privaten Zwischenproduktes als Vergleichsmaßstab für die in Abschnitt III analysierten Spezifikatio-

¹ Der Begriff „Spezifikation eines Zwischenproduktes“ bezieht sich auf die Gutseigenschaften des Zwischenproduktes und die damit verbundene Produktionsfunktion.

nen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte hergeleitet wird. Anschließend erfolgt in Abschnitt III ein Vergleich von Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte, der zur Untersuchung der in der Literatur vertretene These von der Identität der Spezifikationen „unpaid factor“, „semi-public input“ und „firm-augmenting public input“ dient. Unter anderem wird der Zusammenhang zwischen den Gutseigenschaften eines Zwischenproduktes und der Skalenelastizität dargelegt. Abschnitt IV zeigt auf, warum die Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl nur für eine der in Anlehnung an Meade (1952) entwickelten Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte gültig ist. Abschnitt V faßt die Ergebnisse der Analyse mit Hilfe einer Klassifikation der Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte zusammen. Ausgehend von dieser Klassifikation können weitere Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte entwickelt werden, welche Abschnitt VI darstellt. In diesem Abschnitt wird auf Basis der Spezifikation überfüllter Zwischenprodukte ein Bezug zwischen den an Meade (1952) anknüpfenden und den Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte hergestellt, die in jüngster Zeit in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie verwendet worden sind. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Abschnittes (vgl. Abschnitt VII).

I. Interpretationen des Attributes „öffentlich“

In der Literatur werden wenigstens drei unterschiedliche Interpretationen des Attributes „öffentlich“ verwendet (vgl. z.B. Söllner, 1997, 35 f.). Demnach kann „öffentlich“ (i) auf eine bestimmte Gutseigenschaft hinweisen oder (ii) auf die *Notwendigkeit* einer staatlichen Bereitstellung solcher Güter aufmerksam machen oder (iii) als Pauschalbezeichnung für alle vom Staat *tatsächlich* bereitgestellten Güter dienen.

Im Rahmen der ersten Interpretationsmöglichkeit wird mit der Bezeichnung „öffentlich“ darauf hingewiesen, daß die betrachteten Güter in einer Weise in der Produktion verwendet werden,² die durch die nachfolgende Gleichung beschrieben wird:

$$(C.1) \quad G = G_1 = \dots G_i = \dots G_n.$$

Gleichung (C.1) besagt, daß die insgesamt bereitgestellte Menge des öffentlichen Zwischenproduktes G der von den Unternehmen $1, \dots, i, \dots, n$ jeweils verwendeten Gütermenge $G_1, \dots, G_i, \dots, G_n$ ent-

² Dabei ist zu beachten, daß Güter sowohl zum Konsum als auch zur Produktion verwendet werden können.

spricht. Die bereitgestellte Menge eines öffentlichen Zwischenproduktes kann somit *simultan* von n Unternehmen eingesetzt werden (vgl. Kaizuka, 1965, 119).^{3,4} Gleichung (C.1) geht auf Samuelson (1954, 387; 1955, 350; 1969, 108) zurück, der sie für den Fall öffentlicher Konsumgüter entwickelt hat. Musgrave (1969, 126) hat für diese Gutseigenschaft den Ausdruck „Nichtrivalität im Konsum“ geprägt. Wird dieser Ausdruck auf öffentliche Zwischenprodukte übertragen, kann dieser als „Nichtrivalität in der Produktion“ bezeichnet werden. Aufgrund dieser Guteigenschaft kann keine Pareto-optimale Bereitstellung eines öffentlichen Gutes über den Allokationsmechanismus des Marktes erfolgen (vgl. Samuelson, 1969, 109). Somit sollte kein Preisausschluß angewendet werden, womit eine staatliche Bereitstellung des öffentlichen Gutes begründet werden kann.

Von solchen öffentlichen Gütern sind private Güter abzugrenzen, die Pareto-optimal über den Marktmechanismus bereitgestellt werden können. Hier erfolgt die Verwendung als Produktionsfaktor gemäß der Gleichung:

$$(C.2) \quad G = G_1 + \dots + G_i + \dots + G_n.$$

Die *Summe* der von den Unternehmen $1, \dots, i, \dots, n$ jeweils verwendeten Mengen $G_1, \dots, G_i, \dots, G_n$ entspricht der insgesamt bereitgestellten Menge des privaten Produktionsfaktors (G). Musgrave (1969, 128) hat im Konsumgüterfall für diese Gutseigenschaft die Bezeichnung „Rivalität im Konsum“ in die Literatur eingeführt. Dementsprechend kann diese Guts-eigenschaft im Fall von Produktionsfaktoren als „Rivalität in der Produktion“ bezeichnet werden.

In der zweiten Interpretationsmöglichkeit weist die Bezeichnung „öffentlich“ auf die *Notwendigkeit* der staatlichen Bereitstellung hin. In diesem Fall kommt zu der mit Gleichung (C.1) dargestellten Gutseigenschaft noch die Unmöglichkeit der Anwendung des „(Preis)-Ausschlußprinzips“ hinzu (vgl. Musgrave, 1959, 9; Stiglitz/Schönfelder, 1989, 114; Arnold, 1992, 80). Damit besteht entweder aufgrund zu hoher Ausschlußkosten kein Anreiz oder aus technischen Gründen nicht die Möglichkeit für private Anbieter ein öffentliches Gut bereitzustellen. Denn, wenn kein Preisausschluß möglich ist, würden rational handelnde Nachfrager keine positiven Zahlungsbereitschaften für die betrachteten öffentlichen Güter offenbaren, so daß sich niemand freiwillig an der Finanzierung von öffentlichen Gütern

³ Die Gleichung (C.1) wird ökonomisch relevant, wenn $n \geq 2$ ist (vgl. Colom-bier, 1997, 17). Für den Fall öffentlicher Konsumgüter vgl. Pickhardt, 1997, 17.

⁴ Kaizuka (1965, 119) verwendet den Begriff „Produktionseinheit“. Eine Produktionseinheit kann einen Betrieb oder mehrere Betriebe eines Unternehmens darstellen. Zur Vereinfachung wird in dieser Analyse davon ausgegangen, daß jedes Unternehmen nur eine Produktionseinheit umfaßt.

beteiligen würde. Folglich ist eine staatliche Bereitstellung erforderlich, die per Zwangsabgaben das öffentliche Gut finanziert. Jedoch ist es für die Nachfrager auch in diesem Fall nicht rational ihre wahren Präferenzen zu offenbaren, wenn sie erwarten, daß sie unabhängig von der Höhe ihres eigenen Beitrags das öffentliche Gut konsumieren bzw. in der Produktion verwenden können. Für öffentliche Zwischenprodukte wird dem Problem der Offenbarung wahrer Präferenzen eine geringere Bedeutung beigemessen, weil der Ertrag eines öffentlichen Zwischenproduktes objektiv meßbar ist (vgl. Sandmo, 1972, 157; Manning/McMillan, 1982, 121). Darüber hinaus kann ebenfalls bei rivalisierenden Gütern die Anwendung des Preisausschlusses ökonomisch unmöglich sein (vgl. Stiglitz/Schönfelder, 1989, 121 f.).

Wird die dritte Interpretation zugrunde gelegt, sind mit dem Attribut „öffentlich“ pauschal alle Güter gemeint, die vom Staat tatsächlich angeboten werden (vgl. z. B. Buchanan, 1968, 1; Negishi, 1976, 87, Fn. 2; Hedtkamp, 1995, 11; Söllner, 1997, 35). Grundsätzlich kann der Staat nichtrivalisierende sowie rivalisierende Güter anbieten und zwar jeweils unabhängig davon, ob ein Preisausschluß anwendbar ist oder nicht. Damit werden durch diese Interpretation nicht nur alle allokativen Gründe für ein staatliches Güterangebot, sondern zudem auch meritorische und distributive erfaßt. Letzteres ist beispielsweise der Fall, wenn der Staat bei rivalisierenden Gütern, für die ein Preisausschluß anwendbar ist, diesen bewußt *nicht* anwendet und die Güter kostenlos abgibt.

Die möglichen Interpretationen zeigen, daß die inhaltlichen Bedeutungen des Attributes „öffentlich“ im Zeitablauf zugenommen haben. Im Rahmen der dritten Interpretation bezieht sich das Attribut „öffentlich“ auf die Bereitstellungsform, so daß Güter mit unterschiedlichen Eigenschaften, die aus verschiedenen Gründen staatlich bereitgestellt werden unter das Attribut „öffentlich“ subsumiert werden. Damit ist die Bereitstellung zwar institutionell, jedoch nicht ökonomisch begründet.

Die zweite Interpretation ist von der Zeit abhängig, weil im Zuge des technischen Fortschritts Ausschlußtechnologien für ein Gut entwickelt werden können, welche die Notwendigkeit einer staatlichen Bereitstellung aufheben. Somit ist die Notwendigkeit einen Preisausschluß anzuwenden, darauf zurückzuführen, daß gemäß dem Stand des Wissens keine Technologie verfügbar ist, die einen Preisausschluß ökonomisch ermöglicht. Demnach ist die zweite Interpretation des Attributes „öffentlich“ nicht ökonomisch, sondern technisch determiniert. Daher ändert sich im Zeitablauf die Menge der Güter, die als öffentlich zu bezeichnen sind, so daß die zweite Interpretation im Zeitablauf nicht konsistent ist.

Darüber hinaus kann ein Preisausschluß auch im Fall eines privaten Gutes unmöglich sein, so daß bei Bezug auf die zweite Interpretation eben-

falls rivalisierende Güter als öffentlich bezeichnet werden können. Daher erfassen die zweite und dritte Interpretation Güter mit unterschiedlichen Eigenschaften. Da jedoch diese Eigenschaften (Rivalität/Nichtrivalität) einen Hinweis auf die Möglichkeit einer Pareto-optimalen Bereitstellung eines Gutes durch den Allokationsmechanismus des Marktes geben, wird die allokationstheoretische Bedeutung der Gutseigenschaften in der zweiten und dritten Interpretation vernachlässigt. Somit kann eine allokationstheoretische, also eine ökonomische, Interpretation des Attributes „öffentlich“ nur an den Gutseigenschaften anknüpfen. Da Nichtrivalität einen Hinweis auf das Versagen des Allokationsmechanismus des Marktes gibt, wird Nichtrivalität als konstituierende Eigenschaft eines öffentlichen Gutes angesehen (vgl. Samuelson, 1969, 105, Fn. 2; Musgrave et al., 1994, 71). Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird das Attribut „öffentlich“ nur im Sinne der ersten Interpretation gebraucht, die auf der Theorie der öffentlichen Güter basiert (vgl. Musgrave et al., 1994, 72).⁵

II. Die produktionseffiziente Bereitstellung öffentlicher und privater Zwischenprodukte

In diesem Abschnitt wird auf Grundlage des Modells von Kaizuka (1965) ein modelltheoretischer Bezugsrahmen für die Analyse in den Abschnitten C.III–D.I entwickelt. Dieser dient zum Vergleich der in den Abschnitten C.III und C.IV dargelegten Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte.

Kaizukas (1965) Analyse ist auf Samuelson (1954) zurückzuführen, der die Bedingungen für eine Pareto-optimale Allokation nichtrivalisierender Konsumgüter in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell unter der Voraussetzung gegebener Produktionseffizienz hergeleitet hat. Kaizuka (1965) erweiterte das Modell von Samuelson (1954), indem er öffentliche Güter als Zwischenprodukte angenommen hat und den Produktionssektor einer Ökonomie explizit berücksichtigte. Damit entwickelte Kaizuka (1965) erstmalig die Effizienzbedingung für die Bereitstellung öffentlicher Zwischenprodukte.

⁵ Andere Autoren sehen die Unmöglichkeit des Preisausschlusses oder das Nichtausschluß- und das Nichtrivalitätsprinzip als ausschlaggebend für die Bezeichnung eines Gutes als „öffentlich“ an, so daß die Interpretation des Attributes „öffentlich“ kontrovers ist (vgl. Malkin/Wildavsky, 1991, 359 f.). Für eine Klärung vgl. Pickhardt, 1997.

1. Der Kaizuka-Fall – ein öffentliches Zwischenprodukt

Es wird davon ausgegangen, daß das öffentliche Zwischenprodukt staatlich bereitgestellt ist und den Unternehmen kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Also wird kein Preisausschluß durchgeführt. Die staatliche Institution kennt die Produktionstechnologien der Unternehmen und handelt nicht eigennützig. Zur Vereinfachung werden zwei private Konsumgüter, ein öffentliches Zwischenprodukt und zwei Primärfaktoren angenommen. Die Mengen der Primärfaktoren Arbeit und Kapital sind exogen gegeben. Abweichend von Kaizukas Modell (1965) werden die Konsumgüter durch mehrere Unternehmen hergestellt, während die Produktion des öffentlichen Zwischenproduktes in einem einzigen staatlich finanziertem Unternehmen erfolgt. Die Konsumentenseite ist exogen gegeben.

Die Unternehmen produzieren die privaten Konsumgüter X und Y mit den Primärfaktoren Arbeit (A) und Kapital (K) sowie dem öffentlichen Zwischenprodukt (G). Das Konsumgut Y soll ein Numéraire darstellen. Dabei wird Y durch n_y - und X durch n_x -Unternehmen produziert. Die Unternehmensanzahl ist in beiden Branchen exogen, womit ebenfalls die Gesamtanzahl privater Unternehmen (n) exogen gegeben ist.

$$(C.3) \quad n = n_x + n_y.$$

Jedes Unternehmen einer Branche hat Zugang zur selben Produktionstechnologie, die, wenn nicht anders ausgeführt, durch eine homogene Produktionsfunktion erfaßt werden soll. Somit existiert für jede Branche genau eine Produktionstechnologie:

$$(C.4) \quad X_i = f_i(A_i, K_i, G_i) \quad \text{mit: } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(C.5) \quad Y_j = f_j(A_j, K_j, G_j) \quad \text{mit: } j = 1, \dots, n_y.$$

Das staatlich finanzierte Unternehmen stellt das öffentliche Zwischenprodukt mit Hilfe der Primärfaktoren Arbeit (A_g) und Kapital (K_g) her, wobei konstante Skalenerträge für die Produktionsfunktion des öffentlichen Zwischenproduktes angenommen werden:

$$(C.6) \quad G = R(A_g, K_g).$$

Da das öffentliche Zwischenprodukt einen positiven Produktionsbeitrag erbringt und es zudem den Unternehmen kostenlos zur Verfügung steht, haben die Unternehmen keinen Anreiz zum Selbstausschluß. Folglich kann offen gelassen werden, ob ein Selbstausschluß vom öffentlichen Zwischenprodukt möglich ist.

Die Bereitstellungsmenge (G) des öffentlichen Zwischenproduktes können n -Unternehmen nichtrivialisierend zur Produktion verwenden. Das heißt, daß die Bereitstellungsmenge des öffentlichen Zwischenproduktes der Einsatzmenge des öffentlichen Zwischenproduktes in jedem privaten Unternehmen (G_i bzw. G_j) entspricht.

$$(C.7) \quad G = G_i = G_j.$$

Zur Ermittlung der notwendigen Bedingungen für eine effiziente Aufteilung der Primärfaktoren zwischen den Konsumgütersektoren und dem öffentlichen Sektor und damit einer produktionseffizienten Bereitstellung des öffentlichen Zwischenproduktes, ist folgendes Maximierungsproblem zu lösen:

$$(C.8) \quad Y = n_y f_j(A_j, K_j, G_j) \rightarrow \max.$$

Nebenbed.:⁶

$$(C.9) \quad n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X} = 0,$$

$$(C.10) \quad R(A_g, K_g) - G = 0,$$

$$(C.11) \quad G - G_i = 0 \quad \text{mit: } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(C.12) \quad G - G_j = 0 \quad \text{mit: } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(C.13) \quad \bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g = 0 \quad \text{mit: } A_i, A_j, A_g > 0,⁷$$

$$(C.14) \quad \bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g = 0 \quad \text{mit: } K_i, K_j, K_g > 0.$$

Die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung des öffentlichen Zwischenproduktes lauten dann (vgl. Anhang I, ad (C.15)–(C.19)):

$$(C.15) \quad n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} \frac{\frac{\partial f_j}{\partial A_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial A_i}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial R}}{\frac{\partial A_g}{\partial R}},$$

$$(C.16) \quad n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} \frac{\frac{\partial f_j}{\partial K_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial K_i}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial R}}{\frac{\partial K_g}{\partial R}}.$$

⁶ (C.11) bzw. (C.12) stellen Gleichungssysteme dar, die aus n_x - bzw. n_y -Nebenbedingungen bestehen.

⁷ Durch diese Annahme werden Randlösungen ausgeschlossen.

Die Gleichungen (C.15) und (C.16) sind äquivalent zu den von Kaizuka (1965, 120, (3)) hergeleiteten Bedingungen, die in Einheiten der privaten Primärfaktoren angegeben sind. Demgegenüber werden (C.15) und (C.16) in Einheiten des Numéraire gemessen. Sie besagen, daß die Summe der Grenzerträge des öffentlichen Zwischenproduktes (linke Seiten von (C.15) und (C.16)) der n -Unternehmen gerade den Grenzkosten der Produktion des öffentlichen Zwischenproduktes (rechte Seiten von (C.15) und (C.16)) entsprechen muß. Die Gültigkeit der obigen Bedingungen impliziert, daß die Primärfaktoren zwischen den Konsumgütersektoren effizient aufgeteilt sind. Die notwendige Bedingung dafür lautet (vgl. Anhang I, ad (C.15)–(C.19)):

$$(C.17) \quad \frac{\frac{\partial f_j}{\partial A_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial A_i}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial K_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial K_i}} = p_x.$$

Nach (C.17) müssen die Primärfaktoren gerade so zwischen den Konsumgütersektoren aufgeteilt werden, daß das Verhältnis ihrer Grenzproduktivitäten in beiden Branchen mit den Opportunitätskosten (p_x) der Produktion einer marginalen Einheit des Konsumgutes X übereinstimmt. Damit gibt Gleichung (C.17) die Grenzrate der Transformation zwischen den Konsumgütersektoren an. Ebenso beinhalten (C.15) und (C.16) eine effiziente Aufteilung von Arbeit und Kapital zwischen den Konsumgütersektoren und dem staatlichen Sektor. Daher entsprechen die rechte Seiten von (C.15) und (C.16) gerade den Opportunitätskosten (p_g) der Produktion einer marginalen Einheit des Zwischenproduktes (vgl. Anhang I, ad (C.15)–(C.19)):

$$(C.18) \quad \frac{\frac{\partial f_j}{\partial A_j}}{\frac{\partial R}{\partial A_g}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial K_j}}{\frac{\partial R}{\partial K_g}} = p_g.$$

Werden die Opportunitätskosten des Konsumgutes $X(p_x)$ und die des öffentlichen Zwischenproduktes (p_g) in die Gleichungen (C.15) und (C.16) eingesetzt, so lassen sich diese beiden Gleichungen zu folgendem Ausdruck reduzieren:

$$(C.19) \quad p_g = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Durch Gleichung (C.19) sind alle notwendigen Bedingungen des Maximierungsproblems ((C.8)–(C.14)) zusammengefaßt. Sie besagt, daß im produktionseffizienten Gleichgewicht die Grenzkosten der Produktion des

öffentlichen Zwischenproduktes (p_g ; linke Seite von (C.19)) gerade mit dem Wertgrenzertrag aus dem Einsatz des öffentlichen Zwischenproduktes in den Konsumgütersektoren übereinstimmen müssen. Der Wertgrenzertrag des öffentlichen Zwischenproduktes entspricht der *Summe* der Wertgrenzerträge des öffentlichen Zwischenproduktes in den n Unternehmen (rechte Seite von (C.19)), was die Nichtrivalität des Zwischenproduktes zum Ausdruck bringt. In Anlehnung an Kaizuka (1965) wird die notwendige Bedingung (C.19) als Kaizuka-Regel bezeichnet.

2. Ein privates Zwischenprodukt

Wenn statt eines nichtrivalisierenden, d.h. eines öffentlichen, Zwischenproduktes ein rivalisierendes, d.h. ein privates, Zwischenprodukt unterstellt wird, müssen die Nebenbedingungen (C.11) und (C.12) durch die folgende Gleichung ersetzt werden:⁸

$$(C.20) \quad G = n_x G_i + n_y G_j.$$

Im Unterschied zur Effizienzbedingung für ein öffentliches Zwischenprodukt (vgl. (C.19)) lautet die Effizienzbedingung für ein privates Zwischenprodukt (vgl. Anhang I, ad (C.21)):

$$(C.21) \quad p_g = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Für eine effiziente Bereitstellung⁹ des privaten Zwischenproduktes müssen gemäß der Bedingung (C.21) die Grenzkosten der Bereitstellung des privaten Zwischenproduktes (linke Seite von (C.21)) gerade dem Wertgrenzertrag des privaten Zwischenproduktes (mittlerer u. rechter Teil von (C.21)) in jedem einzelnen Unternehmen entsprechen. Daß im Fall eines privaten Zwischenproduktes *nicht* die *Summe* der Wertgrenzerträge der Unternehmen den Grenzkosten entspricht, liegt in der Gutseigenschaft eines privaten Faktors begründet, wonach dieselbe Einheit *simultan* lediglich in einem *einzig* Unternehmen verwendet werden kann. Folglich unterscheiden sich die Effizienzbedingungen der Zwischenprodukte (vgl. (C.19) und (C.21)) entsprechend der zugrunde liegenden Gutseigenschaften (vgl. (C.7) und (C.20)).

⁸ „G“ wird aus Vereinfachungsgründen ebenfalls für ein rivalisierendes Zwischenprodukt verwendet. Damit weist „G“ nicht auf die Gutseigenschaften, sondern nur auf die (staatliche) Bereitstellungsform des Zwischenproduktes hin.

⁹ In den Abschnitten C und D.I wird der Begriff „Effizienz“ im Sinne von Produktionseffizienz verwendet.

III. Vergleich von „semi-public input“, „firm-augmenting public input“ und „unpaid factor“

Im Abschnitt II ist verdeutlicht worden, daß unterschiedliche Gutseigenschaften verschiedene Effizienzbedingungen implizieren. Mit Hilfe dieses Zusammenhangs wird in den folgenden Abschnitten 1–3, die in der Literatur vertretene These, daß die folgenden Spezifikationen von Zwischenprodukten, d.h. „semi-public input“, „firm-augmenting public input“ und „unpaid factor“, identisch sind, überprüft.

Ein „semi-public input“ ist ein Zwischenprodukt, das zwischen den Branchen nichtrivalisierend wirkt, jedoch innerhalb einer Branche überfüllbar und damit rivalisierend ist (vgl. Tawada, 1980, 1006). In der Literatur wird angenommen, daß der „semi-public input“ einer Produktionsexternalität von Meade (1952, 56 f.), einem „unpaid factor“, entspricht, wobei beide als Überfüllungsfälle angesehen werden.¹⁰ Deswegen wird ein „semi-public input“ auch als „unpaid factor“ bezeichnet (vgl. Negishi, 1973, 234; Kohli, 1985, 380; Altenburg, 1987, 716, Fn. 3). Entsprechend Meades „unpaid factor“ werden konstante Skalenerträge bzgl. der Branchen- und Unternehmensproduktionsfunktionen mit einem „semi-public input“ unterstellt (vgl. Tawada, 1980, 1006; Feehan, 1989, 243; 1997, 2). Abweichend davon sieht Feehan (1997, 3, Fn. 2) eine Übereinstimmung von „unpaid factor“ und „semi-public input“ nur dann, wenn lediglich ein *einziges* Konsumgutes angenommen wird.

Zugleich wird in der Literatur eine andere Spezifikation eines öffentlichen Zwischenproduktes, ein „firm-augmenting public input“, mit dem „unpaid factor“ von Meade (1952) gleichgesetzt.^{11,12} Dementsprechend werden nicht nur im Fall eines „semi-public input“, sondern auch im „firm-augmenting“-Fall konstante Skalenerträge bzgl. der Unternehmens- und Branchenproduktionsfunktionen unterstellt (vgl. Hillman, 1978, 271; Feehan, 1997, 4). Im Unterschied zum „semi-public input“ wirkt ein „firm-augmenting public input“ nichtrivalisierend *zwischen* den Unternehmen einer Branche. Da ein „firm-augmenting public input“ *innerhalb* eines Unternehmens rivalisierend ist, muß unternehmensintern die Menge des

¹⁰ Vgl. Negishi, 1973, 234; 1976, 90; Manning/McMillan, 1982, 120; Tawada/Okamoto, 1983, 102 u. 112; Kohli, 1985, 380; Altenburg, 1987, 716; Yukutake, 1995, 20 u. Fn. 6.

¹¹ Vgl. Manning/McMillan, 1982, 120 u. 120, Fn. 1; Kohli, 1985, 380, Fn. 1; Lehmann-Grube, 1994, 1; Seitz, 1994, 31 f.; Pfähler/Lorz, 1994/95, 127, Fn. 12.

¹² Da Manning/McMillan (1982, 120 u. 120, Fn. 1) und Kohli (1985, 380, Fn. 1) ein „semi-public input“ mit einem „unpaid factor“ und ebenso ein „firm-augmenting public input“ mit einem „unpaid factor“ gleichsetzen, sehen sie offensichtlich auch eine Übereinstimmung zwischen einem „firm-augmenting public input“ und einem „semi-public input“.

„firm-augmenting public input“ zwischen den privaten Faktoren aufgeteilt werden (vgl. McMillan, 1979, 294). Wie McMillan (1979, 295) schreibt hat der „firm-augmenting public input“ folgende Gutseigenschaft: „Within the firm R [the firm-augmenting public input] must be divided up like any other private factor; ...“. Damit sind die Branchen- und Unternehmensproduktionsfunktionen eines „firm-augmenting public input“ im Vergleich zum „semi-public input“ anders zu spezifizieren, was im Widerspruch zur Auffassung steht, daß ein „firm-augmenting public input“ *und* ein „semi-public input“ dem „unpaid factor“ entsprechen.

1. Der „semi-public input“

Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt ausgeführt ist ein „semi-public input“ ein Zwischenprodukt, das innerhalb einer Branche überfüllbar ist. Bei gegebener Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ reduziert ein zusätzliches Unternehmen, das in die Branche tritt und den „semi-public input“ zur Produktion verwendet, die Einsatzmenge des „semi-public input“ in jedem Unternehmen der Branche (vgl. Tawada, 1986, 1006; Feehan, 1989, 243, (15); 1997, 2; 1998, 695). Damit beeinträchtigen sich die Unternehmen gegenseitig, so daß Überfüllung des „semi-public input“ vorliegt. Da die Einsatzmengen der Unternehmen reduziert werden, entspricht Überfüllung im Fall des „semi-public input“ inputmengenmäßigen Beeinträchtigungen zwischen den Unternehmen einer Branche. Daher können die Unternehmen innerhalb einer Branche das „semi-public input“ nur rivalisierend verwenden (vgl. Feehan, 1989, 244). Jedes Unternehmen einer Branche erhält den gleichen Anteil an der Bereitstellungsmenge des „semi-public input“, weil annahmegemäß alle Unternehmen einer Branche identisch sind (vgl. Negishi, 1976, 88 f.;¹³ Tawada/Okamoto, 1983, 102; Feehan, 1989, 243, (15); 1997, 2).

$$(C.22) \quad G_i = \frac{1}{n_x} G,$$

$$(C.23) \quad G_j = \frac{1}{n_y} G.$$

¹³ Negishi (1976, 86 u. 88 f.) verwendet einen Distributionskoeffizienten (a), der die Aufteilung des Zwischenproduktes auf die Unternehmen angibt. Da im Fall des „semi-public input“ Überfüllung c. p. durch eine steigende Unternehmensanzahl verursacht wird und Negishi (1973; 1976) ebenfalls ein „semi-public input“ modelliert, kann geschrieben werden $a = 1/n$.

Wenn ein produktionseffizientes Gleichgewicht mit dem „semi-public input“ ermittelt werden soll, müssen die Nebenbedingungen (C.11) und (C.12) des Maximierungsproblems (vgl. (C.8)–(C.14)) durch die Gleichungen (C.22) und (C.23) ersetzt werden. Daraus ergibt sich folgende notwendige Bedingung für eine effiziente Bereitstellung des „semi-public input“ (vgl. Anhang I, ad (C.24)):

$$(C.24) \quad p_g = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Die Summanden der Gleichung (C.24) geben jeweils den Wertgrenzertrag des „semi-public input“ für ein einzelnes Unternehmen der Branche *X* und der Branche *Y* an. Daher muß bei effizienter Bereitstellung eines „semi-public input“ die *Summe* aus den Wertgrenzerträgen *eines* Unternehmens der Branche *X* und *eines* der Branche *Y* (rechte Seite von (C.24)) gerade mit den Grenzkosten der Bereitstellung des „semi-public input“ (linke Seite von (C.24)) übereinstimmen. Die Effizienzbedingung (C.24) spiegelt die Gutseigenschaften des „semi-public input“ wider. Der „semi-public input“ kann zwischen den Branchen nichtrivalisierend eingesetzt werden, so daß *dieselbe* Menge *simultan* von Unternehmen unterschiedlicher Branchen genutzt werden kann. Da die Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ zwischen den Unternehmen innerhalb einer Branche aufgeteilt wird, ist der „semi-public input“ auf der Unternehmensebene rivalisierend. Daher kann *dieselbe* Menge eines „semi-public input“ *simultan* nur in *einem einzigen* Unternehmen der Branche *X* und in *einem einzigen* der Branche *Y* verwendet werden.¹⁴ Aufgrund dieser Gutseigenschaften entspricht die Effizienzbedingung für die Bereitstellung eines „semi-public input“ (vgl. (C.24)) nicht der Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)).

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zu den Resultaten von Negishi (1976, 90) und Feehan (1989, 245), wonach die Effizienzbedingung des „semi-public input“ der Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)) entspricht.¹⁵ Feehan (1997, 3; 1998, 695) folgert daraus, daß Kaizuka (1965) ein „semi-public input“ modelliert. Demgegenüber führt Negishi (1976, 87) die Äquivalenz der Effizienzbedingungen eines „semi-public input“ und der Kaizuka-Regel

¹⁴ Die nichtrival nutzbare Menge eines „semi-public input“ entspricht der Einsatzmenge eines Unternehmens in derjenigen Branche mit der höheren Unternehmensanzahl. Wenn z.B. $n_x > n_y$ gilt, ist die nichtrival nutzbare Menge gleich G_i .

¹⁵ Gemäß Negishi (1976, 90) ist die Effizienzbedingung für ein „semi-public input“ äquivalent zur Samuelson-Bedingung für die Bereitstellung öffentlicher Konsumgüter. Da die Kaizuka-Regel wiederum ein Äquivalent zur Samuelson-Bedingung für die Bereitstellung öffentlicher Zwischenprodukte ist (vgl. Kaizuka, 1965, 120), nimmt Negishi (1976) implizit eine Übereinstimmung der Effizienzbedingung des „semi-public input“ und der Kaizuka-Regel an.

auf die Möglichkeit, Nichtrivalität durch Rationierung zu erzeugen, zurück. Im folgenden wird begründet, warum diese Schlußfolgerungen nicht haltbar sind.

Unter Berücksichtigung von (C.22) und (C.23) lassen sich die Unternehmensproduktionsfunktionen der Branchen X und Y mit einem „semi-public input“ wie folgt schreiben:

$$(C.25) \quad X_i = f_i \left(A_i, K_i, \frac{G}{n_x} \right),$$

$$(C.26) \quad Y_j = f_j \left(A_j, K_j, \frac{G}{n_y} \right).$$

Die partiellen Ableitungen der Produktionsfunktionen (C.25) und (C.26) nach G lauten:

$$(C.27) \quad \frac{\partial f_i}{\partial G} = \frac{1}{n_x} \frac{\partial f_i}{\partial G_i} \quad \text{mit: } \frac{dG_i}{dG} = \frac{1}{n_x},$$

$$(C.28) \quad \frac{\partial f_j}{\partial G} = \frac{1}{n_y} \frac{\partial f_j}{\partial G_j} \quad \text{mit: } \frac{dG_j}{dG} = \frac{1}{n_y}.$$

Werden (C.27) und (C.28) in die Gleichung (C.24) eingesetzt, lautet die Effizienzbedingung für ein „semi-public input“ wie folgt (vgl. (C.24)):

$$(C.29) \quad p_g = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G} + n_y \frac{\partial f_j}{\partial G}.$$

Da gemäß (C.29) die Summe der partiellen Ableitungen der Produktionsfunktionen aller Unternehmen nach G (rechte Seite von (C.29)) bei effizienter Bereitstellung des „semi-public input“ seinen Grenzkosten (linke Seite von (C.29)) entsprechen muß, ist diese Bedingung offensichtlich identisch zur Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)), was die Ergebnisse von Negishi (1976) und Feehan (1989; 1997; 1998) zu bestätigen scheint.

Jedoch entsprechen die in den Gleichungen (C.27) und (C.28) dargestellten partiellen Ableitungen der Unternehmensproduktionsfunktion nach der Bereitstellungsmenge eines „semi-public input“ (G) nicht den Unternehmensgrenzproduktivitäten des „semi-public input“, weil die Einsatzmenge des „semi-public input“ pro Unternehmen nicht mit der Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ übereinstimmt (vgl. (C.22) u. (C.23)). So führt eine Zunahme des „semi-public input“ um eine Einheit gemäß (C.22) und (C.23) dazu, daß (i) in *jedem* Unternehmen der Branche X bzw. Y die Einsatzmenge des „semi-public input“ nur um den $(1/n_x)$ - bzw. $(1/n_y)$ -Teil

der Einheit oder (ii) in einem *einzig* Unternehmen der Branche X und in einem *einzig* Unternehmen der Branche Y die Einsatzmenge genau um *eine* Einheit steigt. Im ersten Fall wird jede Einheit des „semi-public input“ über einen vorgegebenen Allokationsmechanismus a priori zwischen den Unternehmen innerhalb einer Branche aufgeteilt. Nach Negishi (1976, 87) kann dies z.B. durch eine staatliche Rationierung des Gutes erfolgen. Aufgrund des exogen gegebenen Allokationsmechanismus steigt der Output pro zusätzlicher Einheit des „semi-public input“ um $n_x \frac{\partial f_i}{\partial G}$ -Einheiten in der Branche X und um $n_y \frac{\partial f_j}{\partial G}$ -Einheiten in der Branche Y (vgl. (C.29)). So sind die Summanden auf der rechten Seite von Gleichung (C.29) auf den exogen gegebenen Allokationsmechanismus zurückzuführen. Dieser kann jedoch nicht wie von Negishi (1976) unterstellt, Nichttrivialität erzeugen, weil die Bedingung (C.29) nicht identisch zur Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)) ist. Eine Übereinstimmung von (C.29) und der Kaizuka-Regel wäre nur dann gegeben, wenn jede Einheit des „semi-public input“ simultan von den n -Unternehmen verwendet werden könnte. Dann würde ebenfalls die von Feehan (1989; 1997; 1998) unterstellte Identität von „semi-public input“ und einem öffentlichen Zwischenprodukt gemäß Kaizuka (1965) gegeben sein. Dies setzt indessen voraus, daß entweder in jeder Branche nur ein einziges Unternehmen existiert, womit jedoch die Rivalität auf der Unternehmensebene nicht relevant wird, oder sich ein Widerspruch zur Annahme über die Guts-eigenschaften eines „semi-public input“ ergibt. Daher kann weder durch einen vorgegebenen Allokationsmechanismus Nichttrivialität erzeugt werden, noch entspricht der „semi-public input“ einem öffentlichen Zwischenprodukt gemäß Kaizuka (1965). Zudem ist aufgrund der Überfüllung der Allokationsmechanismus nicht exogen gegeben, so daß nur die Effizienzbedingung (C.24) für die Bereitstellung des „semi-public input“ relevant ist.

2. Der „firm-augmenting public input“

Im Gegensatz zum „semi-public input“ lauten die Produktionsfunktionen für ein Unternehmen der Branchen X und Y mit dem „firm-augmenting public input“ (vgl. Hillman, 1978, 271):

$$(C.30) \quad X_i = f_i(A_i, K_i, G) \quad \text{mit: } G = G_i,$$

$$(C.31) \quad Y_j = f_j(A_j, K_j, G) \quad \text{mit: } G = G_j.$$

Bei konsistenter Aggregation über die Unternehmen einer Branche, z.B. Y , resultieren im „firm-augmenting“-Fall (vgl. Hillman, 1978, 271; Pfähler

et al., 1995, 85) und im Fall des „semi-public input“ (vgl. Feehan, 1989, 243; 1997, 2) die folgenden Branchenproduktionsfunktionen:¹⁶

$$(C.32) \quad Y = F_y(A_y, K_y, n_y G) \quad \text{„firm-augmenting public input“},$$

$$(C.33) \quad Y = F_y(A_y, K_y, G) \quad \text{„semi-public input“},$$

mit: $A_y = n_y A_j$ und $K_y = n_y A_j$.

Wie aus (C.32) und (C.33) ersichtlich ist, wird die Unternehmensanzahl (n_y) im „firm-augmenting“-Fall im Unterschied zum Fall des „semi-public input“ zum Argument der Branchenproduktionsfunktion (vgl. Hillman, 1978, 271). Dies bedingt einen „trade off“ zwischen der Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“ (G) und der Unternehmensanzahl (n_y). Die Bereitstellungsmenge und somit die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ können bei entsprechender Zunahme der Unternehmensanzahl innerhalb einer Branche reduziert werden, ohne daß sich der Branchenoutput verändert. Damit wird der Output pro Unternehmen (Y_j) reduziert (vgl. Henderson, 1974, 325 f.).¹⁷ Die Branchenproduktionsfunktion impliziert, daß c.p. der Branchenoutput bei Zunahme der Unternehmensanzahl in einem Markt steigen kann. M.a.W.: Es gibt Nachteile mit zunehmender(-m) Unternehmensgröße (bzw. -output).¹⁸

$$(C.34) \quad \frac{dF_y}{dn_y} = \frac{\partial F_y}{\partial n_y} > 0 \quad \forall n_y < n_y^*; n_y \in \mathbb{R}_+^*, \quad \text{mit: } dA_y = dK_y = dG = 0.$$

Da Arbeit und Kapital rivalisierende Güter sind, nimmt ihre Einsatzmenge pro Unternehmen ab. Die Werte A_j und K_j sinken. Aufgrund der Nichtrivalität eines „firm-augmenting public input“ zwischen den Unternehmen bleibt die Menge des „firm-augmenting public input“ (G) pro Unternehmen trotz Zunahme der Unternehmensanzahl konstant. Die Gültigkeit von (C.34) setzt voraus, daß die Produktionsmenge pro Unternehmen (Y_j) unterproportional zur Verringerung der Mengen der Primärfaktoren (A_j, K_j) sinkt. Im Fall einer Erhöhung der Mengen von Arbeit und Kapital pro Unternehmen bei fixen G hieße dies, daß der Unternehmensoutput unterproportional wachsen würde. Daher ist eine notwendige Voraussetzung für die Gültigkeit von (C.34), daß die Summe der Produktionselastizitäten

¹⁶ Da zur Argumentation die Spezifikation einer einzigen Branchenproduktionsfunktion hinreichend ist, wird an dieser Stelle auf eine explizite Formulierung der Branchenproduktionsfunktion für das Gut X verzichtet.

¹⁷ Zur Kritik der Henderson-Analyse (1974) vgl. Colombier, 1995, Kap. III.

¹⁸ Bei effizienter Unternehmensanzahl (n_y^*) gilt: $\frac{\partial F_y}{\partial n_y} = 0$, d.h., der Branchenoutput wird maximal. Da bei effizienter Unternehmensanzahl die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ den Wert Null annimmt, wird dieser Fall hier ausgeschlossen. In Abschnitt D.I.4 erfolgt eine eingehende Analyse dazu.

von Arbeit und Kapital in den Unternehmensproduktionsfunktionen kleiner als eins ist.

Die Annahme positiver Ableitungen der Branchenproduktionsfunktion nach der Unternehmensanzahl (vgl. (C.34)) führt dazu, daß steigende Skalenerträge bei proportionaler Variation von Arbeit (A_j), Kapital (K_j) und dem „firm-augmenting public input“ (G) realisiert werden, wenn die Unternehmensanzahl (n_j) zunimmt. Damit muß die in der Literatur (vgl. Hillman, 1978, 271; Feehan, 1998, 695, Fn. 2) getroffene Annahme konstanter Skalenerträge im „firm-augmenting“-Fall präzisiert werden. Nur, falls die Unternehmensanzahl in einer Branche konstant bleibt, weist die Branchenproduktionsfunktion konstante Skalenerträge auf. Folglich stimmen die Annahmen bzgl. der Skalanelastizitäten von Unternehmens- und Branchenproduktionsfunktion im Fall eines „firm-augmenting public input“ und eines „semi-public input“ nur dann überein, wenn die Unternehmensanzahl in jeder Branche exogen gegeben ist. Darüber hinaus gilt bei exogener Unternehmensanzahl im „firm-augmenting“-Fall die Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)), weil jedes Unternehmen die Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“ *simultan* in der Produktion verwenden kann.

Zusammenfassend ergeben sich drei Unterschiede zwischen dem „firm-augmenting public input“ und dem „semi-public input“: (1.) die Branchenproduktionsfunktion des „firm-augmenting public input“ kann bei endogener Unternehmensanzahl steigende Skalenerträge aufweisen, (2.) die Umstellung vom rivalisierenden zum nichtrivalisierenden Gut findet auf einer anderen Aggregationsebene statt, und (3.) die Rivalität wird im Fall des „semi-public input“ durch Überfüllung erzeugt. Da in der Literatur der „unpaid factor“ sowohl mit dem „semi-public input“ als auch mit dem „firm-augmenting public input“ gleichgesetzt wird (vgl. S. 33), letztere jedoch nicht identisch sind, kann der „unpaid factor“ nur (a) mit einem „semi-public input“ *oder* (b) mit einem „firm-augmenting public input“ übereinstimmen *oder* (c) sich von beiden unterscheiden. Diese drei Möglichkeiten werden im folgenden näher untersucht.

3. Der „unpaid factor“

Der „unpaid factor“ wird von Meade (1952, 56 f.) anhand des Beispiels zweier Branchen eingeführt, wobei in der Branche 1 Honig und in der Branche 2 Äpfel unter Wettbewerbsbedingungen produziert werden. Durch die Produktion von Äpfeln entstehen Apfelblüten, die Nektar enthalten. Dieser Nektar dient den Bienen der Imker, die Honig produzieren, als einzige Nahrungsquelle. Daher realisiert ein Imker bei gegebenem Output an Äpfeln und einer proportionalen Variation seiner kontrollierbaren Faktoren, z.B. Bienen, Bienenkörbe nur eine unterproportionale Steigerung des Out-

puts. Wenn dagegen die Apfelbauern *und* die Imker ihre Faktoren proportional steigern, erhöhen sich die Outputs von Honig und Äpfeln proportional. Somit werden entsprechend den Fällen eines „semi-public input“ und eines „firm-augmenting public input“ (bei exogener Unternehmensanzahl) konstante Skalenerträge erzielt. Wenn die Apfelbauern die Imker aufgrund zu hoher Kosten (vgl. Meade, 1973, 36) nicht von der Nutzung der Apfelblüten ausschließen können, entsteht eine positive Externalität für die Honigproduktion. Folglich handelt es sich um ein Marktversagen, bei dem kein Preisausschluß möglich ist. Durch Meades Ausführungen wird deutlich, daß dies der einzige Marktversagensgrund im Fall eines „unpaid factor“ ist.¹⁹ So schreibt Meade (1952, 57): „We call this a case of an unpaid factor, because the situation is due *simply and solely* to the fact, that the applefarmer cannot charge the bees food, which the former produces for the latter.“²⁰ Unter der Annahme, daß ein Preisausschluß durchführbar ist, merkt Meade (1973, 36) zum angeführten Beispiel an: „There will be a perfect market for nectar.“²¹ Folglich handelt es sich im Fall eines „unpaid factor“ um ein rivalisierendes Gut. Der Nektar, der durch eine Biene genutzt wird, kann von keiner anderen Biene mehr verwendet werden (vgl. Meade, 1973, 35). Somit ist der „unpaid factor“ ein rivalisierendes Gut, bei dem ein Preisausschluß ökonomisch oder technisch nicht möglich ist. Alternativ ist denkbar, daß bei staatlicher Bereitstellung freiwillig auf den Preisausschluß verzichtet werden kann.

Da der „unpaid factor“ rivalisierend ist, ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen der Outputmenge des „unpaid factor“ (G) und der Einsatzmenge pro Unternehmen der Branche X bzw. Y (G_i bzw. G_j):

$$(C.35) \quad G = n_x G_i + n_y G_j.$$

Die Unternehmensproduktionsfunktionen mit dem „unpaid factor“ können dann wie folgt spezifiziert werden:

$$(C.36) \quad X_i = f_i(A_i, K_i, G_i),$$

$$(C.37) \quad Y_j = f_j(A_j, K_j, G_j).$$

¹⁹ Dieses Beispiel wird ebenso von Musgrave (1969, 118) zur Beschreibung eines Marktversagens gewählt, bei dem ein Preisausschluß von einem *rivalisierenden Gut nicht möglich* ist.

²⁰ Hervorhebungen durch den Autor.

²¹ Cheung (1973) und Johnson (1973) zeigen, daß ein funktionierender Markt für Nektar tatsächlich existiert. Insofern muß ein Preisausschluß anwendbar sein, so daß das Beispiel nicht geeignet ist, um einen „unpaid factor“ abzubilden. Es sei denn, es wird bei staatlicher Bereitstellung freiwillig auf den Preisausschluß verzichtet.

Als Branchenproduktionsfunktion erhält man, z. B. für das Konsumgut Y :

$$(C.38) \quad Y = F_y(A_y, K_y, G_y) \quad \text{mit: } G_y = n_y G_j.$$

Wenn die Nebenbedingungen (C.11) und (C.12) des Maximierungsproblems ((C.8)–(C.24)) durch Gleichung (C.35) ersetzt werden, ergibt sich als notwendige Bedingung für eine effiziente Bereitstellung des „unpaid factor“ (vgl. Anhang I, ad (C.21)):

$$(C.39) \quad p_g = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Die linke Seite der Gleichung (C.39) gibt die Grenzkosten (p_g) der Produktion des „unpaid factor“ an. Bei effizienter Bereitstellung des „unpaid factor“ entsprechen die Grenzkosten der Bereitstellung des „unpaid factor“ gerade dem Wertgrenzertrag des „unpaid factor“ in jedem einzelnen Unternehmen der Branche X bzw. Y (mittlerer u. rechter Teil von (C.39)). Durch die Effizienzbedingung des „unpaid factor“ (C.39) wird seine Gutseigenschaft, Rivalität, zum Ausdruck gebracht (vgl. (C.21)). Folglich ist unter der Annahme der Durchführbarkeit eines Preisausschlusses eine effiziente Bereitstellung des „unpaid factor“ durch den Allokationsmechanismus des Marktes möglich, so daß sich ein Preis in Höhe der Grenzkosten (p_g) einstellen kann.

Um ein „firm-augmenting public input“ bei exogener Unternehmensanzahl effizient bereitzustellen, muß die *Summe* der Wertgrenzerträge der Unternehmen, die ein „firm-augmenting public input“ einsetzen können, den Grenzkosten seiner Bereitstellung entsprechen (vgl. (C.19)). Dadurch wird deutlich, daß ein „unpaid factor“ nicht mit einem „firm-augmenting public input“ gleichgesetzt werden kann, obwohl dieselbe Annahme bzgl. der Skalenelastizität der Produktionsfunktionen getroffen wird.

Auch die Effizienzbedingungen eines „semi-public input“ (vgl. (C.24)) unterscheiden sich von denen eines „unpaid factor“ (vgl. (C.39)), weil der „semi-public input“ nichttrivialisierend zwischen den Branchen ist. Jedoch reduzieren sich bei Annahme eines einzigen Konsumgutes, z. B. Y , die Effizienzbedingungen beider Fälle zu folgender Gleichung:

$$(C.40) \quad p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Durch (C.40) wird deutlich, daß sowohl ein „unpaid factor“ als auch ein „semi-public input“ in der Produktion des Konsumgutes Y rivalisierend sind. Somit scheint Feehans Aussage (1997, 3, Fn. 2), wonach ein „semi-public input“ bei Produktion nur eines privaten Konsumgutes zum „unpaid

factor“ degeneriert, bestätigt zu werden. Indessen ist Meades „unpaid factor“ a priori rivalisierend, während ein „semi-public input“ auf einem nichtrivalisierenden Gut basiert, das überfüllbar ist. Die Rivalität wird c.p. erst durch eine zunehmende Unternehmensanzahl in einer Branche verursacht. Damit reduziert sich die Einsatzmenge des „semi-public input“ pro Unternehmen, wodurch Überfüllung im Fall des „semi-public input“ gekennzeichnet ist. So ist ein „semi-public input“ nicht nur überfüllbar, *sondern es ist bereits überfüllt*. Folglich setzt die Existenz eines „semi-public input“ voraus, daß bei gegebener Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ hinreichend viele Unternehmen in einer Branche existieren, um Überfüllung zu generieren (vgl. Pfähler et al., 1995, 94, Fn. 18).²² Andernfalls handelt es sich *nicht* um ein „semi-public input“. Dahingegen muß Meades „unpaid factor“ unabhängig von der Unternehmensanzahl in einer Branche zwischen den Unternehmen aufgeteilt werden. Folglich sind zwar die Effizienzbedingungen aufgrund der Gutseigenschaften von „unpaid factor“ und „semi-public input“ im *Ein-Konsumgüterfall* identisch, jedoch ist die Rivalität des „unpaid factor“ unabhängig von anderen Variablen und damit a priori technisch gegeben, während Rivalität im Fall des „semi-public input“ abhängig vom Verhältnis der Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ zur Unternehmensanzahl in einer Branche ist. Daher ist diese Rivalität *nicht* technischer Natur. Sei z.B. das für Überfüllung notwendige und hinreichende Verhältnis in der Branche $Y(G/n_y)_{\bar{u}}$. Somit ist die Effizienzbedingung (C.40) nur dann auf ein „semi-public input“ anwendbar, wenn $(G/n_y) \leq (G/n_y)_{\bar{u}}$ ist. Dahingegen gilt (C.40) im Fall eines „unpaid factor“ für beliebige Werte (G/n_y) . Daher sind „unpaid factor“ und „semi-public input“ entgegen Feehans Ausführungen sogar im Ein-Konsumgüterfall verschiedene Güter.

Wie dargelegt ist ein „semi-public input“ ein überfülltes Zwischenprodukt. Bevor es überfüllt ist, stellt es ein nichtrivalisierendes, jedoch überfüllbares Zwischenprodukt dar. Dieses Zwischenprodukt ist dann ein „firm-augmenting public input“, was die folgende Produktionsfunktion verdeutlicht:^{23, 24}

$$(C.41) \quad Y_j = f_j \left(A_j, K_j, \frac{G}{n_y^d} \right) \quad \text{mit: } d = \begin{cases} 1, & \text{wenn } \frac{G}{n_y} \leq \left(\frac{G}{n_y} \right)_{\bar{u}}, \\ 0, & \text{wenn } \frac{G}{n_y} > \left(\frac{G}{n_y} \right)_{\bar{u}}, \end{cases}$$

$d :=$ Dummyvariable.

²² So tritt z.B. Überfüllung auf einer Straße gegebener Größe erst ab einer bestimmten Verkehrsdichte ein (vgl. Vickrey, 1969, 251 f.; Mohring, 1976, 16).

²³ Bei $n_y = 1$ kann keine Überfüllung vorliegen.

²⁴ Eine Erweiterung von Gleichung (C.41) findet sich in Gleichung (C.57).

Wenn $d = 1$ ist, entspricht die Spezifikation der Produktionsfunktion in Gleichung (C.41) einem „semi-public input“ (vgl. (C.26)), weil das Verhältnis (G/n_y) so klein ist, daß Überfüllung vorliegt. Bei $d = 0$ ist das Zwischenprodukt nicht überfüllt, so daß die Spezifikation mit einem „firm-augmenting public input“ übereinstimmt (vgl. (C.31)).

Nun kann eine Antwort auf die Ende des Abschnitts 2 gestellte Frage gegeben werden: weder der „semi-public input“ noch der „firm-augmenting public input“ entsprechen einem „unpaid factor“. Abweichend vom „unpaid factor“ können beide Spezifikationen als vertikale Mischgüter bezeichnet werden, weil sie verschiedene Gutseigenschaften auf unterschiedlichen Aggregationsebenen besitzen.

IV. Die Gutseigenschaften und die Kaizuka-Regel

Bisher sind Spezifikationen staatlicher bereitgestellter Zwischenprodukte analysiert worden, die auf die Produktionsexternalität des „unpaid factor“ von Meade (1952) zurückgehen. Neben dieser stellt Meade (1952) die „creation of atmosphere“ dar, worauf die Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt basiert, das „factor-augmenting public input“ heißt (Hillman, 1978). Die Gutseigenschaften des „factor-augmenting public input“, welche in Abschnitt 1 dargelegt werden, bedingen, daß die Kaizuka-Regel neben dem „firm-augmenting“-Fall auch im „factor-augmenting“-Fall gilt. Bei endogener Unternehmensanzahl bleibt jedoch die Kaizuka-Regel nur in einem Fall gültig, was in Abschnitt 2 begründet wird.

1. Der „factor-augmenting public input“

Der „factor-augmenting public input“ entspricht bzgl. der Gutseigenschaft und der Annahmen bzgl. der Skalanelastizität der Branchen- und Unternehmensproduktionsfunktionen der „creation of atmosphere“ (vgl. Henderson, 1974, 323; Hillman, 1978, 271). Abweichend von den Annahmen bzgl. anderer öffentlicher Zwischenprodukte werden implizit steigende Skalenerträge unterstellt, da für die Summe der Produktionselastizitäten der Primärfaktoren der Wert eins und zudem der „factor-augmenting public input“ als produktiver Input angenommen wird (vgl. Hillman, 1971, 271; McMillan, 1979, 293 f.).²⁵ Ein „factor-augmenting public input“ ist nicht nur zwischen den Unternehmen nichttrivialisierend, sondern ebenso zwischen den privaten Faktoren innerhalb eines Unternehmens (vgl. McMillan, 1979,

²⁵ Durch die Annahme linearer Homogenität in den privaten Faktoren werden unternehmensinterne Skaleneffekte ausgeschlossen. Zu unternehmensinternen Skaleneffekten vgl. Abschnitt E.

294). Das bedeutet, daß die Menge eines „factor-augmenting public input“, die eine Bestandseinheit eines privaten Faktors zur Produktion nutzt, z.B. ein Arbeiter, nicht durch eine andere Faktorbestandseinheit, z.B. einen anderen Arbeiter, der *dieselbe* Menge *simultan* nutzt, reduziert wird (vgl. Manning/McMillan, 1979, 250; 1982, 120). Folglich wird eine zusätzlich eingesetzte Einheit eines Primärfaktors, z.B. der Arbeit, mit *derselben* Menge des „factor-augmenting public input“ ausgestattet. Wenn nun zusätzlich Kapital proportional zur Arbeit variiert wird, steigt der Output proportional, weil jede zusätzliche Einheit von Arbeit bzw. Kapital mit derselben Menge an Kapital bzw. Arbeit und dem „factor-augmenting public input“ kombiniert wird. Abweichend von den Primärfaktoren ist jedoch die Einsatzmenge des „factor-augmenting public input“ konstant geblieben, was auf die Nichtrivalität des „factor-augmenting public input“ innerhalb eines Unternehmens, also auf der Faktorebene, zurückzuführen ist. Somit impliziert Nichtrivalität eines Produktionsfaktors auf der Faktorebene lineare Homogenität in den privaten Faktoren (vgl. Romer, 1990, 98).²⁶ Daher ist im Gegensatz zu den bisher untersuchten Spezifikationen von Zwischenprodukten ein „factor-augmenting public input“ auf der Branchen-, Unternehmens- und Faktorebene nichtrivalisierend.

Durch den Einsatz des „factor-augmenting public input“ nimmt die Effizienz privater Faktoren zu. Dies kann durch Effizienzfaktoren bzgl. Arbeit und Kapital ausgedrückt werden, die angeben um wieviel Prozent die Produktivität der Primärfaktoren durch den Einsatz des öffentlichen Faktors gesteigert werden kann. Daher muß für die Effizienzfaktoren von Arbeit und Kapital gelten:

$$(C.42) \quad E_A(G) > 1; E_K(G) > 1, \text{ falls } G > 0,$$

$$(C.43) \quad E_A(G) = 1; E_K(G) = 1, \text{ falls } G = 0.$$

Zur Vereinfachung wird angenommen, daß der „factor-augmenting public input“ unabhängig davon in welcher Branche ein Primärfaktor eingesetzt wird, dieselbe Wirkung auf den jeweiligen Primärfaktor entfaltet. In Anlehnung an das Quasivervielfachungskonzept des technischen Fortschritts können die Unternehmensproduktionsfunktionen mit einem „factor-augmenting public input“ wie folgt spezifiziert werden (vgl. Hillman, 1978, 271; McMillan, 1979, 295):

²⁶ Diese Argumentation setzt entsprechend dem zugrundeliegenden Modell Vollbeschäftigung der privaten Produktionsfaktoren voraus. Andernfalls wäre lineare Homogenität in den Primärfaktoren auch dadurch erklärbar, daß ein vorgegebener privater Kapitalbestand nicht ausgelastet ist (vgl. Larson, 1991, 468).

$$(C.44) \quad X_i = f_i(A_i, K_i, G) = m_i(E_A(G)A_i; E_K(G)K_i) \quad \text{mit: } G = G_i,$$

$$(C.45) \quad Y_j = f_j(A_j, K_j, G) = m_j(E_A(G)A_j; E_K(G)K_j) \quad \text{mit: } G = G_j.$$

Im weiteren wird Hicks-Neutralität unterstellt, d.h., daß der „factor-augmenting public input“ in gleicher Weise auf Arbeit und Kapital wirkt:

$$(C.46) \quad X_i = m_i(E(G)A_i, E(G)K_i) = E(G)h_i(A_i, K_i),$$

$$(C.47) \quad Y_j = m_j(E(G)A_j, E(G)K_j) = E(G)h_j(A_j, K_j).$$

Werden die rechten Seiten von (C.46) und (C.47) in die Gleichungen (C.9) und (C.8) des Maximierungsproblems ((C.8)–(C.24)) eingefügt, so ergibt sich die notwendige Bedingung für eine produktionseffiziente Bereitstellung eines „factor-augmenting public input“ (vgl. Anhang I, ad (C.48)):²⁷

$$(C.48) \quad p_g = p_x n_x \frac{dE}{dG} h_i + n_y \frac{dE}{dG} h_j \quad \text{mit: } \frac{dE}{dG} h_i = \frac{\partial f_i}{\partial G}; \frac{dE}{dG} h_j = \frac{\partial f_j}{\partial G}.$$

Die Gleichung (C.48) ist äquivalent zur Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)), womit gezeigt ist, daß die Kaizuka-Regel bei *exogener* Unternehmensanzahl nicht nur im „firm-augmenting“-Fall, sondern ebenfalls im „factor-augmenting“-Fall gilt.

2. Die Gültigkeit der Kaizuka-Regel

Bei *Endogenisierung* der Unternehmensanzahl (d.h. von n , n_x und n_y) ergeben sich unter Berücksichtigung von (C.3) als zusätzliche Nebenbedingung zur Maximierung von (C.8) folgende notwendige Bedingungen (vgl. Anhang I, ad (C.49) et (C.50)):

$$(C.49) \quad X_i = \frac{\partial f_i}{\partial A_i} A_i + \frac{\partial f_i}{\partial K_i} K_i,$$

$$(C.50) \quad Y_j = \frac{\partial f_j}{\partial A_j} A_j + \frac{\partial f_j}{\partial K_j} K_j.$$

²⁷ Aufgrund steigender Skalenerträge in allen Produktionsfaktoren sind die hinreichenden Bedingungen für Produktionseffizienz im „factor-augmenting“-Fall, bei mehr als einem privaten Konsumgut, nur unter bestimmten Voraussetzungen erfüllt (vgl. Altenburg, 1987).

Sind die Gleichungen (C.49) und (C.50) erfüllt, ist die Allokation der Primärfaktoren *innerhalb* der Branchen X und Y effizient.

Da die Summe der Produktionselastizitäten der Primärfaktoren im „factor-augmenting“-Fall eins entspricht, sind die Bedingungen (C.49) und (C.50) konsistent zur Spezifikation eines „factor-augmenting public input“. Somit kann im „factor-augmenting“-Fall bei *endogener* Unternehmensanzahl ein produktionseffizientes Gleichgewicht erzielt werden. Indessen implizieren (C.49) und (C.50) im „firm-augmenting“-Fall aufgrund der Annahme konstanter Skalenerträge folgendes:

$$(C.51) \quad \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = 0 \wedge G = G_i = G_j > 0.$$

Da gemäß (C.51) die Grenzproduktivitäten des öffentlichen Zwischenproduktes dem Wert Null entsprechen, kann wegen $p_g > 0$ die Kaizuka-Regel nicht gültig sein (vgl. (C.19)). Daher ist die Allokation der Primärfaktoren zwischen den privaten Sektoren und dem staatlichen Sektor bei *endogener* Unternehmensanzahl produktionsineffizient. Folglich existiert mit einem „firm-augmenting public input“ kein langfristig effizientes Marktgleichgewicht (vgl. Abschnitt D.II.3.a)).²⁸ Offensichtlich sind die unterschiedlichen Annahmen über die Gutseigenschaften auf der Faktorebene bei „firm-augmenting public input“ und „factor-augmenting public input“ eine Ursache dafür, daß die Kaizuka-Regel langfristig nur im „factor-augmenting“-Fall gilt. Diese Schlußfolgerung wird im folgenden begründet.

Die Problematik im „firm-augmenting“-Fall resultiert aus der Annahme fallender Durchschnittserträge in den Primärfaktoren (vgl. Pfähler et al., 1995; 85 f.). Diese sind nur plausibel, wenn neben den Primärfaktoren ein weiterer Faktor existiert (vgl. Richter, 1994, 325). Um fallende Durchschnittserträge produktionstheoretisch erklären zu können, muß dieser Faktor fix sein (vgl. Varian, 1985, 22).²⁹ Ein fixer Faktor bedingt jedoch nur dann fallende Durchschnittserträge in den variablen Faktoren,³⁰ wenn der Punkt des maximalen Durchschnittsertrages überschritten ist. Der Punkt

²⁸ Ein langfristiges Marktgleichgewicht stellt sich nur dann ein, wenn die Produktionselastizitäten variabel sind und die Summe der Produktionselastizitäten der privaten Produktionsfaktoren gleich eins sein kann (vgl. Abschnitt D.II.3.a)). Diese Annahme wird implizit in der mathematischen Spezifikation von Henderson (1974, 324 f.) getroffen, worauf der „firm-augmenting“-Fall basiert (vgl. McMillan, 1979, 294).

²⁹ Eine Ausnahme davon ist die Annahme eines freien Faktors, der aus technischen Gründen nicht proportional zu den Primärfaktoren Arbeit und Kapital variierbar ist (vgl. Abschnitt E.III.2).

³⁰ Aus Sicht eines Unternehmens sind diese im „firm-augmenting“-Fall mit den Primärfaktoren gleichzusetzen.

des maximalen Durchschnittsertrages kann bei Relevanz der Faktorproportionen für den Output ermittelt werden. Vor Erreichen des maximalen Durchschnittsertrages wird im Verhältnis zu den Einsatzmengen der variablen Faktoren zuviel vom fixen Faktor in der Produktion eingesetzt, so daß der Output bei proportionaler Steigerung der Einsatzmengen der Primärfaktoren überproportional zunimmt. Indessen beinhaltet dieser Bereich technisch ineffiziente Produktionsprozesse, die nicht durch eine Produktionsfunktion abgebildet werden. Nach Erreichen des maximalen Durchschnittsertrages steht im Verhältnis zu den eingesetzten Mengen der Primärfaktoren zu wenig vom fixen Faktor zur Verfügung, so daß der Output bei proportionaler Erhöhung der Einsatzmengen der Primärfaktoren lediglich unterproportional steigt (vgl. Sraffa [1925] 1986, 144 f.; Cassels, 1936, 226 ff.). Mit Zunahme der Einsatzmenge der Primärfaktoren nehmen ihre Durchschnittserträge stetig ab. Dies kann nur darauf zurückgeführt werden, daß sich mit Variation der Faktorproportionen die Ausstattung jeder Einheit eines Primärfaktors mit dem fixen Faktor verändert. Bei Steigerung der Einsatzmengen der Primärfaktoren sinkt die Ausstattung pro Einheit eines Primärfaktors. Das bedeutet, daß die Einheiten eines fixen Faktors, die zur Ausstattung einer Einheit eines Primärfaktors gehören, nicht gleichzeitig zur Ausstattung einer anderen Einheit eines Primärfaktors gehören können. Damit ist der fixe Faktor rivalisierend auf der Faktorebene. Dadurch erklärt sich die Annahme McMillans (1979, 294), wonach ein „firm-augmenting public input“ innerhalb eines Unternehmens, also auf der Faktorebene, rivalisierend ist. Da die Annahme über die Skalenelastizität der Unternehmensproduktionsfunktion im „firm-augmenting“-Fall nur durch diese Gutseigenschaft des „firm-augmenting public input“ begründet werden kann, wird die obige Schlußfolgerung gestützt, daß für die Gültigkeit der Kaizuka-Regel bei *endogener* Unternehmensanzahl die Gutseigenschaft eines Zwischenproduktes auf der Faktorebene relevant ist.³¹

V. Klassifizierung von Zwischenprodukten

Wie in den Abschnitten III und IV dargestellt, werden in der Literatur folgende Spezifikationen für öffentliche Zwischenprodukte unterschieden: der „unpaid factor“, der „semi-public input“, der „firm-augmenting public input“ und der „factor-augmenting public input“. Aus der Analyse der Abschnitte III und IV geht hervor, daß als Unterscheidungskriterien für die Zwischenprodukte die Gutseigenschaften an sich sowie die Aggregations Ebenen, auf denen die Gutseigenschaften wirksam werden können, d.h. die Branchenebene, die Unternehmensebene und die Faktorebene, dienen. Daraus ergibt sich die in Tabelle 1 dargestellte Klassifikation. Kursiv sind

³¹ Für eine weiterführende Klärung vgl. Abschnitt D.I.4.

diejenigen Gutseigenschaften der Zwischenprodukte gekennzeichnet, welche in der Literatur angeführt worden sind (vgl. Abschnitt III). Zugleich stellt Tabelle 1 den in den Abschnitten III und IV aufgezeigten Zusammenhang zwischen den Gutseigenschaften, der Spezifikation der Produktionsfunktion mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt und der Effizienzregel für die Bereitstellung von Zwischenprodukten dar.

Gemäß Tabelle 1 handelt es sich beim „unpaid factor“ bezüglich der Aggregationsebenen um ein rein rivalisierendes Gut, während der „factor-augmenting public input“ diesbezüglich ein rein nichtrivalisierendes Gut darstellt. Im Gegensatz dazu könnten der „semi-public input“ und der „firm-augmenting public input“ Mischgüter in dem Sinne sein, als daß sie in Abhängigkeit von der Aggregationsebene entweder rivalisierend oder nichtrivalisierend wirken. Insofern handelt es sich um eine vertikale Mischung zwischen Rivalität und Nichtrivalität. Zu unterscheiden davon sind Mischgüter, die auf einem Kontinuum zwischen den polaren Fällen Rivalität und Nichtrivalität liegen (vgl. Samuelson, 1969, 108; Musgrave et al., 1994, 77 ff.). Diese können als horizontale Mischung bezeichnet werden, weil die Mischung nur durch die Gutseigenschaften festgelegt wird, jedoch nicht über die Aggregationsebene. Wenn eine vertikale Mischung der Gutseigenschaften zwischen verschiedene Aggregationsebenen möglich ist, können neben dem „firm-augmenting public input“ und dem „semi-public input“ noch weitere Mischformen von Zwischenprodukten existieren. Diese werden im folgenden Abschnitt hergeleitet.

VI. Eine konsistente Erweiterung der Klassifizierung

Dieser Abschnitt zeigt, daß ausgehend von den Fällen des „firm-augmenting public input“ und „semi-public input“ weitere Spezifikationen vertikaler Mischgüter entwickelt werden können, was eine theoretisch konsistente Erweiterung der Tabelle 1 ermöglicht. Eine erste Erweiterung stellt eine von Feehan (1989) hergeleitete Variante des „semi-public input“ dar. Wie Abschnitt 1 aufzeigt, ist diese jedoch analytisch nicht widerspruchsfrei spezifiziert. Nach Darlegung weiterer Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte in Abschnitt 2, wird abschließend ein Bezug zu Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie hergestellt (vgl. Abschnitt 3).

1. Feehans Variante des „semi-public input“ – Eine Klärung

Eine Variante des „semi-public input“ spezifiziert Feehan (1989). Abweichend von der Spezifikation eines „semi-public input“ nimmt Feehan

Tabelle 1
Klassifikation von Zwischenprodukten

	„unpaid factor“	„semi-public“	„firm-augmenting“	„factor-augmenting“
Branchenebene	Rivalität	Nichtrivalität	Nichtrivalität	Nichtrivalität
Unternehmensebene	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität	Nichtrivalität
Faktorebene	Rivalität	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität
Branchen- produktionsfunktion	$Y = F_y(A_y, K_y, G_y)$	$Y = F_y(A_y, K_y, G)$	$Y = F_y(A_y, K_y, n_y G)$	$Y = E(G)H_y(A_y, K_y)$
Unternehmens- produktionsfunktion	$Y_j = f_j(A_j, K_j, G_j)$	$Y_j = f_j\left(A_j, K_j, \frac{G}{n_y}\right)$	$Y_j = f_j(A_j, K_j, G)$	$Y_j = E(G)h_j(A_j, K_j)$
Skalenelastizität (ε)	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon > 1$
Nebenbedingung	$G = \underbrace{n_y G_j}_{G_y} + \underbrace{n_x G_i}_{G_x}$	$G = \underbrace{n_y G_j}_{G_y} = \underbrace{n_x G_i}_{G_x}$	$G = G_i = G_j$	$G = G_i = G_j$
Effizienzregel	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = n_y \frac{dE}{dG} h_j + p_x n_x \frac{dE}{dG} h_i$

(1989, 144) eine linearhomogene Branchenproduktionsfunktion in Arbeit (A_y) und Kapital (K_y) an:³²

$$(C.52) \quad Y = f_y \left(A_y, K_y, \frac{G}{n_y} \right).$$

Lineare Homogenität in Arbeit und Kapital impliziert Nichtrivalität des Zwischenproduktes auf der Faktorebene (vgl. Abschnitt C.IV.1). Die Gemeinsamkeit dieser Spezifikation mit einem „semi-public input“ besteht – wie Feehan (1989, 244) verdeutlicht – in der Darstellung der Überfüllung (vgl. z.B. (C.22)). Demnach wird innerhalb einer Branche Rivalität durch Überfüllung erzeugt, während zwischen Unternehmen verschiedener Branchen Nichtrivalität besteht.

Da Überfüllung äquivalent zum Fall des „semi-public input“ modelliert werden soll, muß die Einsatzmenge des Zwischenproduktes pro Unternehmen dem Quotienten (G/n_y) entsprechen (vgl. (C.22) und (C.23)). Demnach gilt für die Einsatzmenge des Zwischenproduktes in einer gesamten Branche, z. B. Y :

$$(C.53) \quad G = n_y \frac{G}{n_y}.$$

Unter Berücksichtigung der angegebenen Gutseigenschaften des Zwischenproduktes (vgl. (C.53)) resultiert aus der Aggregation der Unternehmensproduktionsfunktionen folgende Branchenproduktionsfunktion:

$$(C.54) \quad Y = n_y f_j \left(\frac{A_y}{n_y}, \frac{K_y}{n_y}, \frac{G}{n_y} \right) = n_y^{1-\varepsilon} f_j(A_y, K_y, G) = F_y(A_y, K_y, G, n_y).$$

Aufgrund steigender Skalenerträge gilt für den Homogenitätsgrad der Unternehmensproduktionsfunktion $\varepsilon > 1$, so daß eine negative Abhängigkeit zwischen dem Branchenoutput (Y) und der Unternehmensanzahl (n_y) besteht (vgl. (C.54)). Damit wirkt eine Erhöhung der Unternehmensanzahl wie ein negativer unternehmensexterner, aber brancheninterner Effekt, die zu Überfüllung des Zwischenproduktes führt.^{33,34} Aus (C.54) ist ersichtlich, daß, unter den für das Zwischenprodukt (G) angenommenen Gutseigen-

³² Zur Erklärung von (C.52) vgl. S. 51.

³³ Da Produktionsexternalitäten entweder durch den Output oder durch die Inputs von Produzenten verursacht werden (vgl. Bohm, 1987, 261), entspricht Überfüllung, die c.p. durch eine Zunahme der Unternehmensanzahl bedingt ist, offensichtlich *nicht* einer negativen Produktionsexternalität.

³⁴ Folglich werden bei proportionaler Variation von (A_y, K_y, G, n_y) nur konstante Skalenerträge erzielt.

schaften, die von Feehan (1989, 244, (16)) angegebene Produktionsfunktion keine Branchenproduktionsfunktion darstellen kann. Ein auf der Unternehmensebene rivalisierendes Zwischenprodukt ist nur dann mit der Produktionsfunktion gemäß Feehan (1989) (vgl. (C.52)) vereinbar, wenn diese die Technologie eines *einzigsten* Unternehmens beschreibt, das aufgrund steigender Skalenerträge mit den Faktormengen $(A_y, K_y, (G/n_y))$ denselben Output wie n_y -Unternehmen mit den Faktormengen (A_y, K_y, G) produziert. Dann kann die Variable „ n_y “ in Gleichung (C.52) nicht die Unternehmensanzahl darstellen. Soll entsprechend Feehans (1989, 244, Fn. 2) Intention Überfüllung wie beim „semi-public input“ – also gemäß Gleichung (C.53) – erfaßt werden, muß die Branchenproduktionsfunktion dem Ausdruck auf der rechten Seite von (C.54) entsprechen. Aufgrund der zum „semi-public input“ übereinstimmenden Darstellung von Überfüllung, soll die Spezifikation in Gleichung (C.54) „semi-public input II“ heißen.

2. Klassifizierung vertikaler Mischgüter

Sowohl der „semi-public input“ als auch der „semi-public input II“ sind Zwischenprodukte, die innerhalb einer Branche, jedoch nicht zwischen Unternehmen verschiedener Branchen überfüllt sind. Wenn ein Zwischenprodukt ebenfalls zwischen Unternehmen verschiedener Branchen überfüllt wird, muß es abweichend vom „semi-public input“ und „semi-public input II“ rivalisierend auf der Branchenebene sein. Damit ist eine weitere Variante des „semi-public input“ spezifiziert, die rivalisierend auf der Unternehmens- und Branchenebene, aber nichtrivalisierend auf der Faktorebene ist.³⁵ Aufgrund der letzteren Eigenschaft soll diese Variante „firm-internal public input“ heißen.

Kennzeichnend für den „firm-augmenting public input“ ist der „trade off“ zwischen der Unternehmensanzahl und der Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“, welcher durch Nichtrivalität auf der Unternehmensebene und Rivalität auf der Faktorebene entsteht (vgl. Abschnitt C.III.2). An Stelle von Nichtrivalität kann ein Zwischenprodukt rivalisierend auf der Branchenebene sein. Aufgrund des beschriebenen „trade off“ stellt dieses Zwischenprodukt dann eine Variante des „firm-augmenting public input“ dar, weshalb es als „firm-augmenting public input II“ bezeichnet werden soll. Da diese Spezifikation eine Umkehrung der Guts-

³⁵ Liegt hingegen Rivalität auf der Faktorebene vor, ist das Zwischenprodukt *formal identisch* zum „unpaid factor“. Abweichend vom „unpaid factor“ wird jedoch Rivalität auf der Unternehmens- und Branchenebene dann durch Überfüllung begründet. Dies entspricht dem Unterschied zwischen einem „semi-public input“ und einem „unpaid factor“, wenn lediglich eine Branche betrachtet wird (vgl. Abschnitt C.III.3).

eigenschaften des „semi-public input“ auf der Unternehmens- und Branchenebene beinhaltet, ist intuitiv dafür auch die Begründung umzukehren. Beim „semi-public input“ wird Rivalität auf der Unternehmensebene und Nicht-rivalität auf der Faktorebene dadurch erklärt, daß Überfüllung zwischen Unternehmen innerhalb einer Branche, jedoch keine Überfüllung zwischen Unternehmen verschiedener Branchen entstehen kann. Dementsprechend beinhaltet Nichtrivalität auf der Unternehmensebene und Rivalität auf der Branchenebene offensichtlich Überfüllung zwischen Unternehmen verschiedener Branchen, indessen nicht innerhalb einer Branche. Daraus ist unmittelbar eine weitere Spezifikation ableitbar, die auf der Faktor- und Unternehmensebene nichtrivalisierend ist. Genauso wie beim „firm-augmenting public input II“ tritt Überfüllung zwischen Unternehmen verschiedener Branchen auf, so daß es rivalisierend auf der Branchenebene ist. Aufgrund dieser Eigenschaft wird diese Spezifikation als „industry congested public input“ bezeichnet.

Im Anschluß an diese konzeptionellen Überlegungen werden nun die Spezifikationen vertikal gemischter Zwischenprodukte anhand ihrer Gutseigenschaften auf verschiedenen Aggregationsebenen klassifiziert und analytisch in Tabelle 2 dargelegt. Dazu werden am Beispiel der Branche Y die zugehörigen Branchen- und Unternehmensproduktionsfunktionen mit der entsprechenden Skalenelastizität angegeben. Steigenden Skalenerträge, welche lineare Homogenität in Arbeit und Kapital implizieren, sind auf die Nichtrivalität von Zwischenprodukten auf der Faktorebene zurückzuführen (vgl. C.IV.1). So wird entsprechend dem Fall des „semi-public input II“ die Unternehmensanzahl (n_y) als Argument der Branchenproduktionsfunktion mit einem „firm-internal public input“ berücksichtigt, weil beide Fälle nichtrivalisierend auf der Faktorebene und rivalisierend auf der Unternehmensebene sind (vgl. Abschnitt C.VI.1). Dahingegen beruht die multiplikative Verknüpfung von Unternehmensanzahl (n_y) und der branchenspezifischen Einsatzmenge des „firm-augmenting public input II“ in der Branchenproduktionsfunktion darauf, daß der „firm-augmenting public input II“ entsprechend einem „firm-augmenting public input“ nichtrivalisierend auf der Unternehmensebene und rivalisierend auf der Faktorebene ist. Die zuletzt genannte Gutseigenschaft des „firm-augmenting public input II“ impliziert konstante Skalenerträge (vgl. C.III). Darüber hinaus werden in Tabelle 2 die aus den Guteigenschaften der vertikal gemischten Zwischenprodukte resultierenden Nebenbedingungen aufgeführt, die statt (C.11) und (C.12) in das Maximierungsproblem ((C.8)–(C.14)) eingesetzt werden müssen, um die entsprechenden Bedingungen für eine effiziente Bereitstellung der jeweiligen Spezifikation zu ermitteln. Die Unternehmensanzahl ist in beiden Branchen exogen gegeben.³⁶

³⁶ Zur Herleitung der Effizienzregeln vgl. Anhang II, ad Tabelle 2.

Tabelle 2
Klassifikation vertikaler Mischgüter

	„firm-augmenting II“	„firm-internal“	„semi-public II“	„industry congested“
Branchenebene	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität	Rivalität
Unternehmensebene	Nichtrivalität	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität
Faktorebene	Rivalität	Nichtrivalität	Nichtrivalität	Nichtrivalität
Branchenproduktionsfunktion	$Y = F_y(A_y, K_y, n_y, G_y)$	$Y = F_y(A_y, K_y, G_y, n_y)$	$Y = F_y(A_y, K_y, G, n_y)$	$Y = F_y(A_y, K_y, G_y)$
Unternehmensproduktionsfunktion	$Y_j = f_j(A_j, K_j, G_y)$	$Y_j = f_j\left(A_j, K_j, \frac{G_y}{n_y}\right)$	$Y_j = f_j\left(A_j, K_j, \frac{G}{n_y}\right)$	$Y_j = f_j(A_j, K_j, G_y)$
Skalenelastizität (ε)	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon > 1$	$\varepsilon > 1$	$\varepsilon > 1$
Nebenbedingung	$G = \underbrace{G_j}_{G_y} + \underbrace{G_i}_{G_x}$	$G = \underbrace{n_y G_j}_{G_y} + \underbrace{n_x G_i}_{G_x}$	$G = \underbrace{n_y G_j}_{G_y} = \underbrace{n_x G_i}_{G_x}$	$G = \underbrace{G_j}_{G_y} + \underbrace{G_i}_{G_x}$
Effizienzregel	$p_\varepsilon = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_\varepsilon = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_\varepsilon = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_\varepsilon = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$

Die Gutseigenschaften vertikal gemischter Zwischenprodukte auf der Branchen- und Unternehmensebene spiegeln sich in den in Tabelle 2 dargestellten Effizienzregeln für die Bereitstellung des jeweiligen Mischgutes wider. So entsprechen die Grenzkosten der Bereitstellung des „firm-augmenting public input II“ bzw. des „industry congested public input“ der Summe der Wertgrenzerträge des jeweiligen Zwischenproduktes innerhalb einer Branche, weil beide nichtrivalisierend auf der Unternehmensebene und rivalisierend auf der Branchenebene sind. Demgegenüber weist der „semi-public input II“ dieselbe Effizienzbedingung wie ein „semi-public input“ auf (vgl. (C.24)), weil er dieselben Gutseigenschaften auf der Unternehmens- und Branchenebene besitzt. Der „firm-internal public input“ ist äquivalent zum „unpaid factor“ rivalisierend auf der Unternehmens- und Branchenebene, so daß der Wertgrenzertrag des „firm-internal public input“ pro Unternehmen den Grenzkosten des „firm-internal public input“ entsprechen muß. Abweichend vom „unpaid factor“ sind jedoch aufgrund der Nichtrivalität auf der Faktorebene steigende Skalenerträge unterstellt. Zudem ist die Rivalität nicht technisch a priori gegeben, sondern wird durch Überfüllung verursacht.

Unter Einbezug der Klassifikation von Zwischenprodukten in Tabelle 2 erfolgt nun eine konsistente Erweiterung der Klassifikation von Zwischenprodukten der Tabelle 1.

Tabelle 3 zeigt, daß unter der Prämisse der Existenz vertikaler Mischgüter insgesamt acht verschiedene Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte anhand ihrer Gutseigenschaften, die auf verschiedenen Aggregationsebenen wirksam werden, unterschieden werden können. Vertikale Mischungen von Gutseigenschaften eines Zwischenproduktes auf der Faktorebene und der Unternehmensebene bedingen, daß die Unternehmensanzahl zum Faktor der Branchenproduktionsfunktion wird (vgl. Tabelle 3). Zudem bleibt festzuhalten, daß die durch Überfüllung begründete Rivalität auf der Branchen- und Unternehmensebene von endogenisierbaren Größen, d.h. der Unternehmensanzahl und der Bereitstellungsmenge eines überfüllbaren Zwischenproduktes abhängig ist. Folglich ist diese Form der Rivalität endogen in einem ökonomischen Modell produzierbar, während die Rivalität des „unpaid factor“ unabhängig von endogenisierbaren Größen und somit technisch a priori gegeben ist. Der Wechsel der Gutseigenschaften zwischen Faktor- und Unternehmensebene sowie die endogen produzierbare Rivalität sind Ansatzpunkte für die in Abschnitt D.I erfolgende kritischen Würdigung der in Tabelle 3 dargestellten Klassifikation. Bevor jedoch die Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt begründet wird (Abschnitt D), soll im folgenden Abschnitt ein Bezug der Spezifikationen in Tabelle 3 zu weiteren Modellen hergestellt werden, die Produktionsfunktionen mit staatlich bereitgestellten Zwischenprodukten verwenden.

3. Horizontal und vertikal gemischte Zwischenprodukte

Dieser Abschnitt stellt eine Verbindung der in Tabelle 3 dargestellten Spezifikationen zu Spezifikationen von Produktionsfunktionen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte her, die in jüngster Zeit in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und endogenen Wachstumstheorie verwendet worden sind. Es zeigt sich, daß ein Zusammenhang der in diesen Modellen angenommenen horizontal gemischten mit vertikal gemischten Zwischenprodukten besteht (vgl. Tabelle 3), wodurch die Effizienzbedingung für die Bereitstellung der Zwischenprodukte beeinflußt wird. Da diese Modelle nur ein einziges privates Konsumgut zugrunde legen, ist a priori keine Unterscheidung der Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte anhand der Gutseigenschaften auf der Branchenebene möglich. Wenn zunächst von Überfüllungsfällen abgesehen wird, kann gemäß Tabelle 3 nur ein „unpaid factor“, ein „firm-augmenting public input“ oder ein „factor-augmenting public input“ vorliegen.

Unter dieser Prämisse nehmen z.B. Barro/Sala-i-Martin (1992, 649), Richter (1994, 334), Futagami/Mino (1995, 125 f.); Richter et al. (1996, 18), Wellisch (1995, 24), Maussner/Klump (1996, 74 u. 79), Richter/Wellisch (1996, 77) und Turnovsky (1996, 36 f.) einen „firm-augmenting public input“ an, weil sie konstante Skalenerträge für die Produktionsfunktion unterstellen.^{37,38} Demgegenüber wird ein „factor-augmenting public input“ von Seitz (1994, 73), Pfähler/Lorz (1994/5, 127), Barro/Sala-i-Martin (1995, 153), Fisher/Turnovsky (1995, 752 f.), Glomm/Ravikumar (1995, 1176), Roloff (1998, 6) und Tausch (1999) unterstellt. Matsumoto (1998, 466) geht explizit auf beide Spezifikationen ein, während Fisher/Turnovsky (1998, 402) eine allgemeine Produktionsfunktion annehmen, die

³⁷ Richter et al. (1996, 16) sowie Richter/Wellisch (1996, 77) nehmen strikte Konkavität der Produktionsfunktion in den privaten Faktoren an. Diese Annahme beinhaltet u.a. konstante Skalenerträge in den privaten Primärfaktoren und dem öffentlichen Zwischenprodukt, so daß ein „firm-augmenting public input“ angenommen wird. Wellisch (1995, 24) nimmt lediglich Konkavität der Produktionsfunktion in den privaten Faktoren an, wodurch sowohl ein „factor-augmenting public input“ als auch ein „firm-augmenting public input“ abgebildet werden können. Jedoch muß Wellisch (1995, 26) einen positiven Gewinn für die Unternehmen unterstellen, weil die Unternehmen im betrachteten Modell zwischen verschiedenen Regionen mobil sein sollen. Dies beinhaltet strikte Konkavität, so daß Wellisch (1995) implizit vom „firm-augmenting public input“ ausgeht.

³⁸ Barro/Sala-i-Martin (1992, 649), Futagami/Mino (1995, 125 f.), Richter et al. (1996, 16) und Richter/Wellisch (1996, 77) unterstellen eine abgewandelte Form des „firm-augmenting public input“, weil die Summe der Produktionselastizitäten der privaten Faktoren (i) bei Barro/Sala-i-Martin (1992) und Futagami/Mino (1995) konstant ist bzw. (ii) bei Richter et al. (1996) und Richter/Wellisch (1996) aufgrund strikter Konkavität der Produktionsfunktion in den privaten Faktoren nicht den Wert eins annehmen kann (vgl. Abschnitt D.II.3.a)).

Tabelle 3
Eine erweiterte Klassifikation von Zwischenprodukten

	„unpaid factor“	„semi-public“	„firm-augmenting II“	„firm-internal“
Branchenebene	Rivalität	Nichtrivalität	Rivalität	Rivalität
Unternehmensebene	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität	Rivalität
Faktorebene	Rivalität	Rivalität	Rivalität	Nichtrivalität
Branchen- produktionsfunktion	$Y = F_y(L_y, K_y, G_y)$	$Y = F_y(L_y, K_y, G)$	$Y = F_y(L_y, K_y, n_y, G_y)$	$Y = F_y(L_y, K_y, G_y, n_y)$
Unternehmens- produktionsfunktion	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G_j)$	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G/n_y)$	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G_y)$	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G_y/n_y)$
Skalenelastizität	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon > 1$
Nebenbedingung	$G = n_y G_j + n_x G_i$	$G = n_y G_j = n_x G_i$	$G = G_j + G_i$	$G = n_y G_j + n_x G_i$
Effizienzregel	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$

Tabelle 3
Fortsetzung

	„firm-augmenting“	„semi-public II“	„industry congested“	„factor-augmenting“
Branchenebene	Nichttrivialität	Nichttrivialität	Rivalität	Nichttrivialität
Unternehmensebene	Nichttrivialität	Rivalität	Nichttrivialität	Nichttrivialität
Faktorebene	Rivalität	Nichttrivialität	Nichttrivialität	Nichttrivialität
Branchen- produktionsfunktion	$Y = F_y(L_y, K_y, n_y G)$	$Y = F_y(L_y, K_y, G, n_y)$	$Y = F_y(L_y, K_y, G_y)$	$Y = E(G)H_y(L_y, K_y)$
Unternehmens- produktionsfunktion	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G)$	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G/n_y)$	$Y_j = f_j(L_j, K_j, G_y)$	$Y = E(G)h_j(L_j, K_j)$
Skalenelastizität	$\varepsilon = 1$	$\varepsilon > 1$	$\varepsilon > 1$	$\varepsilon > 1$
Nebenbedingung	$G = G_j = G_i$	$G = n_y G_j = n_x G_i$	$G = G_j + G_i$	$G = G_j = G_i$
Effizienzregel	$p_g = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} + p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i}$	$p_g = n_y \frac{dE}{dG} h_j + p_x n_x \frac{dE}{dG} h_i$

beide Spezifikationen umfaßt. Zudem modellieren Barro (1990, 107), Barro/Sala-i-Martin (1992, 648), Futagami et al. (1993, 610) und Futagami/Mino (1995, 125 f.) einen „unpaid factor“.³⁹

a) Das quasi-private öffentliche Zwischenprodukt

In einigen Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie wird ein überfüllbares staatlich bereitgestelltes Zwischenprodukt äquivalent zum „semi-public input“ dargestellt, wobei das überfüllbare Zwischenprodukt a priori nichtrivalisierend ist.⁴⁰ Dementsprechend entsteht bei gegebener Bereitstellungsmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes Überfüllung durch eine Zunahme der Unternehmensanzahl. Die Verwendung des überfüllbaren Zwischenproduktes durch ein zusätzliches Unternehmen führt zur Reduzierung der Einsatzmenge dieses Zwischenproduktes in jedem Unternehmen (vgl. z.B. Richter, 1994, 326; Fisher/Turnovsky, 1998, 402).⁴¹ Somit liegt eine inputmengenmäßige Beeinträchtigung der etablierten Unternehmen vor.⁴²

Die überfüllbaren Zwischenprodukte werden nach ihren Überfüllungsgrad bzw. Rivalitätsgrad eingeordnet (vgl. Walz/Wellisch, 1996, 177; Fisher/Turnovsky, 1998, 401). Dieser gibt an, in welchem Ausmaß die Bereitstel-

³⁹ Zur Erläuterung der Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte von Barro (1990) und Barro/Sala-i-Martin (1992, 1995) vgl. Colombier/Pickhardt, 1998, Abschnitt 5. Dies gilt entsprechend für die Spezifikation von Futagami/Mino (1995), die sich an Barro (1990) orientiert.

⁴⁰ Dies gilt für die Modelle von Homburg (1993, 482), Richter (1994, 326), Richter et al. (1996, 22), Wellisch (1995, 24), Richter/Wellisch (1996, 76), Turnovsky (1996, 36 f.), Walz/Wellisch (1996, 177) und Fisher/Turnovsky (1998, 402 f.).

⁴¹ Richter (1994) verwendet zur Darstellung von Überfüllung eine Kostenfunktion (vgl. Fn. 43). Diese Kostenfunktion geht auf Wildasin (1986) zurück, der sie bzgl. öffentlicher Konsumgüter, die überfüllbar sind, verwendet. Demnach nimmt aufgrund von Überfüllung die Konsummenge pro Individuum ab, wenn die Konsumentenanzahl bei gegebener Bereitstellungsmenge des überfüllbaren Gutes ansteigt (vgl. Wildasin, 1986, 6).

⁴² Nach Musgrave et al. (1994, 85) ist ein *überfülltes Gut* ein *Mischgut*, d.h. ein a priori nichtrivalisierendes Gut beinhaltet rivalisierende Elemente. Jedoch führen Musgrave et al. (1994) die Rivalität auf eine *Qualitätsminderung*, der durch die Individuen konsumierten Menge bei Zunahme der Konsumentenanzahl zurück. Diese Sicht beinhaltet jedoch zwei Probleme: (i) die Theorie der öffentlichen Güter basiert auf einem Mengenkonzept, so daß sich ein rivalisierendes Element in einer *Quantitätsänderung* niederschlagen müßte, d.h. im Fall von Zwischenprodukten durch eine Reduktion der Einsatzmenge des Zwischenproduktes pro Unternehmen, (ii) da die Qualität eines homogenen Gutes gegeben ist, entsteht durch die Qualitätsänderung ein neues Gut, so daß das produzierte Gut heterogen zum Konsum bzw. zum in der Produktion verwendeten Gutes ist. Diese Annahme ist aus Sicht des Autors nicht plausibel.

lungsmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes steigen muß, um die Menge des überfüllbaren Zwischenproduktes pro Unternehmen konstant zu halten, wenn ein zusätzliches Unternehmen das überfüllbare Zwischenprodukt zur Produktion verwendet (vgl. Fisher/Turnovsky, 1998, 401).⁴³ Auf Grundlage des Überfüllungsgrades wird im weiteren ein Bezug zwischen dem „semi-public input“ und der Darstellung der Überfüllung in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie hergestellt.

Gemäß Gleichung (C.23) gilt folgende Beziehung zwischen der Bereitstellungsmenge eines „semi-public input“, der Einsatzmenge pro Unternehmen und der Unternehmensanzahl:

$$(C.55) \quad G = n_y G_j.$$

Um den Überfüllungsgrad des „semi-public input“ bestimmen zu können, muß ermittelt werden in welchem Ausmaß die Bereitstellungsmenge steigen muß, damit die Einsatzmenge pro Unternehmen konstant bleiben kann. Dies läßt sich mit Hilfe der Elastizität der Bereitstellungsmenge bzgl. der Unternehmensanzahl feststellen.

$$(C.56) \quad \frac{\partial G}{\partial n_y} \frac{n_y}{G} = 1.$$

Wenn ein neues Unternehmen in die Branche *Y* tritt, muß gemäß (C.56) die Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ proportional zur Unternehmensanzahl steigen, damit die Einsatzmenge des „semi-public input“ pro Unternehmen konstant bleiben kann. Unter der Annahme konstanter Skalenerträge in der Produktion des „semi-public input“ (vgl. (C.6)) und gegebener (Schatten-) Preise auf dem Arbeits- und Kapitalmarkt, steigen die Bereitstellungskosten ebenfalls proportional mit Zunahme der Unternehmensanzahl.

⁴³ Außer von Homburg (1993), Turnovsky (1996) und Fisher/Turnovsky (1998) wird Überfüllung in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz (vgl. Fn. 40) durch eine Kostenfunktion erfaßt, die in Abhängigkeit von der Unternehmensanzahl und der Einsatzmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes pro Unternehmen, die Bereitstellungskosten des überfüllbaren Zwischenproduktes angibt. Bei Erhöhung der Unternehmensanzahl können durch diese Funktion diejenigen zusätzlichen Bereitstellungskosten ermittelt werden, die zum Erhalt der Einsatzmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes pro Unternehmen notwendig sind (vgl. z.B. Wellisch, 1995, 24; Fn. 41). In diesem Fall wird der Überfüllungsgrad durch die Bereitstellungskosten gemessen. Zur Erläuterung dieser Kostenfunktion vgl. Anhang II, ad Fn. 43.

Ein staatlich bereitgestelltes Zwischenprodukt, das denselben Überfüllungsgrad wie ein „semi-public input“ aufweist, wird als quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt (vgl. Wellisch, 1995, 24; Richter/Wellisch, 1996, 76) bezeichnet, oder es wird durch den Begriff „proportionale Überfüllung“ beschrieben (vgl. Fisher/Turnovsky, 1998, 402 u. 402, Fn. 7). Da entsprechend einem „semi-public input“ ein „semi-public input II“ ebenfalls rivalisierend auf der Unternehmensebene ist, hat diese Spezifikation denselben Überfüllungsgrad wie ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt. Demgegenüber weist der „firm-internal public input“, der rivalisierend auf der Unternehmensebene, jedoch abweichend von den beiden anderen Varianten des „semi-public input“ rivalisierend auf der Branchenebene ist, nicht denselben Überfüllungsgrad wie ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt auf (vgl. Anhang II, (II.18)). Wenn der Überfüllungsgrad als Maßstab zum Vergleich von Spezifikationen überfüllter Zwischenprodukte herangezogen wird, kann das quasi-private öffentliche Zwischenprodukt sowohl ein „semi-public input“ als auch ein „semi-public input II“ darstellen. Dementsprechend wäre dieses Zwischenprodukt in einem Modell mit mindestens zwei Branchen nichtrivalisierend auf der Branchenebene und rivalisierend oder nichtrivalisierend auf der Faktorebene. Folglich ergibt sich aus der in den Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie gewählten Darstellung der Überfüllung (vgl. Fn. 40), daß implizit Rivalität auf der Unternehmensebene angenommen wird.

b) Klassifizierung mit horizontal gemischten Zwischenprodukten

Ausgehend von den Ergebnissen des Abschnitts a), ist es möglich eine Verbindung zwischen horizontal und vertikal gemischten Zwischenprodukten zu knüpfen. Dazu wird eine Erweiterung der Produktionsfunktion aus Gleichung (C.41) herangezogen, die Produktionsfunktionen mit Zwischenprodukten unterschiedlicher Überfüllungsgrade auf der Unternehmensebene darstellt:^{44, 45}

⁴⁴ Eine äquivalente Darstellung wird von Fisher/Turnovsky (1998, 403, (3')) gewählt mit dem Unterschied, daß Fisher/Turnovsky (1998) a priori Überfüllung bzgl. eines überfüllbaren Produktionsfaktors, also $d = 1$, annehmen. Der Überfüllungsgrad wird bei Fisher/Turnovsky (1998) durch „ $\sigma - 1$ “ angegeben, so daß $\sigma - 1 := \phi$.

⁴⁵ Bei $n_y = 1$ ist keine Überfüllung möglich.

$$(C.57) \quad Y_j = f_j \left(A_j, K_j, \frac{G}{n_y^{d\phi}} \right) \quad \text{mit: } d = \begin{cases} 1, & \text{wenn } \frac{G}{n_y} \leq \left(\frac{G}{n_y} \right)_{\ddot{u}}, \\ 0, & \text{wenn } \frac{G}{n_y} > \left(\frac{G}{n_y} \right)_{\ddot{u}}, \end{cases}$$

und: $0 \leq \phi \leq 1$,

$d :=$ Dummyvariable,

$\phi :=$ Überfüllungs-(Rivalitäts-)grad.

Der Überfüllungsgrad eines Zwischenproduktes ist durch den Parameter ϕ exogen gegeben. Ob Überfüllung bei einem überfüllbaren Zwischenprodukt eintritt ($d = 1$) oder nicht ($d = 0$), hängt vom Verhältnis der Bereitstellungsmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes und der Unternehmensanzahl, d.h. (G/n_y) , ab (vgl. Abschnitt C.III.3). Folglich kann Rivalität eines überfüllbaren Zwischenproduktes auf der Unternehmensebene nur dann wirksam werden, wenn $\phi > 0$ und $d = 1$ ist. Somit zeigt ein positiver Überfüllungsgrad ($\phi > 0$) die Möglichkeit der Überfüllung eines Zwischenproduktes, also Überfüllbarkeit, an. Bevor Überfüllung eintritt, ist das überfüllbare Zwischenprodukt nichtrivalisierend auf der Unternehmensebene, so daß $d = 0$ und $\phi > 0$ sind. Zum Beispiel wird ein auf der Unternehmensebene rivalisierendes Zwischenprodukt, also ein quasi-privater-öffentlicher Produktionsfaktor, durch $d = 1$ und $\phi = 1$ beschrieben. Im Bereich $0 < \phi < 1$ mit $d = 1$ liegen horizontale Mischungen von Zwischenprodukten vor, weil sie unterschiedliche Rivalitätsgrade auf einer Aggregations-ebene, der Unternehmensebene, besitzen. Somit gilt abweichend von einem rein rivalisierenden oder rein nichtrivalisierenden Gut folgende Beziehung zwischen der Bereitstellungsmenge, der Unternehmensanzahl und der Einsatzmenge des horizontal gemischten Zwischenproduktes pro Unternehmen:

$$(C.58) \quad G = n_y^{d\phi} G_j \Leftrightarrow G < n_y G_j \quad \text{mit: } j = 1, \dots, n_y; d = 1 \quad \text{und} \quad 0 < \phi < 1.$$

Ein nichtrivalisierendes und nicht überfüllbares Zwischenprodukt ist durch $\phi = 0$ charakterisiert, so daß (C.57) aufgrund der letztgenannten Eigenschaft des Zwischenproduktes unabhängig vom Wert der Dummyvariable „d“ ist. Den „unpaid factor“, dessen Rivalität technisch gegeben ist, erfaßt die Spezifikation der Produktionsfunktion in Gleichung (C.57) nicht.

Basierend auf der Produktionsfunktion in Gleichung (C.57) und der Schlußfolgerung, daß ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt nicht-rivalisierend auf der Branchenebene ist, lassen sich horizontale Mischungen auf der Unternehmensebene mit einigen Spezifikationen von Zwischenprodukten in Tabelle 3 verbinden. Wenn lineare Homogenität in allen Faktoren angenommen wird, handelt es sich im Fall $\phi = 0$ oder $d = 0$ mit $\phi > 0$ um den „firm-augmenting public input“, während bei $d = 1$ und $\phi = 1$ der

„semi-public input“ vorliegt (vgl. Abschnitt C.III.3). Im Bereich $0 < \phi < 1$ mit $d = 1$ sind horizontale Mischungen des „firm-augmenting public input“ und des „semi-public input“ angesiedelt. Diese Güter sind zugleich vertikale Mischgüter, weil Rivalität auf der Faktorebene mit einer horizontalen Mischung aus Rivalität und Nichtrivalität auf der Unternehmensebene kombiniert wird. Bei Annahme linearer Homogenität allein in Arbeit und Kapital liegt für $\phi = 0$ oder $d = 0$ mit $\phi < 0$ ein „factor-augmenting public input“ vor, während bei $\phi = 1$ und $d = 1$ der „semi-public input II“ spezifiziert wird. Im Bereich $0 < \phi < 1$ mit $d = 1$ befinden sich horizontale Mischungen von Zwischenprodukten aus dem „factor-augmenting public input“ und dem „semi-public input II“, die damit ebenfalls vertikal gemischt sind. Somit können aufgrund von Überfüllung, die die horizontale Mischung von Nichtrivalität und Rivalität eines Zwischenproduktes auf der Unternehmensebene erklärt, weitere – über die Tabelle 3 hinausgehend – vertikale Mischgüter spezifiziert werden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4

Horizontal und vertikal gemischte Zwischenprodukte

Spezifikation	Faktorebene	Unternehmensebene	Branchenebene	ϵ
„semi-public“	Rivalität	Rivalität: $d = 1 \wedge \phi = 1$	Nichtrivalität	$\epsilon = 1$
„Mischungen I“	Rivalität	Mischung: $d = 1 \wedge 0 < \phi < 1$	Nichtrivalität	$\epsilon = 1$
„firm-augmenting“	Rivalität	Nichtrivalität: $d = 0$ mit $\phi > 0 \vee \phi = 0$	Nichtrivalität	$\epsilon = 1$
„semi-public II“	Nichtrivalität	Rivalität: $d = 1 \wedge \phi = 1$	Nichtrivalität	$\epsilon > 1$
„Mischungen II“	Nichtrivalität	Mischung: $d = 1 \wedge 0 < \phi < 1$	Nichtrivalität	$\epsilon > 1$
„factor-augmenting“	Nichtrivalität	Nichtrivalität: $d = 0$ mit $\phi > 0 \vee \phi = 0$	Nichtrivalität	$\epsilon > 1$

Da in der Literatur ein Kontinuum horizontaler Mischgüter zwischen den Polen Rivalität und Nichtrivalität angenommen wird (vgl. Abschnitt C.I), kann die Klassifikation vertikaler Mischgüter (vgl. Tabelle 3) durch eine beliebige Anzahl von Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte erweitert werden. Weil diese Spezifikationen von Zwischenprodukten grundsätzlich eine Mischung aus Rivalität und Nichtrivalität auf der Unternehmensebene darstellen, die durch verschiedene Rivalitätsgrade gekenn-

zeichnet sind, ist das einzige Unterscheidungskriterium die Gutseigenschaft auf der Faktorebene. Daher können diese Spezifikationen von Zwischenprodukten in zwei Spezifikationsmengen den „Mischungen I“ und „Mischungen II“ zusammengefaßt werden (vgl. Tabelle 4).

Durch Einsetzen der Produktionsfunktion (C.57) in die Zielfunktion (vgl. (C.8)) und in die Nebenbedingung (vgl. (C.9)) des Maximierungsproblems ((C.8)–(C.14)) sowie Ersetzen der Nebenbedingungen (C.11) und (C.12) durch jeweils eine Nebenbedingung der Form (C.58) für die Branchen X und Y , kann für die in Tabelle 4 dargestellten Spezifikationen von Zwischenprodukten die notwendige Bedingung für die effiziente Bereitstellung hergeleitet werden (vgl. Anhang II, ad Tabelle 4):

$$(C.59) \quad p_g = p_x n_x^{1-d\phi} \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + n_y^{1-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Diese Bedingung spiegelt die Gutseigenschaften der jeweiligen Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte auf der Unternehmens- und Branchenebene wider. Zum Beispiel liegt für $d = 1$ und $0 < \phi < 1$ eine Spezifikation aus den Mengen „Mischungen I“ oder „Mischungen II“ vor, die gemischt auf der Unternehmensebene und nichtrivalisierend auf der Branchenebene ist. Daß in jeder Branche die Wertgrenzerträge des Zwischenproduktes über beide Branchen summiert werden, läßt sich auf die Nichtrivalität auf der Branchenebene zurückführen. Folglich kann dieselbe Menge des Zwischenproduktes von einem *einzigsten* Unternehmen der Branche Y und von einem *einzigsten* Unternehmen der Branche X zur Produktion verwendet werden. Innerhalb einer Branche summieren sich die Wertgrenzerträge des Zwischenproduktes, jedoch sind die Wertgrenzerträge durch den Überfüllungsgrad gewichtet (vgl. die Summanden auf der rechten Seite von (C.59)). So wird aufgrund der horizontalen Mischung der Zwischenprodukte aus den „Mischungen I“ und „Mischungen II“ auf der Unternehmensebene nicht der vollständige Wertgrenzertrag pro Unternehmen, z.B. $\frac{\partial f_j}{\partial G_j}$, sondern nur ein Anteil des Wertgrenzertrages pro Unternehmen, z.B. $n_y^{-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j}$, in der Effizienzbedingung berücksichtigt (vgl. rechte Seite von (C.59)). Demgegenüber wird die Summe der Grenzerträge eines nichtrivalisierenden Zwischenproduktes ($d = 0 \vee \phi = 0$) nicht gewichtet, weil es keine rivalisierenden Elemente enthält. Somit muß für eine produktionseffiziente Bereitstellung eines horizontal gemischten Zwischenproduktes aufgrund der *horizontalen Mischung* die Summe der *gewichteten* Wertgrenzerträge des Zwischenproduktes pro Unternehmen der Branchen X und Y (vgl. rechte Seite von (C.59)) den Grenzkosten der Bereitstellung des Zwi-

schenproduktes (vgl. linke Seite von (C.59)) entsprechen. Damit kann die Bedingung (C.59) nur dann mit der Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)) übereinstimmen, wenn das Zwischenprodukt nichtrivialisierend auf der Unternehmens- (d.h. $d = 0 \vee \phi = 0$) und Branchenebene ist. Folglich verändert sich durch Überfüllung die Effizienzbedingung eines a priori nichtrivialisierenden Zwischenproduktes. Abweichend davon wird in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz unterstellt, daß die Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)) auch bei überfüllten Zwischenprodukten gilt, weil in diesen Modellen eine Kostenfunktion zur Darstellung von Überfüllung verwendet wird.⁴⁶ Diese Kostenfunktion verdeckt, daß sich die Bereitstellungsbedingung eines überfüllten, a priori öffentlichen Zwischenproduktes von der eines öffentlichen Zwischenproduktes unterscheidet, weil die Einsatzmengenänderung des überfüllten Zwischenproduktes pro Unternehmen durch eine Kostenänderung widergegeben wird.

So begründet die Literatur durch Überfüllung nicht nur vertikale Mischgüter, sondern ebenfalls horizontale Mischgüter. Die Mischung von Rivalität und Nichtrivalität auf der Unternehmensebene ermöglicht eine Erweiterung der Spezifikationen von Zwischenprodukten in Tabelle 3, die in Tabelle 4 dargestellt sind. Zudem zeigt sich, daß sich die Effizienzregeln für die Bereitstellung der Zwischenprodukte entsprechend der Gutseigenschaften auf der Unternehmens- und Branchenebene unterscheiden.

VII. Zusammenfassung

Ein zentrales Ergebnis des Abschnitts C ist, daß Zwischenprodukte auf den Aggregationsebenen – Faktor-, Unternehmens- und Branchenebene – in unterschiedlicher Weise also nichtrivialisierend oder rivalisierend oder „gemischt“ in der Produktion verwendet werden können. Unterscheiden sich die Gutseigenschaften eines Zwischenproduktes zwischen den Aggregationsebenen, so kann das Zwischenprodukt als vertikales Mischgut bezeichnet werden. Die Konzeption, nach der die Gutseigenschaften mit den Aggregationsebenen variieren können, ermöglichte eine einheitliche Klassifizierung der in der Literatur verwendeten Spezifikation staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte, so daß die in der Einführung zu diesem Abschnitt angesprochene Vielfalt und Konfusion bzgl. der Spezifikation öffentlicher Zwischenprodukte systematisiert werden konnten (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4).

Anhand der Klassifizierungskriterien Aggregationsebene und Gutseigenschaften sind die Unterschiede zwischen den in der Literatur als identisch

⁴⁶ Vgl. Richter, 1994, 328; Wellisch, 1995, 25 f.; Richter et al., 1996, 23; Richter/Wellisch, 1996, 78.

unterstellten Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte „unpaid factor“, „semi-public input“ und „firm-augmenting public input“ verdeutlicht worden (vgl. Abschnitt III). Zudem kann ein öffentliches Zwischenprodukt gemäß Kaizukas (1965) Modell nur ein „factor-augmenting public input“ oder ein „firm-augmenting public input“ darstellen, weil lediglich in diesen beiden Fällen die Kaizuka-Regel gültig ist (vgl. Abschnitt IV).

Die Konzeption vertikaler Mischgüter erlaubt eine Erweiterung der in der Literatur verwendeten Spezifikationen. So konnten neben den in der Literatur angeführten Spezifikationen weitere vier Spezifikationen vertikal gemischter Zwischenprodukte entwickelt werden (vgl. Abschnitt C.VI.2). Die Spezifikationen vertikal gemischter Zwischenprodukte sind bis auf den „firm-augmenting public input“ durch die Annahme einer Überfüllung dieser Zwischenprodukte begründet, die durch eine zunehmende Unternehmensanzahl verursacht wird. Diese Annahme ist eine Übertragung aus dem Konsumgüterbereich. So gehen Wildasin (1986) und Musgrave et al. (1994) davon aus, daß ein a priori öffentliches Konsumgut mit zunehmender Konsumentenanzahl überfüllt wird. Wie Abschnitt C.VI.3 aufzeigt, wird in Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz und der endogenen Wachstumstheorie diese Annahme bzgl. der Überfüllung von öffentlichen Zwischenprodukten ebenfalls getroffen. In diesen Modellen wird entsprechend der Konsumgütertheorie (Musgrave et al., 1994) von einem Kontinuum gemischter Zwischenprodukte ausgegangen, deren Gutseigenschaften zwischen den Polen Rivalität und Nichtrivalität liegen. Diese Mischung ist lediglich auf einer Aggregationsebene – der Unternehmensebene – wirksam, so daß sie als horizontale Mischung bezeichnet werden kann (vgl. Abschnitt C.VI.3). Aufgrund der horizontalen Mischung ist es möglich, eine beliebige Anzahl weiterer Spezifikationen von Zwischenprodukten zu entwickeln, die in zwei Spezifikationsmengen zusammengefaßt werden können (vgl. Tabelle 4). Basierend auf diesen Spezifikationsmengen konnte gezeigt werden, daß die Effizienzbedingung horizontal überfüllter Zwischenprodukte im Unterschied zum bisherigen Stand der Forschung nicht der Kaizuka-Regel entspricht (vgl. Abschnitt C.VI.3).

Ursächlich dafür sind die Gutseigenschaften auf der Unternehmens- und Branchenebene, die eine bestimmte Effizienzregel für die Bereitstellung der Zwischenprodukte bedingen. So gilt sowohl für eine Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ als auch des „factor-augmenting public input“ die Kaizuka-Regel, weil in beiden Fällen dieselben Gutseigenschaften auf der Unternehmens- und Branchenebene wirksam werden. Die Gutseigenschaften auf der Faktorebene bestimmen hingegen, ob lineare Homogenität allein in Arbeit und Kapital oder lineare Homogenität der Produktionsfunktion in allen Faktoren angenommen wird. Folglich beeinflussen

die Gutseigenschaften auf der Faktorebene die Skalenelastizität der Produktionsfunktion. Unterschiedliche Gutseigenschaften auf der Faktor- und Unternehmensebene führen dazu, daß die Unternehmensanzahl als Argument in der Branchenproduktionsfunktion berücksichtigt werden muß (vgl. Tabelle 3). Schließlich verlangt auch die horizontale Mischung von Rivalität und Nichtrivalität von Zwischenprodukten auf der Unternehmensebene eine besondere Spezifikation der Produktionsfunktion (vgl. Abschnitt C.VI.3). Diese Punkte zeigen die Bedeutung der Gutseigenschaften für die Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem Zwischenprodukt auf.

D. Begründung einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt

Die Analyse des Abschnitts 3 hat gezeigt, daß die in der Literatur verwendeten Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit staatlich bereitgestellten Zwischenprodukten außer dem „unpaid factor“ und dem „factor-augmenting public input“ vertikal, z. T. ebenfalls horizontal, gemischte Zwischenprodukte implizieren (vgl. Tabelle 3 und Tabelle 4). In der Theorie öffentlicher Güter ist in Bezug auf Konsumgüter eine Diskussion darüber geführt worden, ob öffentliche und private Güter Extrempole eines Güterkontinuums horizontaler Mischungen (vgl. Musgrave, 1969, Abschnitte 2 und 3) darstellen oder lediglich öffentliche und private Güter existieren können (vgl. Samuelson, 1969, 108 f.).¹ Daher erfolgt in Abschnitt 4 anhand produktions- und alloktionstheoretischer Überlegungen eine kritische Würdigung des Konzeptes vertikal gemischter Zwischenprodukte. Diese bezieht sich zunächst auf alle Spezifikationen vertikal gemischter Zwischenprodukte der Klassifikation der Tabellen 3 und 4 (vgl. Abschnitt 4.1). In Abschnitt 4.2 wird die Diskussion auf den „firm-augmenting public input“ fokussiert, weil Argumente in der Literatur vorgetragen werden, die das Ergebnis aus Abschnitt 4.1 bzgl. des „firm-augmenting public input“ einschränken könnten. Somit soll in diesem Abschnitt gezeigt werden, welche Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem Zwischenprodukt, das zumindest auf einer Aggregationsebene öffentlich ist, konsistent begründet werden können.

I. Kritische Würdigung der Klassifizierung von Zwischenprodukten

In diesem Abschnitt werden die in den Tabellen 3 und 4 dargestellten Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte darauf hin überprüft, ob (i) die Abbildung der Überfüllung widerspruchsfrei ist, (ii) die Gutseigenschaften keine Widersprüche bedingen und (iii) die Gutseigenschaften im langfristigen Gleichgewicht keine Ineffizienzen verursachen. Wenn einer der genannten Punkte für die Spezifikation eines Zwischenproduktes nicht erfüllt sein sollte, ist dieses Zwischenprodukt theoretisch nicht

¹ Für eine ausführliche Darstellung der Diskussion vgl. Pickhardt, 1997, Abschnitt 4. Zu horizontalen Mischgütern vgl. auch Abschnitt C.V und Abschnitt C, Fn. 42.

haltbar, weil entweder Inkonsistenzen entstehen oder die Bereitstellung ökonomisch nicht zu begründen ist.

1. Der „semi-public input“ – ein privates Zwischenprodukt

In diesem Abschnitt wird der Zusammenhang zwischen Überfüllung und den Kosten der Überfüllung im Fall des „semi-public input“ aufgezeigt, um die Plausibilität der Spezifikation zu überprüfen. Wird Überfüllung wie im Fall des „semi-public input“ mit Hilfe einer Produktionsfunktion dargestellt, können Überfüllungskosten in Outputverlusten gemessen werden. Um Überfüllungskosten ermitteln zu können, wird der Effekt einer zunehmenden Überfüllung des „semi-public input“ auf den Branchenoutput dargestellt. Wie in Abschnitt C.III.3 ausgeführt, ist der überfüllbare „semi-public input“ so spezifiziert, daß ein „semi-public input“ bereits überfüllt ist. So nimmt bei gegebener Bereitstellungsmenge des „semi-public input“ (G) mit Zunahme der Unternehmensanzahl die Einsatzmenge pro Unternehmen ab, womit eine inputmengenmäßige Beeinträchtigung der etablierten Unternehmen innerhalb einer Branche entsteht. Daher wird Überfüllung in der Spezifikation des „semi-public input“ mit einer inputmengenmäßigen Beeinträchtigung gleichgesetzt. Demnach wird z.B. eine Zunahme der Überfüllung durch die Abnahme der Einsatzmenge pro Unternehmen, also dem Quotienten (G/n_y) bzw. (G/n_x), gemessen. Folglich muß eine Zunahme der Unternehmensanzahl bei gegebener Menge des „semi-public input“ eine negative Wirkung auf den Unternehmens- und Branchenoutput haben. Dies soll am Beispiel der Produktionsfunktion für die Branche Y verdeutlicht werden:

$$(D.1) \quad Y = n_y f_j \left(\frac{A_y}{n_y}, \frac{K_y}{n_y}, \frac{G}{n_y} \right).$$

Bei gegebenen Faktormengen (A_y, K_y, G) ergibt sich bei Variation der Unternehmensanzahl (n_y):

$$(D.2) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = \underbrace{\frac{Y_j}{n_y}}_{=GE} - \underbrace{\frac{\partial f_j}{\partial A_j} A_j - \frac{\partial f_j}{\partial K_j} K_j - \frac{\partial f_j}{\partial \left(\frac{G}{n_y} \right)} \frac{G}{n_y}}_{= \text{soz. Grenzkosten}} = 0 \quad \text{für} \quad \frac{G}{n_y} \leq \left(\frac{G}{n_y} \right)_{ii},$$

mit: $A_j = \frac{A_y}{n_y}$ und $K_j = \frac{K_y}{n_y}$,

$GE :=$ soziale Grenzerträge.

Da der letzte Term in der Mitte von (D.2) den negativen Effekt einer Verringerung der Einsatzmenge des „semi-public input“ pro Unternehmen darstellt, kann dieser a priori die Überfüllungskosten messen. Die Überfüll-

lungskosten, die ein neues Unternehmen in der Branche Y verursacht, nehmen mit zunehmender Überfüllung ab, weil sich die Grenzproduktivitäten der Faktoren aufgrund konstanter Einsatzverhältnisse und konstanter Skalenerträge nicht verändern, und A_j, K_j sowie der Wert des Quotienten (G/n_y) abnehmen (vgl. (D.2)). Folglich sinkt die Zuwachsrate der Überfüllungskosten mit zunehmender Überfüllung, was heißt, daß die sozialen Grenzkosten der Überfüllung mit zunehmender Unternehmensanzahl abnehmen. Sind sehr viele Unternehmen in der Branche Y , sind die Überfüllungskosten, die durch ein zusätzliches Unternehmen verursacht werden, zu vernachlässigen, weil sie sich dem Wert Null annähern. Jedoch ist es bei Annahme identischer Unternehmen nicht einleuchtend, warum ein zusätzliches Unternehmen bei geringer Anzahl an Unternehmen in der Branche Y höhere Überfüllungskosten verursacht als im Fall einer größeren Unternehmensanzahl. Dies widerspricht zudem dem Verlauf der Überfüllungskosten, der z.B. für das überfüllbare Gut Straße gemessen wird (vgl. Mohring, 1976, 16 f.; Walters, 1987, 572). Somit kann die durch die Spezifikation des „semi-public input“ implizierte Annahme über den Verlauf der Überfüllungskosten nicht plausibel begründet werden.

Darüber hinaus ist aus (D.2) ersichtlich, daß die Unternehmensanzahl bei gegebenen Einsatzmengen der Produktionsfaktoren für den Branchenoutput nicht relevant ist. Somit entsprechen die sozialen Grenzerträge den sozialen Grenzkosten des Eintritts eines Unternehmens in die Branche Y , unabhängig von der Anzahl der etablierten Unternehmen, einander. Daher kann kein effizientes Ausmaß der Überfüllung des „semi-public input“ $((G/n_y))$ ermittelt werden. Somit hat gemäß der Spezifikation des „semi-public input“ das Ausmaß der Überfüllung keine ökonomisch relevanten Effekte. Dies Ergebnis ist nicht plausibel, weil gerade die Berücksichtigung von Überfüllung im Modell, also dessen quantitative Erfassung, dem Zweck dienen soll, eine effiziente „Menge“ der Überfüllung zu bestimmen.

Wenn Überfüllung durch die Spezifikation des „semi-public input“ nicht widerspruchsfrei abgebildet werden kann, ist ebenfalls die Rivalität auf der Unternehmensebene nicht durch Überfüllung erklärbar. Daher ist zu schließen, daß der „semi-public input“ ein Produktionsfaktor ist, dessen Rivalität a priori technisch gegeben ist. Folglich kann der letzte Term in der Mitte von (D.2) keine Überfüllungskosten darstellen, so daß der „semi-public input“ theoretisch nicht haltbar ist.

2. Überfüllung durch private Primärfaktoren

In Abschnitt 1 ist gezeigt worden, daß die Spezifikation des „semi-public input“ keine Überfüllung abbildet. Im Unterschied zu diesem Fall werden mit dem „semi-public input II“ und den Zwischenprodukten der „Mischun-

gen II“ steigende Skalenerträge angenommen. Entsprechend dem Vorgehen bzgl. des „semi-public input“ soll auch für diese Fälle die Wirkung einer zunehmenden Überfüllung der Zwischenprodukte auf den Branchenoutput dargelegt werden. Auf Grundlage der Unternehmensproduktionsfunktion in Gleichung (C.57) läßt sich die folgende Branchenproduktionsfunktion formulieren:

$$(D.3) \quad Y = n_y f_j \left(\frac{A_y}{n_y}, \frac{K_y}{n_y}, \frac{G}{n_y^{d\phi}} \right) \quad \text{mit: } d = 1 \text{ und } 0 < \phi \leq 1.$$

Im Fall $\phi = 1$ bildet die Gleichung (D.3) das „semi-public input II“ ab, während für $0 < \phi < 1$ die Zwischenprodukte auf der Unternehmensebene eine horizontale Mischung darstellen, also zu einem bestimmten Grad (ϕ) rivalisierend sind, und damit zur Menge der „Mischungen II“ gehören. Da $d = 1$ ist, sind die durch die Produktionsfunktion in (D.3) angegebenen Spezifikationen staatlich bereitgestellter Zwischenprodukte überfüllt. Zur Ermittlung der Überfüllungskosten, die c. p. ein zusätzliches Unternehmen, das in die Branche Y eintritt, verursacht, wird bei gegebenen Faktormengen (A_y, K_y, G) die Unternehmensanzahl variiert:

$$(D.4) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = \underbrace{\underbrace{Y_j}_{=GE} - \frac{\partial f_j}{\partial A_j} A_j - \frac{\partial f_j}{\partial K_j} K_j - d\phi \frac{\frac{\partial f_j}{\partial \left(\frac{G}{n_y^{d\phi}} \right)}}{\frac{G}{n_y^{d\phi}}} \frac{G}{n_y^{d\phi}}}_{= \text{soz. Grenzkosten}} = -d\phi \frac{\frac{\partial f_j}{\partial \left(\frac{G}{n_y^{d\phi}} \right)}}{\frac{G}{n_y^{d\phi}}} \frac{G}{n_y^{d\phi}} < 0.$$

Somit bedingt ein zusätzliches Unternehmen, das in die Branche Y eintritt, eine Reduktion des Branchenoutputs (vgl. rechte Seite von (D.4)). Folglich könnte der Term auf der rechten Seite von (D.4) Überfüllungskosten darstellen, die das Unternehmen verursacht. Das Unternehmen erzielt bei effizienter Faktorentlohnung keinen Gewinn (vgl. (D.4)),² weil Nichtrivalität des Zwischenproduktes auf der Faktorebene, also lineare Homogenität in Arbeit und Kapital, angenommen wird (vgl. Abschnitt C.IV.1). Da zudem das Zwischenprodukt überfüllt ist ($d = 1$), existiert keine Unternehmensanzahl bei der die sozialen Grenzkosten und die sozialen Grenzerträge eines Unternehmenseintritts übereinstimmen. Folglich kann ein *effizientes* Gleichgewicht nur erreicht werden, wenn a priori *keine Überfüllung* ($d = 0$) zugelassen wird. Daher kann die Bereitstellung des „semi-public input II“ und der Zwischenprodukte der „Mischungen II“ alloktionstheoretisch nicht begründet werden.

² Folglich haben die Unternehmen keinen Anreiz in die Branche Y einzutreten, was jedoch für die Argumentation irrelevant ist.

Warum die Spezifikationen „semi-public input II“ und „Mischungen II“ eine ineffiziente Allokation bedingen, wird im folgenden erläutert. Die Unternehmen, die Verursacher der Überfüllung des „semi-public input II“ und der „Mischungen II“ sind, erzielen wie ausgeführt bei Eintritt in die Branche Y keinen Gewinn, also kein Einkommen aus der Verwendung eines Zwischenproduktes. Wenn die Zwischenprodukte nicht überfüllt sind ($d = 0$), entsprechen sie der Spezifikation des „factor-augmenting public input“ (vgl. Tabelle 4). Durch die Bereitstellung des „factor-augmenting public input“ werden die Produktivitäten von Arbeit und Kapital gesteigert, weil der „factor-augmenting public input“ nichtrivalisierend auf der Faktorebene ist (vgl. Abschnitt C.IV.1). So wirkt der „factor-augmenting public input“ *nur indirekt* über die privaten Primärfaktoren in einem Unternehmen, wodurch es zur Outputsteigerung kommt, die zu zusätzlichem Einkommen bei den Faktoreigentümern führt. Damit bedingt die Gutseigenschaft Nicht-rivalität auf der Faktorebene, daß die Nutzer, die den „factor-augmenting public input“ unmittelbar verwenden können, nur Arbeiter und Kapitalgüter sind. Daher werden ebenfalls das „semi-public input II“ und die Zwischenprodukte der „Mischungen II“ durch die privaten Inputs *direkt* genutzt. Wenn jedoch die direkten Nutzer überfüllter Zwischenprodukte Arbeiter und Kapitalgüter sind, können nur diese die staatlich bereitgestellten Zwischenprodukte überfüllen. Folglich ist es bei Nichtrivalität eines Zwischenproduktes auf der Faktorebene unmöglich, das Zwischenprodukt durch eine Zunahme der Unternehmensanzahl zu überfüllen. Somit bedingen die angeführten Spezifikationen überfüllter Zwischenprodukte ein ineffizientes Gleichgewicht, weil die Annahme der Nichtrivalität auf der Faktorebene nicht konsistent zur Annahme von Rivalität bzw. einer Mischung aus Rivalität und Nichtrivalität auf der Unternehmensebene ist. Dementsprechend bewirkt Nichtrivalität eines Zwischenproduktes auf der Faktorebene Nicht-rivalität auf der Unternehmens- und Branchenebene. Damit kann in den Fällen des „semi-public input II“ und der „Mischungen II“ eine vertikale und horizontale Mischung nicht durch Überfüllung erklärt werden, so daß überfüllte Zwischenprodukte, die auf der Faktorebene nichtrivalisierend sind, der Spezifikation eines *überfüllten* „factor-augmenting public input“ entsprechen müssen.

Da ebenso der „firm-internal public input“ nichtrivalisierend auf der Faktorebene verwendet werden kann, stellt sich dasselbe Ergebnis ein, was im folgenden gezeigt wird. Zur Vereinfachung sei angenommen, daß die Unternehmen in den Branchen X und Y mit dem gleichen Inputniveau des „firm-internal public input“, also $G_i = G_j$, produzieren. Dadurch vereinfacht sich die Nebenbedingung für ein „firm-internal public input“ zu folgender Restriktion (vgl. Tabelle 2):

$$(D.5) \quad G = (n_x + n_y)G_j.$$

Somit wird eine Zunahme der Überfüllung des „firm-internal public input“ durch eine Reduktion des Quotienten $(G/(n_y + n_x))$ erfaßt. Da das „firm-internal public input“ zwischen den Unternehmen innerhalb einer Branche und zwischen Unternehmen verschiedener Branchen überfüllt ist, wird sich eine Zunahme der Überfüllung in Outputverlusten der Branchen X und Y niederschlagen. Daher sind beide Branchenproduktionsfunktionen zu berücksichtigen, die aufgrund von (D.5) wie folgt lauten:

$$(D.6) \quad Y = n_y f_j \left(\frac{A_y}{n_y}, \frac{K_y}{n_y}, \frac{G}{n_y + n_x} \right),$$

$$(D.7) \quad X = n_x f_i \left(\frac{A_x}{n_x}, \frac{K_x}{n_x}, \frac{G}{n_y + n_x} \right).$$

Der Eintritt eines zusätzlichen Unternehmens, z.B. in die Branche Y , hat bei gegebenen Faktormengen (A_y, K_y, A_x, K_x, G) den folgenden Effekt auf den Output der Branche Y :

$$(D.8) \quad \begin{aligned} \frac{\partial Y}{\partial n_y} &= \underbrace{Y_j}_{=GE} - \frac{\partial f_j}{\partial A_j} A_j - \frac{\partial f_j}{\partial K_j} K_j - \underbrace{\frac{1}{n_y + n_x} \frac{\partial f_j}{\partial \left(\frac{G}{n_y + n_x} \right)} \frac{G}{n_y + n_x}}_{= \text{soz. Grenzkosten}} \\ &= - \frac{1}{n_y + n_x} \frac{\partial f_j}{\partial \left(\frac{G}{n_y + n_x} \right)} \frac{G}{n_y + n_x} < 0. \end{aligned}$$

Darüber hinaus ändert sich der Output von Branche X bei partieller Variation von n_y wie folgt:

$$(D.9) \quad \begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial n_y} &= - \frac{n_x}{n_y + n_x} \underbrace{\frac{\partial f_i}{\partial \left(\frac{G}{n_y + n_x} \right)} \frac{G}{n_y + n_x}}_{= \text{soz. Grenzkosten}} < 0. \end{aligned}$$

Folglich entstehen bei Eintritt eines Unternehmens in die Branche Y offensichtlich zusätzliche Überfüllungskosten zwischen den Unternehmen der Branche Y (vgl. unterer Term in Gleichung (D.8)) und denen der Branche X (vgl. rechte Seite von (D.9)). Aufgrund der Nichtrivalität auf der Faktorebene und der Annahme von Überfüllung bedingt der Eintritt eines Unternehmens in eine Branche höhere soziale Grenzkosten als soziale

Grenzerträge (vgl. (D.8) und (D.9)), so daß kein effizientes Gleichgewicht bei Bereitstellung des „firm-internal public input“ erreicht werden kann. Daher ist allokationstheoretisch auch die Bereitstellung des „firm-internal public input“ nicht begründbar. Dies ist – wie oben bereits angeführt – darauf zurückzuführen, daß Unternehmen bei Nichtrivalität des Zwischenproduktes auf der Faktorebene, dieses nur indirekt über die privaten Faktoren nutzen und daher keine Überfüllung verursachen können. Insgesamt folgt daraus, daß die Fälle „semi-public input II“, „Mischungen II“ und „firm-internal public input“ theoretisch nicht haltbar sind.

3. Rivalität auf der Branchenebene – eine andere Form der Überfüllung

In Abschnitt C.VI.2 ist ausgeführt worden, daß Nichtrivalität auf der Unternehmensebene und Rivalität auf der Branchenebene durch Überfüllung zwischen Unternehmen unterschiedlicher Branchen, jedoch nicht innerhalb einer Branche entstehen kann. Diese Gutseigenschaften, die die Spezifikationen des „industry congested public input“ und des „firm-augmenting public input II“ aufweisen, implizieren folgende Nebenbedingung (vgl. Tabelle 2):

$$(D.10) \quad G = G_j + G_i.$$

Aus (D.10) ist ersichtlich, daß eine Erhöhung der Unternehmensanzahl, z.B. in der Branche *Y* bei konstanter Unternehmensanzahl in der Branche *X* und gegebener Bereitstellungsmenge des „industry congested public input“ bzw. des „firm-augmenting public input II“ keine inputmengenmäßigen Beeinträchtigungen in den Unternehmen der Branche *X* verursacht. Daher bleibt der Output der Branche *X* konstant. Also bedingt eine Zunahme der Unternehmensanzahl in Branche *Y* c.p. keine Steigerung der Überfüllungskosten in Branche *X*. Folglich wird im Fall des „industry congested public input“ bzw. des „firm-augmenting public input II“ keine Überfüllung zwischen Unternehmen verschiedener Branchen abgebildet, so daß damit Rivalität auf der Branchenebene nicht begründet werden kann

Einzig, wenn eine neue Branche entsteht, würden die Einsatzmengen des „industry congested public input“ bzw. des „firm-augmenting public input II“ der Unternehmen in den etablierten Branchen reduziert werden. Dann würde Überfüllung c.p. allein durch eine Zunahme der Branchenanzahl verursacht. Folglich kann Rivalität auf der Branchenebene nur erklärt werden, wenn Überfüllung bei gegebener Bereitstellungsmenge des überfüllbaren Zwischenproduktes abweichend von der bisherigen Annahme nicht durch die Zunahme der Unternehmensanzahl, sondern durch die Zunahme der

Branchenanzahl entsteht. Dies Ergebnis ist jedoch nicht plausibel, was im folgenden verdeutlicht wird.³

Steht der betrachteten Ökonomie ein neues Konsumgut Z zur Verfügung, kann eine neue Branche Z durch Unternehmen entstehen, die aufgrund kurzfristig besserer Gewinnaussichten die Produktion der Konsumgüter X und Y aufgeben, um das neue Konsumgut Z zu produzieren. Verändert sich im langfristigen Gleichgewicht weder die Menge der eingesetzten Primärfaktoren noch die Anzahl der Unternehmen in der betrachteten Ökonomie und wird berücksichtigt, daß jedes Unternehmen Zugang zum staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt hat, ist jedoch eine Zunahme der Inanspruchnahme des staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes nicht möglich. Daher ist Überfüllung, die allein durch eine Zunahme der Branchenanzahl verursacht wird, nicht plausibel, so daß damit Rivalität auf der Branchenebene nicht erklärbar ist.

Zudem ist der „industry congested public input“ nichtrivalisierend auf der Faktorebene, so daß Überfüllung nur durch eine Zunahme der Primärfaktoren konsistent erklärt werden kann (vgl. Abschnitt 2). Folglich ist die Spezifikation eines „industry congested public input“ allein aus diesem Grund theoretisch inkonsistent. Auch der „firm-augmenting public input II“ verursacht einen weiteren Widerspruch, was u. a. im folgenden Abschnitt gezeigt wird.

4. Gesamtwirtschaftliche vs. unternehmensspezifische Effizienz

Dieser Abschnitt verdeutlicht, daß Rivalität auf der Faktorebene zusammen mit der Annahme einer anderen Gutseigenschaft auf der Unternehmensebene (Nichtrivalität bzw. horizontale Mischung) einen Widerspruch zwischen gesamtwirtschaftlicher (intersektoraler) und unternehmensspezifischer (intrasektoraler) Effizienz bedingt. Das wird zunächst anhand des „firm-augmenting public input“ gezeigt.

Die Definition des „firm-augmenting public input“ ist auf McMillan (1979, 294) zurückzuführen, der zwei von Henderson (1974, 323 f.) spezifizierte Unternehmensproduktionsfunktionen ökonomisch begründet. McMillan (1979, 294) schreibt: „These distinct economic interpretations [firm- and factor-augmenting public input] are implicit in the mathematical formulations of Henderson“. Rivalität innerhalb eines Unternehmens wird von McMillan (1979) unterstellt, um die Annahme fallender Durchschnittserträge in den Primärfaktoren produktionstheoretisch erklären zu können (vgl. Abschnitt C.IV.2). Zusammen mit Nichtrivalität auf der Unternehmens-

³ Nach Kenntnis des Autors existiert die Annahme, daß Überfüllung c.p. durch eine Zunahme der Branchenanzahl verursacht wird, in der Literatur nicht.

ebene hat Rivalität auf der Faktorebene den in Abschnitt C.III.2 beschriebenen Effekt, daß die Unternehmensanzahl als Input in aggregierten Produktionsfunktionen erscheint, und ein „trade off“ zwischen der Unternehmensanzahl und dem „firm-augmenting public input“ besteht. Aus der Branchenproduktionsfunktion ist ersichtlich (vgl. (C.32)), daß die Elastizität des Branchenoutputs bzgl. des „firm-augmenting public input“ der Elastizität des Branchenoutputs bzgl. der Unternehmensanzahl entspricht:

$$(D.11) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} \frac{n_y}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial G} \frac{G}{Y}.$$

Unter Berücksichtigung von $\frac{\partial f_j}{\partial G} = \frac{1}{n_y} \frac{\partial F_y}{\partial G}$ ergibt sich aus (D.11) folgende Gleichung:

$$(D.12) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = \frac{\partial f_j}{\partial G} G \quad \forall G, n_y > 0 \text{ und mit: } G = G_j.$$

Die rechte Seite von (D.12) gibt den Produktionsbeitrag des „firm-augmenting public input“ innerhalb eines Unternehmens an. Dieser entspricht dem zusätzlichen Branchenoutput, der durch die Gründung eines zusätzlichen Unternehmens entsteht (linke Seite von (D.12)). Die effiziente Unternehmensanzahl, die einem effizienten Unternehmensoutput zugeordnet ist, wird bei gegebenen branchenspezifischen Einsatzmengen dann erreicht, wenn durch die Gründung eines neuen Unternehmens keine Outputsteigerung mehr erzielbar ist:

$$(D.13) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = \frac{\partial f_j}{\partial G} G = 0.$$

An dieser Stelle ist der Branchenoutput maximal (vgl. Arnold, 1992, 36). Gemäß Bedingung (D.13) ist bei effizienter Unternehmensanzahl die Unternehmensgrenzproduktivität eines „firm-augmenting public input“ Null, so daß die Kaizuka-Regel (vgl. (C.19)), also die Bedingung für eine effiziente Bereitstellung des „firm-augmenting public input“, nicht gültig ist. Da Gleichung (D.13) Ergebnis der Rivalität auf der Faktorebene und Nichtrivalität des „firm-augmenting public input“ auf der Unternehmensebene ist, wird die Ungültigkeit der Kaizuka-Regel durch gerade diese Gutseigenschaften des „firm-augmenting public input“ verursacht.

Bei positiver Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ gilt die Kaizuka-Regel, die eine intersektoral effiziente Faktorallokation beinhaltet. Demgegenüber wird ein unternehmensinternes effizientes Einsatzverhältnis zwischen den Primärfaktoren Arbeit und Kapital und dem „firm-augmenting public input“ erreicht, wenn die Grenzproduktivität des „firm-

augmenting public input“ den Wert Null annimmt (vgl. (D.13)).⁴ Somit impliziert ein unternehmensinternes effizientes Faktoreinsatzverhältnis eine intersektorale ineffiziente Faktorallokation und vice versa. Dieser Widerspruch zwischen gesamtwirtschaftlicher und unternehmensspezifischer Effizienz resultiert, wie anhand von (D.12) gezeigt, allein aus den unterschiedlichen Annahmen der Gutseigenschaften eines „firm-augmenting public input“ für verschiedene Aggregationsebenen. Allerdings ist das Ergebnis, wonach eine effiziente Produktion in *allen* Unternehmen keine gesamtwirtschaftliche Effizienz impliziert und vice versa, ökonomisch unplausibel.⁵ Daher ist der „firm-augmenting public input“ theoretisch nicht haltbar. Dieses Resultat wird durch Aussagen in der Literatur gestützt, in denen darauf hingewiesen wird, daß kaum überzeugende Beispiele für ein „firm-augmenting public input“ angeführt werden können (vgl. Hillman, 1978, 277; McMillan, 1979, 297; Feehan, 1989, 245; 1997, 5).

Die Argumentation bzgl. eines „firm-augmenting public input“ ist ebenfalls auf die Spezifikation des „firm-augmenting public input II“ übertragbar, weil die Ursache des Widerspruchs auf der Annahme der Nichtrivalität auf der Unternehmensebene und der Rivalität auf der Faktorebene basiert. Im Unterschied zum „firm-augmenting public input“ ist der „firm-augmenting public input II“ rivalisierend auf der Branchenebene, so daß die Bereitstellungsregel nicht der Kaizuka-Regel entspricht (vgl. Tabelle 2). Die zur Bedingung (D.13) äquivalente Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl, z.B. in der Branche *Y*, die sich aus der Branchenproduktionsfunktion des „firm-augmenting public input II“ ergibt, lautet:

$$(D.14) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = \frac{\partial f_j}{\partial G_y} \cdot G_y = 0 \quad \text{mit: } G = G_i + G_j = G_x + G_y.$$

Somit kann die Bedingung für eine effiziente Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ (vgl. Tabelle 2) bei effizienter Unternehmensanzahl in einer Branche ebenfalls nicht erfüllt werden. Daraus resultiert der für den „firm-augmenting public input“ ausführlich beschriebene Widerspruch zwischen unternehmensinterner und gesamtwirtschaftlicher Effizienz. Folglich ist der „firm-augmenting public input II“ theoretisch nicht haltbar, weil (i) Rivalität auf der Branchenebene ökonomisch nicht plausibel ist (vgl. Abschnitt 3), und (ii) ein Widerspruch zwischen gesamtwirtschaftlicher und unternehmensspezifischer Effizienz entsteht.

⁴ Unternehmensinterne Effizienz impliziert im „firm-augmenting“-Fall brancheninterne Effizienz, weil der Branchenoutput maximal ist (vgl. (D.13)).

⁵ Diese Aussage gilt nicht, wenn z.B. branchenexterne Effekte vorliegen oder Unternehmen Marktmacht ausüben können, was jedoch im zugrunde liegenden Modell ausgeschlossen ist (vgl. Abschnitt C.II).

Im folgenden wird gezeigt, daß dieser Widerspruch auch bei Zwischenprodukten besteht, die auf der Faktorebene rivalisierend sind und auf der Unternehmensebene aufgrund von Überfüllung horizontal gemischte Güter darstellen. Diese Zwischenprodukte sind Mischungen aus dem „firm-augmenting public input“ und dem „semi-public input“, die in Tabelle 4 unter dem Begriff „Mischungen I“ zusammengefaßt sind (vgl. Abschnitt C.VI.3).

Für die zur Menge „Mischungen I“ gehörenden Zwischenprodukte kann die Beziehung zwischen der Bereitstellungsmenge und der Einsatzmenge pro Unternehmen durch die folgende Gleichung wiedergegeben werden (vgl. (C.58)):⁶

$$(D.15) \quad G = n_y^{d\phi} G_j \quad \text{mit: } d = 1 \text{ und } 0 < \phi < 1.$$

Da entsprechend dem „firm-augmenting“-Fall konstante Skalenerträge unterstellt sind, ergibt sich unter Berücksichtigung von Gleichung (C.57) die folgende Branchenproduktionsfunktion:

$$(D.16) \quad Y = F_y(A_y, K_y, n_y^{1-d\phi} G).$$

Mit Hilfe der Branchenproduktionsfunktion (D.16) läßt sich die Beziehung zwischen der Elastizität des Branchenoutputs bzgl. der Unternehmensanzahl und der Produktionselastizität eines gemischten Zwischenproduktes herleiten (vgl. Anhang III, ad (D.17)):⁷

$$(D.17) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} \frac{n_y}{Y} = (1 - d\phi) \frac{\partial Y}{\partial G} \frac{G}{Y}.$$

Da $n_y^{-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = \frac{1}{n_y} \frac{\partial Y}{\partial G}$ gilt, folgt (vgl. Anhang III, ad (D.18)):

$$(D.18) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = (1 - d\phi) \frac{\partial f_j}{\partial G_j} \underbrace{n_y^{-d\phi} G}_{G_j}.$$

Damit innerhalb eines Unternehmens ein effizientes Faktoreinsatzverhältnis erzielt werden kann, muß der Branchenoutput Y bei gegebenen Faktormengen (A_y, K_y, G) über die Unternehmensanzahl maximiert werden. Die notwendige Bedingung lautet:

⁶ Die Annahmen $d = 1$ und $0 < \phi < 1$ gelten ebenfalls für die Gleichungen (D.16)–(D.20).

⁷ Die Gleichung (D.17) ist für $d = 1$ und $\phi = 1$ nicht erfüllt, so daß die Gleichungen ((D.17)–(D.19)) nicht für den „semi-public input“ gelten (vgl. Tabelle 4).

$$(D.19) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = (1 - d\phi) \frac{\partial f_j}{\partial G_j} \underbrace{n_y^{-d\phi} G}_{G_j} = 0.$$

Für den Fall des gemischten Zwischenproduktes ($0 < \phi < 1$) ist die Bedingung (D.19) wie im „firm-augmenting“-Fall ($\phi = 0$) nur erfüllt, wenn die Grenzproduktivität des gemischten Zwischenproduktes gleich null ist. Jedoch muß für eine intersektorale effiziente Faktorallokation, also für gesamtwirtschaftliche Effizienz, folgende Bedingung gelten (vgl. (C.59)):

$$(D.20) \quad p_g = p_x n_x^{1-d\phi} \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + n_y^{1-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Gemäß (D.20) muß bei effizienter Bereitstellung eines gemischten Zwischenproduktes die Grenzproduktivität des Zwischenproduktes größer als null sein, so daß der für den „firm-augmenting“-Fall beschriebene Widerspruch entsteht. Daher sind die Spezifikationen der Zwischenprodukte der „Mischungen I“ theoretisch nicht haltbar.

Somit verursachen Zwischenprodukte, die *rivalisierend auf der Faktorebene* sind und eine *andere Gutseigenschaft*, also eine horizontale Mischung oder Nichtrivalität, auf der *Unternehmensebene* aufweisen, einen Widerspruch zwischen unternehmensspezifischer und gesamtwirtschaftlicher Effizienz.

5. Zusammenfassung

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Gutseigenschaften vertikaler Mischgüter zu theoretisch inkonsistenten Ergebnissen führen. Die Gutseigenschaften dürfen also *nicht* mit den angenommenen Aggregationsebenen variieren, was ebenso impliziert, daß keine horizontale Mischung auf der Unternehmensebene existieren kann. Da die Mischgüter bis auf den „firm-augmenting public input“ durch Überfüllung begründet werden, *sind die Gutseigenschaften technisch vorgegeben und in einem ökonomischen Modell nicht endogenisierbar*. Somit reduzieren sich die Tabellen 3 und 4 aus Abschnitt C auf den „unpaid factor“ und den „factor-augmenting public input“. Allerdings kann hinsichtlich der Gutseigenschaften nur der „factor-augmenting public input“ als *öffentliches* (d.h. nichtrivalisierendes) Zwischenprodukt bezeichnet werden. Im Gegensatz dazu handelt es sich beim „unpaid factor“ um ein *privates* (d.h. rivalisierendes) Gut, das staatlich bereitgestellt wird.⁸ Da ein „firm-augmenting public input“ theoretisch

⁸ Würde der „unpaid factor“ ebenfalls als öffentliches Zwischenprodukt bezeichnet, dann wäre dies allein auf die Nichtanwendung des Preisausschlusses zurückzu-

inkonsistent ist, obwohl die Gutseigenschaften technisch vorgegeben sind, und Rivalität auf der Unternehmens- und Branchenebene nicht durch Überfüllung begründet werden kann, ist offenbar die Faktorebene für die Bestimmung der Gutseigenschaften maßgeblich. Dieses Ergebnis bestätigt die Auffassung von Bowen (1942) und Samuelson (1954; 1969), wonach lediglich private und öffentliche Güter existieren, indessen keine Mischgüter.

Das Ergebnis, daß Mischgüter theoretisch nicht haltbar sind, wird durch empirische Beobachtungen bestätigt. Danach greift die Annahme, gemäß der Überfüllung bei gegebener Bereitstellungsmenge eines überfüllbaren Zwischenproduktes durch die Zunahme der Unternehmensanzahl verursacht wird, zu kurz (vgl. Pfähler et al., 1995, 93). So wird ein Stau, der z.B. durch 1000 LKW auf einer Straße verursacht wird, unabhängig davon sein, ob sich diese LKW auf ein, zwei oder mehrere Unternehmen aufteilen. Die Annahme, daß Überfüllung durch Zunahme der Unternehmensanzahl bedingt ist, muß implizit voraussetzen, daß jedes Unternehmen mit einer bestimmten Menge an privaten Faktoren ausgestattet ist. Nur durch eine Steigerung der Einsatzmengen derjenigen privaten Faktoren, die mit dem überfüllbaren Zwischenprodukt kombiniert werden, kann Überfüllung verursacht werden. Dann ist indessen die Überfüllung nicht von der Unternehmensanzahl, sondern allein vom Verhältnis der Einsatzmengen privater Faktoren in einer Branche zur Bereitstellungsmenge des öffentlichen Zwischenproduktes abhängig. Folglich sind Spezifikationen vertikal gemischter Zwischenprodukte, die durch Überfüllung aufgrund der Zunahme der Unternehmensanzahl bei gegebener Bereitstellungsmenge des jeweiligen Zwischenproduktes erklärt werden, *theoretisch und empirisch nicht haltbar*.

Eine Ausnahme bildet die Spezifikation des „firm-augmenting public input“, die keinen Überfüllungsfall darstellt. Der aufgezeigte Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall ist auf die Ungültigkeit der Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl zurückzuführen. Daher wird in der Literatur die Anwendbarkeit der Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl bezweifelt, und eine alternative Bereitstellungsregel hergeleitet. Eine Analyse dazu und zu Modellen, in denen offensichtlich ein langfristig effizientes Gleichgewicht mit einem „firm-augmenting public input“ erreichbar ist, wird im folgenden Abschnitt durchgeführt.

führen. Unter diesen Umständen entsteht das bereits beschriebene Problem: das Attribut „*öffentlich*“ läßt nicht mehr eindeutig auf eine bestimmte Gutseigenschaft, d.h. die Nichtrivalität im Konsum bzw. in der Nutzung, schließen, so daß die alloktionstheoretische Bedeutung der Gutseigenschaften vernachlässigt wird (vgl. Abschnitt C.I).

II. Der „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl

In Abschnitt D.I ist gezeigt worden, daß der „firm-augmenting public input“ theoretisch nicht haltbar ist. Dieses Ergebnis basiert darauf, daß die Kaizuka-Regel im „firm-augmenting“-Fall bei Annahme einer endogenen Unternehmensanzahl nicht gültig ist (vgl. Abschnitt C.IV). Nun leitet Kaizuka (1965) die Effizienzbedingung für die Bereitstellung öffentlicher Zwischenprodukte – die Kaizuka-Regel – unter der Annahme einer exogenen Unternehmensanzahl her. So kann der in Abschnitt D.I.4 aufgezeigte Widerspruch auch darauf zurückzuführen sein, daß die Kaizuka-Regel nicht bei endogener Unternehmensanzahl anwendbar ist.

Dieses Argument ist von Boadway (1973, 253) angeführt worden. Daher formuliert Boadway (1973, 253) auf Grundlage einer graphischen Analyse eine Bereitstellungsregel (im folgenden „*Boadway-Regel*“ genannt), die bei *endogener Unternehmensanzahl* anwendbar sein und eine *Alternative zur Kaizuka-Regel* darstellen soll. Im Anschluß an Boadway (1973) ist eine Kontroverse um die Anwendbarkeit der Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl im „firm-augmenting“-Fall entstanden (Henderson, 1974; Hillman, 1978; McMillan, 1979; Feehan, 1989; Richter, 1994). Da die Anwendbarkeit der Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl für andere Spezifikationen öffentlicher Zwischenprodukte wie einem „factor-augmenting public input“ (vgl. Hillman, 1978; 271; McMillan, 1979, 295 f.; Colombier/Pickhardt, 1999a, 13) und der Annahme einer homothetischen Produktionsfunktion (vgl. Arnold, 1980, 262 f.)⁹ unbestritten ist, konzentriert sich die Kontroverse auf den „firm-augmenting“-Fall.

Daher soll in diesem Abschnitt geklärt werden, ob (i) die Kaizuka-Regel in der langen Frist im „firm-augmenting“-Fall angewendet werden kann (vgl. Abschnitt 2) und (ii) das Ergebnis des Abschnitts D.I.4, wonach der „firm-augmenting public input“ theoretisch nicht haltbar ist, sich ebenfalls unter Konkurrenzbedingungen und weiterführenden Annahmen bestätigt (vgl. Abschnitt 3 und 4). Zur Klärung von Punkt (i) soll die von Boadway (1973) aufgestellte These, wonach die Boadway-Regel eine Alternative zur Kaizuka-Regel bei endogener Unternehmensanzahl ist, überprüft werden. Dazu wird die Boadway-Regel erstmalig analytisch hergeleitet.

Zunächst verdeutlicht Abschnitt 1, warum entgegengesetzt zu Boadways Annahmen das von Boadway modellierte öffentliche Zwischenprodukt ein „firm-augmenting public input“ ist.¹⁰ Im Anschluß daran präsentiert

⁹ Zur homothetischen Produktionsfunktion vgl. Abschnitt E.

¹⁰ Hierauf haben auch McMillan (1979, 296) und Feehan (1989, 240) hingewiesen.

Abschnitt 2 das Modell, in dessen Rahmen die Wohlfahrtseffekte eines „firm-augmenting public input“ analysiert werden (vgl. Abschnitt a)). Abschnitt b) untersucht den Effekt einer exogenen Erhöhung des „firm-augmenting public input“ auf den sozialen Überschuß. Basierend auf den Ergebnissen des vorhergehenden Abschnitts wird in Abschnitt c) die Boadway-Regel hergeleitet und mit der Kaizuka-Regel verglichen.

Abschnitt 3 zeigt auf, warum unter Konkurrenzbedingungen kein langfristig effizientes Marktgleichgewicht bei Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ zu erreichen ist. Anschließend wird in Abschnitt 4 dargelegt, in welcher Weise sich einige Modellerweiterungen auf die gesellschaftliche Wohlfahrt eines langfristigen Gleichgewichtes bei Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ auswirken.

1. Der Boadway-Fall – ein „firm-augmenting public input“

Boadway (1973, 245 u. 249) definiert ein öffentliches Zwischenprodukt mit Bezug auf Samuelson (1954) wie folgt: „A public factor is a factor whose services can be extended to additional users [i.e. firms] at no extra resource cost.“¹¹ Damit können die Leistungen eines öffentlichen Zwischenproduktes von mehreren Unternehmen simultan in Anspruch genommen werden, ohne daß die Bereitstellungsmenge des öffentlichen Zwischenproduktes ausgedehnt werden muß. Da nach Samuelson (1954, 387; 1969, 102) ein Gut öffentlich ist, wenn es mindestens zwei Nutzer simultan konsumieren können, ist Boadways Definition öffentlicher Zwischenprodukte entsprechend zu präzisieren. Demnach ist ein Zwischenprodukt öffentlich, wenn dieselbe Menge des Zwischenproduktes von mindestens zwei Unternehmen simultan verwendet werden kann (vgl. Abschnitt C.I).

Nach Boadway (1973, 251 f.) entspricht das so definierte öffentliche Zwischenprodukt der „creation of atmosphere“ – der von Meade (1952, 61 f.) angeführten Produktionsexternalität (vgl. Abschnitt C.IV.1). Abweichend von Meade (1952, 62), der lineare Homogenität *allein* in den privaten Produktionsfaktoren annimmt, legt Boadway (1973, 250) jedoch eine linearhomogene Produktionsfunktion in *allen* Produktionsfaktoren zugrunde. Meade (1952, 61) betont, daß die Produktionstechnologie auf die Guts-eigenschaft der „creation of atmosphere“, wonach Nichtrivalität zwischen den Unternehmen besteht, zurückzuführen ist. *Wenn das von Boadway definierte öffentliche Zwischenprodukt und die „creation of atmosphere“ dieselbe Guts-eigenschaft besitzen, indessen unterschiedliche Produktionsfunktionen unterstellt werden, entsteht bei Annahme der Relevanz der Guts-eigenschaften für die Produktionstechnologie ein Widerspruch.* Daher wird

¹¹ „[...]“ ist eine Hinzufügung des Autors.

im folgenden überprüft, ob die von Boadway (1973) angenommene Produktionstechnologie konsistent zur Annahme einer „creation of atmosphere“ ist.

Die von Boadway unterstellte lineare Homogenität bzgl. des öffentlichen Zwischenproduktes und den Primärfaktoren¹² impliziert, daß allein das Faktoreinsatzverhältnis die Produktivitäten bestimmt (vgl. Ferguson, 1969, 112). Wenn davon ausgegangen wird, daß ein öffentliches Zwischenprodukt aus Sicht eines Unternehmens exogen gegeben ist, kann ein Unternehmen den Output nur durch Variation des Arbeitseinsatzes verändern. Eine Steigerung des Arbeitseinsatzes führt zur unterproportionalen Outputzunahme, wodurch das Einsatzverhältnis zwischen öffentlichem Zwischenprodukt und Arbeit sowie die Arbeitsproduktivität sinken. Die Abnahme der Arbeitsproduktivität kann bei Annahme der Homogenität von Arbeit nur auf eine Veränderung der Arbeitsbedingungen zurückzuführen sein, die sich in der Variation des Faktoreinsatzverhältnisses widerspiegelt. Damit impliziert der Rückgang der Arbeitsproduktivität, daß die Ausstattung pro Arbeiter mit dem öffentlichen Zwischenprodukt durch die Zunahme des Arbeitseinsatzes abnimmt. Also steht einem Arbeiter vor dem Einsatz neuer Arbeiter mehr vom öffentlichen Zwischenprodukt zur Verfügung als danach. Bei gegebener Menge des öffentlichen Zwischenproduktes heißt dies, daß jeder Arbeiter einen Teil seiner Ausstattung mit dem öffentlichen Zwischenprodukt an neu eingesetzte Arbeiter abgeben muß. M. a. W.: Das öffentliche Zwischenprodukt ist zwischen den Arbeitern aufzuteilen, womit es *innerhalb eines Unternehmens – also auf der Faktorebene – rivalisierend* ist (vgl. Abschnitt C.IV.2). Aufgrund der Nichtrivalität auf der Unternehmens- und der Rivalität auf der Faktorebene, ist das von Boadway definierte öffentliche Zwischenprodukt ein „firm-augmenting public input“ (vgl. McMillan, 1979, 294 f.). Das Attribut „*öffentlich*“ bezieht sich dann *nur* auf die *Unternehmensebene* (vgl. Abschnitt C.V, Tabelle 1).

Wenn hingegen Meades (1952) „creation of atmosphere“ unterstellt wird, was eine linearhomogene Produktionsfunktion *allein in Arbeit* einschließt, führt eine Steigerung des Arbeitseinsatzes bei gegebener Menge der „creation of atmosphere“ zur proportionalen Zunahme des Outputs. Obwohl sich das Faktoreinsatzverhältnis zwischen dem öffentlichen Zwischenprodukt und Arbeit verändert hat, bleibt die Durchschnitts- und damit die Grenzproduktivität von Arbeit konstant. Aufgrund einer konstanten Arbeitsproduktivität ist zu schließen, daß sich trotz Variation des Faktoreinsatzverhältnisses die Arbeitsbedingungen nicht ändern. Somit bleibt die Ausstattung pro Arbeiter mit der „creation of atmosphere“ konstant. Also kann jeder Arbeiter weiterhin mit derselben Menge der „creation of atmosphere“ seine

¹² Basierend auf Boadways Modell (1973) wird im folgenden als einziger Primärfaktor Arbeit angenommen.

Tätigkeiten durchführen, so daß die „creation of atmosphere“ nichtrivalisierend auf der Faktorebene verwendet werden kann. Die Nichtrivalität auf der Faktorebene erklärt die Irrelevanz des Faktoreinsatzverhältnisses für die Arbeitsproduktivität, die allein durch die „creation of atmosphere“ bestimmt wird. Darüber hinaus impliziert eine konstante Arbeitsproduktivität bei gegebener Menge der „creation of atmosphere“ eine beliebige Wiederholbarkeit desselben Produktionsprozesses, was die Annahme der Nichtrivalität der „creation of atmosphere“ auf der Faktorebene zusätzlich stützt.¹³ Da Meades „creation of atmosphere“ sowohl auf der Unternehmens- als auch auf der Faktorebene nichtrivalisierend ist, entspricht sie einem „factor-augmenting public input“ (vgl. Abschnitt C.IV.1).

Damit lassen – wie bereits in Abschnitt C.IV ausgeführt – unterschiedliche Annahmen über die Skalenelastizität der Produktionsfunktion zwar identische Gutseigenschaften der Zwischenprodukte auf der Unternehmensebene zu, jedoch implizieren sie differierende Gutseigenschaften auf der Faktorebene, so daß Boadway mit einer linearhomogenen Produktionsfunktion in *allen* Faktoren nicht – wie von ihm angeführt – eine „creation of atmosphere“, sondern einen „firm-augmenting public input“ modelliert.¹⁴

2. Sozialer Überschuß und die Boadway-Regel

In diesem Abschnitt wird die These Boadways (1973, 253), wonach die Boadway-Regel bei endogener Unternehmensanzahl eine Alternative zur Kaizuka-Regel darstellt, untersucht. Dies schließt zugleich eine Analyse der Wohlfahrtswirkungen eines „firm-augmenting public input“ ein. So ist zur Herleitung der Boadway-Regel der Effekt einer exogenen Veränderung des „firm-augmenting public input“ auf den sozialen Überschuß darzulegen (vgl. Abschnitt b)). Anschließend wird die Boadway-Regel mit der Kaizuka-Regel verglichen (vgl. Abschnitt c)). Der folgende Abschnitt präsentiert zunächst das Modell, auf dem die Analyse basiert (vgl. Abschnitt a)).

a) Das Modell

Ausgehend von Boadways (1973, Abschnitt III.B) Analyse stellt dieser Abschnitt das Modell vor, in dessen Rahmen die Boadway-Regel entwickelt werden soll. Da die Boadway-Regel auf dem Konzept des sozialen Überschusses fußt, wird basierend auf den Annahmen des folgenden

¹³ Auf diesen Zusammenhang zwischen Gutseigenschaft eines Produktionsfaktors und Produktionstechnologie weist auch Romer (1990) hin.

¹⁴ Boadway (1973) konnte das von ihm angenommene öffentliche Zwischenprodukt nicht als „firm-augmenting public input“ identifizieren, da McMillan (1979) diese Bezeichnung erst 6 Jahre später in die Literatur einführt.

Modells das Konzept des sozialen Überschusses graphisch und im Unterschied zu Boadway (1973) ebenfalls analytisch dargestellt.

Analog zu Boadways (1973) Modell wird eine einzige Konsumgüterbranche (Y) betrachtet,¹⁵ aus deren Sicht der Lohnsatz (\bar{w}) vorgegeben ist.¹⁶ Somit ist diese Analyse partialanalytisch. Eine staatliche Institution stellt den Unternehmen dieser Branche den „firm-augmenting public input“ kostenlos zur Verfügung. Darüber hinaus kennt die staatliche Institution die Produktionstechnologie der privaten Unternehmen und hat kein Eigeninteresse. Die Menge des „firm-augmenting public input“ ist aus Sicht der Unternehmen vorgegeben. Aufgrund der Nichtrivalität des „firm-augmenting public input“ zwischen den Unternehmen der Branche Y kann jedes Unternehmen i dieselbe Menge simultan verwenden. Zudem besitzt jedes Unternehmen der Branche Y kostenlosen Zugang zur selben Produktionstechnologie, die eine linearhomogene Produktionsfunktion in Arbeit (A_i) und dem „firm-augmenting public input“ (G) umfaßt (vgl. Anhang IV, ad (D.21)).¹⁷

$$(D.21) \quad Y_i = f(A_i, G) \quad \text{mit: } i = 1, \dots, n.$$

Da der „firm-augmenting public input“ den Unternehmen kostenlos zur Verfügung gestellt wird, bestehen die Kosten eines Unternehmens lediglich aus Lohnkosten. Sowohl auf dem Arbeitsmarkt als auch auf dem Konsumgütermarkt herrschen vollständige Konkurrenz (vgl. Boadway, 1973, 256, Fn. 6). Die Konsumentenseite des Gütermarktes wird durch eine marshallianische Nachfragefunktion ($Y^d(p, \bar{w})$) repräsentiert.¹⁸

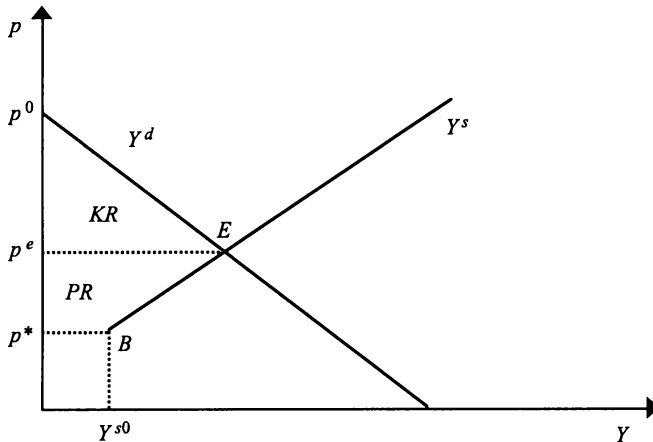
¹⁵ In dieser Arbeit werden nicht für alle ökonomischen Größen dieselben Symbole wie im Originaltext von Boadway (1973) gebraucht. Für den Unternehmensoutput verwendet Boadway (1973) das Symbol „ x “, während in dieser Arbeit „ Y_i “ für den Unternehmensoutput steht. Entsprechend gilt für den Marktpreis $p_x := p$, den Arbeitseinsatz $L^i := A_i$, die Marktnachfrage $D := Y^d$, das langfristige Marktangebot $S := Y_i^s$ und den Branchenoutput $X := Y$.

¹⁶ Der Lohnsatz entspricht dem Einkommen eines einzelnen Individuums, weil entsprechend Boadway (1973, 246) angenommen wird, daß jedes Individuum genau eine Einheit Arbeit anbietet.

¹⁷ Da die Literatur gewöhnlich eine linearhomogene Produktionsfunktion mit einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion assoziiert, wird darauf hingewiesen, daß die Funktion (D.21) keine Funktion vom Typ Cobb-Douglas darstellt. Dies ist auf Boadways (1973) Annahmen zurückzuführen. So kann die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ den Wert Null annehmen (vgl. Anhang IV, (IV.2)), was im Fall einer Cobb-Douglas-Funktion nicht möglich ist. Für ein Beispiel vgl. Anhang IV, ad (D.21).

¹⁸ Es wird eine marshallianische Nachfragefunktion angenommen, weil Boadway (1973, 246, 250 u. 253) den Nutzen der Individuen bei gegebenem Einkommen (\bar{w}) maximiert und nur einen ungefähren Wert für den sozialen Überschuß angibt. Somit wird im vorliegenden Modell ein Näherungswert für die Konsumentenrente und den

Das Konzept des sozialen Überschusses kann anhand der folgenden Abbildung erklärt werden:^{19,20}



Y^d := Marktnachfragefunktion

Y^s := Marktangebotsfunktion bei gegebener Unternehmensanzahl

Y^{s0} := Marktangebotsmenge für $p = p^*$

p := Marktpreis des Gutes Y

Y := Menge des Gutes Y

KR := Konsumentenrente

PR := Produzentenrente

Abbildung 1: Sozialer Überschuss für den Markt des Gutes Y

sozialen Überschuss angeben, was jedoch für die Ergebnisse irrelevant ist. Bei Annahme einer gewöhnlichen Nachfragefunktion kann die Konsumentenrente lediglich dann exakt gemessen werden, wenn die Präferenzen der Individuen quasilinear sind und das Einkommen eines Individuums nicht zu gering ist. Allerdings wäre unter diesen Annahmen die Nachfragefunktion im vorliegenden Modell nicht mehr vom Lohnsatz abhängig. Zur näheren Erläuterung der Nachfragefunktion vgl. Anhang IV, ad (D.26).

¹⁹ Zur Verdeutlichung der Darstellung werden die Angebots- und Nachfragekurven in den Abbildungen des Abschnitts D.II in linearisierter Form präsentiert. Darüber hinaus sind – wie üblich innerhalb der Ökonomie – in den Abbildungen die Inversen der Angebots- und Nachfragekurve dargestellt.

²⁰ An der Stelle $p = p^*$ produziert jedes Unternehmen im Durchschnittskostenminimum (vgl. Abbildung 2). Daher bieten sie für $p < p^*$ keine Ware an und produzieren an der Stelle $p = p^*$ die Menge Y^{s0} .

Zur Vereinfachung der Analyse der Abbildung 1 ist neben dem „firm-augmenting public input“ und dem Lohnsatz die Unternehmensanzahl exogen gegeben, so daß nur ein einziges Marktgleichgewicht existieren kann (vgl. (D.25) u. (D.26)). Der soziale Überschuß entspricht der Summe aus Konsumenten- und Produzentenrente ($S = KR + PR$). Die individuelle Konsumentenrente ist die Differenz zwischen der maximalen Zahlungsbereitschaft eines Konsumenten für eine bestimmte Konsummenge und den tatsächlichen Ausgaben für den Erwerb dieser Menge. Die aggregierte Konsumentenrente²¹ des Marktes Y wird durch das in Abbildung 1 dargestellte Dreieck $p^e Ep^0$ gemessen. Analytisch ergibt sich die Konsumentenrente in diesem Modell als Integral der marshallianischen Nachfragefunktion (Y^d), das zwischen dem gleichgewichtigen Marktpreis (p^e) und dem Marktpreis (p^0) liegt, bei dem die Nachfrage verschwindet:

$$(D.22) \quad KR = \int_{p^e}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \quad \text{mit: } \psi := \text{Integrationsvariable.}$$

Die Produzentenrente im Marktgleichgewicht E entspricht der Fläche $p^e Ep^*B$ in Abbildung 1, und ist mit den aggregierten Gewinnen der Branche Y gleichzusetzen, wenn, wie unterstellt, keine (kurzfristigen) Fixkosten angenommen werden (vgl. Varian, 1996, 373):²²

$$(D.23) \quad PR = \bar{n}(p^e Y_i^s(\hat{A}_i(p^e, \bar{w}, \bar{G}), \bar{G}) - \bar{w}\hat{A}_i(p^e, \bar{w}, \bar{G}))$$

mit: \hat{A}_i := gewinnmaximale Arbeitseinsatzmenge des Unternehmens i ,
 $\hat{A}_i(p, \bar{w}, \bar{G})$:= Arbeitsnachfragefunktion des Unternehmens i ,
 Y_i^s := Angebotsmenge des Unternehmens i ,
 $Y_i^s(\hat{A}_i(p, \bar{w}, \bar{G}), \bar{G})$:= Angebotsfunktion des Unternehmens i ,
 $\bar{n}Y_i^s = Y^s(p, \bar{n}, \bar{w}, \bar{G})$:= Marktangebotsfunktion.

Somit ist im Marktgleichgewicht (E) der soziale Überschuß durch die Summe der Konsumentenrente (D.22) und der Produzentenrente (D.23) gegeben (vgl. Abbildung 1):

²¹ Im folgenden werden die Begriffe „aggregierte Konsumentenrente“ und „Konsumentenrente“ gleichgesetzt.

²² In (D.23) wird die *Arbeitsnachfragefunktion* der Unternehmen verwendet, da lediglich gewinnmaximale Input-Output-Kombinationen beim Konzept der Produzentenrente betrachtet werden. Durch Einsatz der Arbeitsnachfragefunktion in die Produktionsfunktion (D.21) resultiert die Güterangebotsfunktion eines Unternehmens ($Y_i^s(\cdot)$), wobei $\frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) = \frac{\partial f}{\partial G}$ und $\frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} = \frac{\partial f}{\partial A_i}$ sind, wenn $A_i = \hat{A}_i$ gilt (vgl. Anhang IV, ad (D.23)).

$$(D.24) \quad \bar{S} = \int_{p^e}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi + \bar{n}(p^e Y_i^s(\hat{A}_i(p^e, \bar{w}, \bar{G}), \bar{G}) - \bar{w} \hat{A}_i(p^e, \bar{w}, \bar{G})).$$

Der soziale Überschuß (D.24) mißt c.p. die gesellschaftliche Wohlfahrt für das kurzfristige Marktgleichgewicht (E), so daß der soziale Überschuß ein Wohlfahrtsmaß darstellt. Das Konzept des sozialen Überschusses setzt voraus, daß die Pläne von Anbietern und Nachfragern konsistent zueinander sind und sich somit der Markt für das Konsumgut Y im Gleichgewicht befindet. Daher ist die Funktion des sozialen Überschusses vom *gleichgewichtigen* Marktpreis (p^e) abhängig (vgl. (D.24)).

b) Wohlfahrtseffekt eines exogenen „firm-augmenting public input“

Innerhalb des in Abschnitt a) entwickelten Modellrahmens soll nun der langfristige Effekt einer exogenen Erhöhung des „firm-augmenting public input“ auf den sozialen Überschuß und damit auf die gesellschaftliche Wohlfahrt dargestellt werden. Dazu wird zunächst gezeigt, daß bei exogen gegebenen „firm-augmenting public input“ das langfristige Marktgleichgewicht für das Konsumgut c.p. Pareto-effizient ist (vgl. Abschnitt aa)). Im Anschluß wird die Wirkung einer exogenen Zunahme des „firm-augmenting public input“ dargelegt (vgl. Abschnitt bb)). Der abschließende Abschnitt cc) zeigt die ökonomische Bedeutung der Ergebnisse auf. Zugleich stellen die Ergebnisse dieses Abschnitts einen erster Schritt zur Herleitung der Boadway-Regel dar.

aa) Das langfristige Marktgleichgewicht

Zur Erklärung des Konzeptes des sozialen Überschusses ist vereinfachend eine exogene Unternehmensanzahl angenommen worden. Jedoch wird bei vollständiger Konkurrenz freier Markteintritt und -austritt unterstellt, so daß die Unternehmensanzahl endogen ist. Bei exogenem „firm-augmenting public input“ und Lohnsatz beeinflusst eine Variation der Unternehmensanzahl das Marktgleichgewicht, was anhand der Bedingung für ein Marktgleichgewicht gezeigt werden kann. Die Bedingung für ein Marktgleichgewicht bestimmt den gleichgewichtigen Marktpreis (p^e):

$$(D.25) \quad Y^d(p^e, \bar{w}) = nY_i^s(p^e, \bar{G}, \bar{w}).$$

Bei Anwendung des impliziten Funktionentheorems folgt aus Bedingung (D.25), daß der gleichgewichtige Marktpreis eine Funktion der Unternehmensanzahl, des „firm-augmenting public input“ und des Lohnsatzes ist (vgl. Anhang IV, ad (D.26)):

$$(D.26) \quad p^e = p^e(n, \bar{G}, \bar{w}) \quad \text{mit: } \frac{\partial p^e}{\partial n} < 0, \frac{\partial p^e}{\partial \bar{G}} < 0, \frac{\partial p^e}{\partial \bar{w}} > 0.$$

Folglich beeinflusst bei exogenem „firm-augmenting public input“ und Lohnsatz eine Variation der Unternehmensanzahl den Gleichgewichtspreis und somit das Marktgleichgewicht (vgl. (D.26)). Wird die Gleichung (D.26) in die Funktion des sozialen Überschusses (D.24) eingesetzt, folgt:

$$(D.27) \quad S = \int_{p^e(n, \bar{G}, \bar{w})}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\ + n(p^e(n, \bar{G}, \bar{w}) Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(n, \bar{G}, \bar{w}), \bar{w}, \bar{G}), \bar{G})) \\ - \bar{w} \hat{A}_i(p^e(n, \bar{G}, \bar{w}), \bar{w}, \bar{G})) \quad \rightarrow \max_n.$$

Indem der soziale Überschuß (D.27) über die Unternehmensanzahl maximiert wird, kann bei endogener Unternehmensanzahl das Marktgleichgewicht ermittelt werden, für das die gesellschaftliche Wohlfahrt c.p. maximal ist. Die Effizienzbedingung für einen maximalen sozialen Überschuß lautet (vgl. Anhang IV, ad (D.28):

$$(D.28) \quad p^e = \frac{\bar{w} \hat{A}_i}{Y_i^s}.$$

Gemäß der Bedingung (D.28) muß im Maximum des sozialen Überschusses der Gleichgewichtspreis den Durchschnittskosten eines Unternehmens entsprechen.²³ Da die Unternehmen gewinnmaximierend produzieren, impliziert (D.28), daß die Durchschnittskosten mit den Grenzkosten übereinstimmen (vgl. Anhang IV, (IV.12)):

$$(D.29) \quad \frac{\bar{w} \hat{A}_i}{Y_i^s} = \frac{\bar{w}}{\frac{\partial f}{\partial A_i}}.$$

Die Unternehmen erzielen im Marktgleichgewicht bei maximalem sozialem Überschuß Nullgewinne (vgl. (D.28) u. (D.29)), so daß keine Produzentenrente entsteht (vgl. Abbildung 2b). Da bei Annahme freien Marktzutritts im Fall vollständiger Konkurrenz Unternehmen solange in den Markt treten bis keine Gewinne mehr erzielbar sind, entspricht offensichtlich das Markt-

²³ Das Maximum des sozialen Überschusses ist eindeutig (vgl. Anhang IV, (IV.33)).

gleichgewicht bei maximalem sozialem Überschuß dem langfristigen Konkurrenzgleichgewicht. Dies wird im folgenden begründet.

Anhand der Kostenfunktion eines Unternehmens läßt sich zeigen, daß die Bedingung (D.29) für ein Maximum des sozialen Überschusses bei exogenem „firm-augmenting public input“ und Lohnsatz zugleich die notwendige Bedingung für ein Minimum der Durchschnittskosten darstellt. Die Kostenfunktion eines Unternehmens ist (vgl. Anhang IV, ad (D.30)):

$$(D.30) \quad C = \bar{w}A_i(Y_i, \bar{G}),$$

mit: $A_i(\cdot) :=$ bedingte Arbeitsnachfragefunktion des Unternehmens i .

Aus Gleichung (D.30) kann die Durchschnittskostenfunktion eines Unternehmens i der Branche Y ermittelt werden:

$$(D.31) \quad \frac{C}{Y_i} = \frac{\bar{w}A_i(Y_i, \bar{G})}{Y_i} \rightarrow \min_{Y_i}.$$

Im Minimum der Durchschnittskosten muß gelten:

$$(D.32) \quad \frac{\partial \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{\partial Y_i} = \frac{\bar{w}Y_i \frac{\partial A_i}{\partial Y_i} - \bar{w}A_i}{Y_i^2} = 0.$$

Da der Nenner von (D.32) einen positiven Wert besitzt, muß der Zähler im Durchschnittskostenminimum gleich null sein, was äquivalent zur Bedingung (D.29) ist (vgl. Anhang IV, (IV.57)). Damit ist bei gegebenem „firm-augmenting public input“ und Lohnsatz der soziale Überschuß genau dann maximal, wenn die Unternehmen im Minimum der Durchschnittskosten – also an der Stelle (Y_i^*) in Abbildung 2a – produzieren. Da die Unternehmen bei minimalen Durchschnittskosten keinen Gewinn erzielen, muß bei freiem Marktzutritt im langfristigen Gleichgewicht der Marktpreis den minimalen Durchschnittskosten entsprechen (vgl. Abbildung 2b). Daher ist das langfristige Marktgleichgewicht bei exogenem „firm-augmenting public input“ c. p. Pareto-effizient.²⁴ Folglich ist die über den Allokationsmechanismus des Marktes bestimmte Unternehmensanzahl (n^*) wohlfahrtsmaximierend, so daß sich n^* ebenfalls durch die Bedingung für ein langfristiges Marktgleichgewicht ergibt. Dazu muß die langfristige Angebotsfunktion

²⁴ Ein langfristig effizientes Marktgleichgewicht für das Gut Y beinhaltet Pareto-Optimalität, wenn die in diesem Modell nicht betrachteten Märkte sich ebenfalls im langfristig effizienten Gleichgewicht befinden, und zudem angenommen wird, daß Änderungen der Modellvariablen keinen Einfluß auf die Gleichgewichte der exogenen Märkte ausüben.

(Y_i^s) ermittelt werden, die nur für den gleichgewichtigen Marktpreis gilt, der dem Minimum der Durchschnittskosten entspricht, also $p^e = p^*$. Daher verläuft die langfristige Angebotsfunktion horizontal (vgl. Abbildung 2b):²⁵

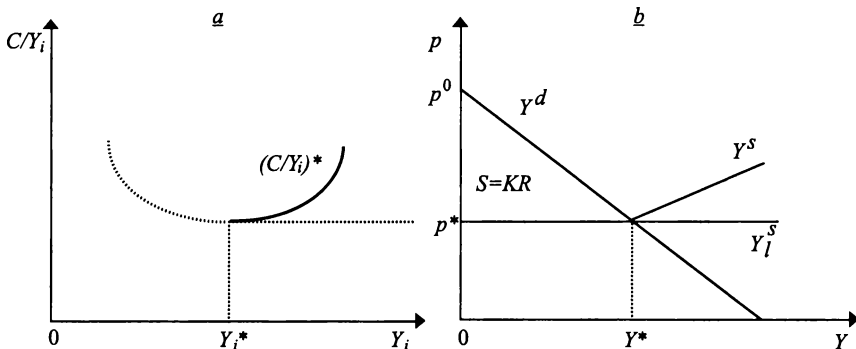
$$(D.33) \quad Y_i^s = Y_i^s(n, p^*, \bar{G}, \bar{w}) = nY_i^s(p^*, \bar{G}, \bar{w}).$$

Wird die langfristige Angebotsfunktion (D.33) in die Marktgleichgewichtsbedingung (D.25) eingesetzt, ergibt sich die Bedingung für ein langfristiges Marktgleichgewicht:

$$(D.34) \quad Y^d(p^e, \bar{w}) = Y_i^s(p^*, n, \bar{G}, \bar{w}) \Rightarrow p^e = p^* \wedge n = n^*.$$

Der langfristige Gleichgewichtspreis ($p^e = p^*$) ist durch die Angebotsfunktion (D.33) festgelegt, so daß die Gleichgewichtsbedingung (D.34) die wohlfahrtsmaximierende Unternehmensanzahl (n^*) bestimmt.

Als Zwischenergebnis bleibt festzuhalten, daß der soziale Überschuß im langfristigen Konkurrenzgleichgewicht bei exogenem „firm-augmenting public input“ und endogener Unternehmensanzahl maximal ist.



$$\text{mit: } Y^s = n^* Y_i^s(p, \bar{G}, \bar{w}), \\ Y_l^s = n Y_i^s(p^*, \bar{G}, \bar{w}).$$

Abbildung 2: Unternehmens- und Marktgleichgewicht bei maximalem sozialen Überschuß²⁶

²⁵ Jedes Unternehmen i produziert im langfristigen Gleichgewicht einen positiven Output (Y_i^s) (vgl. Abbildung 2a). Darum umfaßt die Definitionsmenge der langfristigen Marktangebotsfunktion (Y_l^s) den Nullpunkt nicht. Zur Vereinfachung der graphischen Darstellung ist jedoch die Marktangebotsfunktion in der Abbildung 2b und den folgenden Abbildungen bis zum Nullpunkt durchgezogen. Das impliziert, daß der Output eines Unternehmens i im Verhältnis zum Branchenoutput klein, und die Unternehmensanzahl auf dem Markt Y relativ groß ist.

²⁶ Die Elastizität, der in den Abbildungen 2a, 3a, 4a und 5a dargestellten Durchschnittskostenkurven, entspricht der partiellen Elastizität nach Y_i , da G ein Lageparameter der Durchschnittskostenkurve ist (vgl. Anhang IV, (IV.70)).

Bevor im folgenden Abschnitt die Wirkung einer Zunahme des „firm-augmenting public input“ auf den sozialen Überschuß untersucht wird, sollen noch zwei Hinweise zur Abbildung 2 gegeben werden:

(i) Neben der langfristigen Angebotsfunktion (Y_i^s) ist in Abbildung 2b diejenige kurzfristige Angebotsfunktion (Y^s) dargestellt, die sich für die effiziente Unternehmensanzahl (n^*) ergibt. Beim Gleichgewichtspreis p^* stimmt der Wert der kurzfristigen mit dem Wert der langfristigen Angebotsfunktion überein.

(ii) Darüber hinaus ist in Abbildung 2a im Unterschied zu Boddways Darstellung (1973, 254, Abb. 3a) der fallende Ast der Durchschnittskostenkurve gestrichelt eingezeichnet, weil kein rationales Unternehmen im Bereich $Y_i < Y_i^*$ der Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)^*$ produziert und die zugehörigen Produktionsprozesse technisch ineffizient sind. Dies läßt sich wie folgt begründen:

$$(D.35) \quad \frac{\partial \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{\partial Y_i} = \frac{w}{Y_i} \left(\frac{1}{\frac{\partial f}{\partial A_i}} - \frac{A_i}{Y_i} \right) < 0 \Leftrightarrow \frac{\partial f}{\partial A_i} > \frac{Y_i}{A_i} \text{ für } Y_i < Y_i^*.$$

Im Bereich $Y_i < Y_i^*$ sind die Durchschnittskosten streng monoton fallend (vgl. (D.35)), was einem Wert der Produktionselastizität der Arbeit von größer als eins ($\alpha > 1$) entspricht (rechte Gleichung von (D.35)).²⁷ Das impliziert bei Annahme einer linearhomogenen Produktionsfunktion ($\alpha + \beta = 1$) eine negative Produktionselastizität des „firm-augmenting public input“ ($\beta < 0$). Da $G > 0$ und $Y_i > 0$ sind, ist die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ negativ ($\frac{\partial f}{\partial G} < 0$). Dies ist dadurch erklärbar, daß im Verhältnis zur Arbeit zuviel vom „firm-augmenting public input“ in der Produktion eingesetzt wird.²⁸ Wenn der Wert des Faktoreinsatzverhältnisses (G/A_i) abnimmt, resultiert ab einem bestimmten Faktoreinsatzverhältnis eine positive Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ ($\frac{\partial f}{\partial G} > 0$) (vgl. Anhang IV, ad (D.21)). Angenommen die Reduktion von (G/A_i) wird durch eine Verringerung des „firm-augmenting public input“ verursacht, so daß $G < \bar{G}$ gilt. Dadurch verschiebt sich die

²⁷ Aus (D.35) läßt sich schließen, daß die Produktionselastizitäten der Produktionsfunktion (D.21) variabel sind. So muß in Analogie zu (D.35) für den steigenden Ast der Durchschnittskostenkurve $0 < \alpha < 1$ und somit $0 < \beta < 1$ gelten. Da die Produktionselastizitäten von einer endogenen Größe, (G/A_i), abhängen, sind sie selbst endogene Größen (vgl. Anhang IV, ad (D.21)).

²⁸ Zu dieser Erklärung vgl. Abschnitt C.IV.2 sowie Sraffa ([1925] 1986, 144 f.) und Cassels (1936, 226 ff.).

Durchschnittskostenkurve. Entsprechend dem Verhalten der Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ steigt die Ertragskurve des „firm-augmenting public input“ zunächst streng monoton an ($\frac{\partial f}{\partial G} > 0$), um schließlich streng monoton zu fallen ($\frac{\partial f}{\partial G} < 0$), so daß die Produktionsprozesse im streng monoton steigenden Bereich der Ertragskurve die Produktionsprozesse im streng monoton fallenden Bereich dominieren. Folglich sind die Produktionsprozesse (A_i, \bar{G}, Y_i) mit $Y_i < Y_i^*$, für die $\frac{\partial f}{\partial G} < 0$ gilt, technisch ineffizient, so daß im gestrichelten Bereich der Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)^*$ die Produktionsfunktion (D.21) nicht definiert ist.²⁹

Zudem gilt im Fall von $\alpha > 1$ unter Berücksichtigung der notwendigen Bedingung für ein Gewinnmaximum (vgl. Anhang IV, (IV.12)):

$$(D.36) \quad \pi_i^* = pY_i \underbrace{(1 - \alpha)}_{< 0} < 0 \quad \text{für } \alpha > 1.$$

Die Gleichung (D.36) zeigt, daß die Unternehmen bei gegebenen „firm-augmenting public input“ im Bereich $Y_i < Y_i^*$ Verluste erzielen, so daß kein rationales Unternehmen die entsprechenden Produktionsprozesse wählt. Daher ist der fallende Ast der Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)^*$ nicht nur technisch, sondern ebenfalls ökonomisch irrelevant.

bb) Exogene Zunahme des „firm-augmenting public input“

Ausgehend vom langfristigen Marktgleichgewicht (p^*, Y^*) und dem Unternehmensgleichgewicht Y_i^* wird nun der Effekt einer exogenen Erhöhung des „firm-augmenting public input“ auf den sozialen Überschuß untersucht. Dieser Abschnitt zeigt auf, daß sich Boadways (1973, 254 f.) intuitiv plausibles Ergebnis, was im folgenden dargelegt wird, nicht einstellen kann.

²⁹ Die Schlußfolgerung, daß die Produktionsprozesse (A_i, \bar{G}, Y_i) mit $Y_i < Y_i^*$ technisch ineffizient sind, basiert auf einer gesamtwirtschaftlichen Sichtweise. Für ein einzelnes Unternehmen ist die Einsatzmenge des „firm-augmenting public input“ vorgegeben, so daß das Unternehmen die Menge des „firm-augmenting public input“ nicht verändern kann. In diesem Sinne ist die Produktionstechnologie für ein einzelnes Unternehmen eingeschränkt, womit die Produktionsprozesse (A_i, \bar{G}, Y_i) für $Y_i < Y_i^*$ aus einzelwirtschaftlicher Sicht technisch effizient wären. Ausgehend von diesem Standpunkt wäre die Produktionsfunktion im gestrichelten Bereich von $(C/Y_i)^*$ definiert. Allerdings gibt es ein gewichtiges Argument die Produktion aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu betrachten. So besteht aufgrund des Stands des technischen Wissens in der Volkswirtschaft die *technische Möglichkeit* beliebige Outputs unterhalb von Y_i^* mit einer geringeren Menge des „firm-augmenting public input“ als \bar{G} zu produzieren.

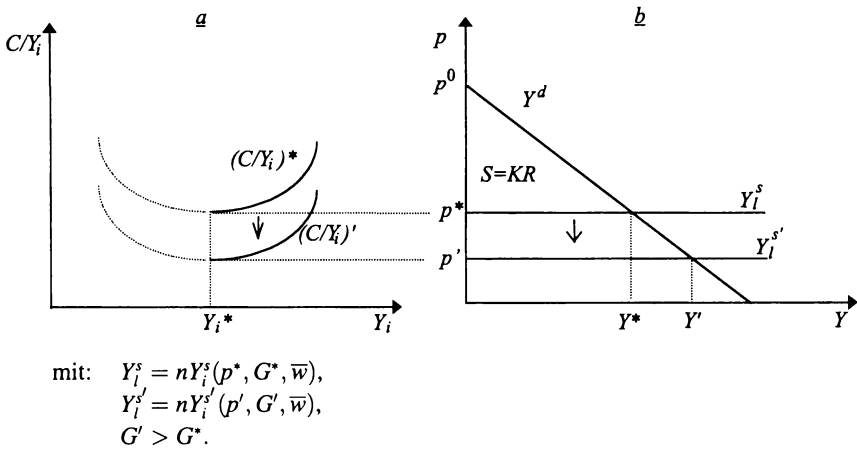


Abbildung 3: Verschiebung der Durchschnittskostenkurve $\left(\frac{C}{Y_i}\right)$ und der Angebotsfunktion Y_l^s durch $dG > 0$ gemäß Boadway (1973, 254 Abb. 3a u. 3b).

Erhöht die staatliche Institution den Output des „firm-augmenting public input“, verschiebt sich gemäß Boadway (1973, 253) die Durchschnittskostenkurve jedes Unternehmens vertikal nach unten, ohne daß sich der Unternehmensoutput (Y_i^*) verändert. Dementsprechend bewegt sich die horizontal verlaufende Angebotskurve Y_l^s nach unten, wodurch bei gegebener Nachfragekurve (Y^d) der Marktpreis von p^* auf p' sinkt. Damit steigt die Gleichgewichtsmenge von Y^* auf Y' , so daß bei konstant gebliebenen Unternehmensoutput (Y_i^*) die Unternehmensanzahl gestiegen sein muß. Der Anstieg der Unternehmensanzahl ist dadurch zu erklären, daß die etablierten Unternehmen nach Zunahme von G aufgrund der gesunkenen Durchschnittskosten Gewinne erzielen können. Die Gewinnaussichten bieten einen Anreiz für weitere Unternehmen in den Markt zu treten bis keine Gewinne mehr erzielt werden können. Nach Boadways Analyse wächst der soziale Überschuß durch eine Erhöhung des „firm-augmenting public input“ (vgl. Abbildung 3b). Zentral für dieses Ergebnis ist, daß eine Steigerung des „firm-augmenting public input“ die minimalen Durchschnittskosten der Unternehmen reduziert. Das wird im folgenden auf Basis der von Boadway (1973) angenommenen Produktionsfunktion überprüft.

Die Annahme einer linearhomogenen Produktionsfunktion bedingt, daß die Durchschnittskostenfunktion (D.31) allein vom Faktoreinsatzverhältnis (g) zwischen dem „firm-augmenting public input“ und der Arbeitseinsatzmenge pro Unternehmen abhängig ist. Aufgrund der Annahme linearer Homogenität kann die Produktionsfunktion (D.21) wie folgt formuliert werden:

$$(D.37) \quad Y_i = A_i z(g) \quad \text{mit: } g = \frac{G}{A_i}.$$

Das Ersetzen von Y_i auf der rechten Seite von (D.31) durch die Produktionsfunktion (D.37) führt dann zu folgendem Ausdruck für die Durchschnittskosten:

$$(D.38) \quad \frac{C}{Y_i} = \frac{\bar{w}}{z(g)} \rightarrow \min_g.$$

Werden die Durchschnittskosten über g minimiert, resultiert als notwendige Bedingung:

$$(D.39) \quad \frac{d\left(\frac{C}{Y_i}\right)}{dg} = -\frac{\bar{w}z'(g)}{z(g)^2} = 0 \Rightarrow z'(g) = 0.$$

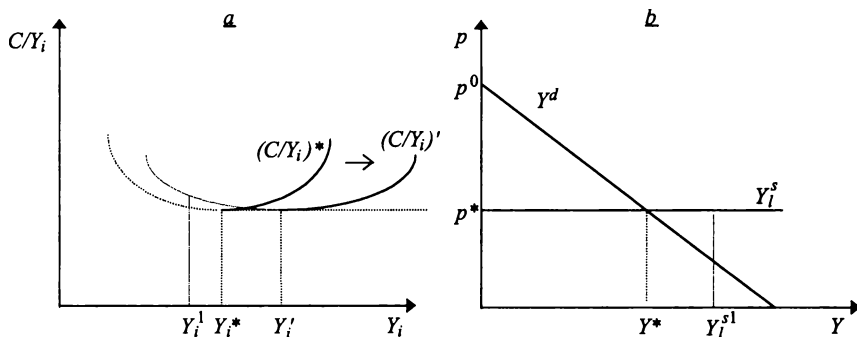
Darüber hinaus ist die zweite Ableitung der Durchschnittskostenfunktion positiv, so daß nur für ein einziges Faktoreinsatzverhältnis ($g = g^*$) ein Minimum der Durchschnittskosten existiert. Also ist das Minimum der Durchschnittskosten eindeutig (vgl. Anhang IV, ad (D.39)a)). Folglich müssen die Arbeitseinsatzmenge pro Unternehmen proportional zu G und die Kosten der Unternehmen proportional zu ihrem Output steigen, damit die Unternehmen nach einer Erhöhung des „firm-augmenting public input“ wieder im Minimum der Durchschnittskosten produzieren können. *Daher ist es – abweichend zu Boadways Darstellung (vgl. Abbildung 3a) – nicht möglich, die minimalen Durchschnittskosten eines Unternehmens durch eine Zunahme des „firm-augmenting public input“ zu reduzieren, so daß die Durchschnittskostenkurve jedes Unternehmens nicht nach unten, sondern nach rechts verschoben wird (vgl. Abbildung 4a).³⁰ Da die Unternehmen zum Verbleib im Markt zumindest ihre Durchschnittskosten decken müssen, kann sich die langfristige Angebotsfunktion ebenfalls nicht nach*

³⁰ Darüber hinaus muß die Steigung der Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)'$ flacher verlaufen als die der ursprünglichen Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)^*$, weil die partielle Elastizität der Durchschnittskostenkurve nach Y_i und die Durchschnittskostenfunktion allein vom Faktoreinsatzverhältnis (g) abhängig sind (vgl. (D.38) u. Anhang IV, (IV.70)). Damit ist einem bestimmten Faktoreinsatzverhältnis, z.B. g_1 , jeweils ein einziger Wert der Durchschnittskosten und der Elastizität der Durchschnittskosten zugeordnet, so daß eine Zunahme des „firm-augmenting public input“ neben einer Rechtsverschiebung eine abnehmende Krümmung der Durchschnittskostenkurve verursacht. Ökonomisch ist dies darauf zurückzuführen, daß ein höheres G eine höhere Arbeitsproduktivität bedingt, und somit der Kostenanstieg eines Unternehmens im Zuge einer Outputsteigerung geringer ist. Diese Argumentation ist für eine Reduzierung von G genau umzukehren (vgl. auch Abschnitt D.II.3.a)).

unten verschieben (vgl. Abbildung 4b). Somit bleibt der langfristige Gleichgewichtspreis ($p^e = p^*$) unabhängig von einer Zunahme des „firm-augmenting public input“ konstant, was sich in der Bedingung für ein langfristiges Marktgleichgewicht bei endogenem „firm-augmenting public input“ widerspiegelt:

$$(D.40) \quad Y^d(p^e, \bar{w}) = Y_l^s(p^*, n, G, \bar{w}) \Rightarrow p^e = p^*.$$

Daher ändert sich das langfristige Marktgleichgewicht (p^*, Y^*) nicht, wenn die staatliche Institution den „firm-augmenting public input“ erhöht. *Folglich bleibt im Unterschied zu Boadways Ergebnissen der soziale Überschuß konstant, obwohl dieselben Annahmen wie in Boadways Modell getroffen werden. Daher ist eine exogene Variation des „firm-augmenting public input“ wohlfahrtsneutral.*



mit: $Y_l^s = nY_i^s(p^*, G, \bar{w})$

Abbildung 4: Modifikation der Abbildung 3 entsprechend der Annahme einer linearhomogenen Produktionsfunktion

Darüber hinaus reduziert sich abweichend zu Boadways Ergebnis die Unternehmensanzahl im Zuge einer Zunahme des „firm-augmenting public input“, weil bei unverändertem Marktgleichgewicht der die Durchschnittskosten minimierende Unternehmensoutput von Y_i^* auf Y_i' steigt. Dieser „trade off“ zwischen dem „firm-augmenting public input“ und der Unternehmensanzahl basiert auf den Eigenschaften der Produktionsfunktion (D.21) (vgl. Anhang IV, (IV.82)):³¹

³¹ Zum „trade off“ zwischen „firm-augmenting public input“ und Unternehmensanzahl vgl. auch Abschnitt C.III.2.

$$(D.41) \quad \frac{dn}{dG} \frac{G}{n} = -1.$$

Die Abnahme der Unternehmensanzahl wird im folgenden Abschnitt begründet.

cc) Fusionsanreiz durch ein „firm-augmenting public input“

Dieser Abschnitt zeigt auf, daß es für die Unternehmen rational ist, im Zuge einer Erhöhung des „firm-augmenting public input“ zu fusionieren. Dies ergibt sich aus dem Ergebnis des vorhergehenden Abschnitts, wonach sich bei Variation des „firm-augmenting public input“ das Unternehmensgleichgewicht verändert, jedoch nicht das Marktgleichgewicht (p^* , Y^*). Da jedes Unternehmen im langfristigen Marktgleichgewicht mit minimalen Durchschnittskosten produziert, gilt (vgl. (D.39) u. Anhang IV, (IV.2)):

$$(D.42) \quad z'(g^*) = \frac{\partial f}{\partial G}(g^*) = 0.$$

Nach Erhöhung von G ist $g > g^*$, so daß die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ aufgrund der linearen Homogenität der Produktionsfunktion negativ wird (vgl. Anhang IV, (IV.9)). Daher reduziert die Zunahme des „firm-augmenting public input“ bei gegebener Arbeitseinsatzmenge pro Unternehmen den Output von Y_i^* auf Y_i^1 und verschiebt die Durchschnittskostenkurve eines Unternehmens nach rechts (vgl. Abbildung 4a). Aufgrund der negativen Grenzproduktivität von G würden die Unternehmen Y_i^1 mit Verlusten und technisch ineffizient – also im gestrichelten Bereich der nun relevanten Durchschnittskostenkurve $(C/Y_i)'$ – produzieren (vgl. Abbildung 4a u. (D.36)). Jedoch verlassen die Unternehmen den Markt des Konsumgutes Y nicht, weil sie wissen, daß sie durch eine Erhöhung des Arbeitseinsatzes die Menge Y_i^1 zum antizipierten Marktpreis p^* gewinnmaximal produzieren können. Wenn jedes Unternehmen seine Produktion auf den gewinnmaximierenden Output Y_i^1 erhöht, ist bei p^* das Marktangebot, z. B. Y_i^{11} , größer als die Marktnachfrage $Y^{d*}(= Y^*)$ (vgl. Abbildung 4). In der Folge könnten einige Unternehmen ihre geplante Angebotsmenge (Y_i^1) nicht absetzen. Da die Unternehmen mit minimalen Durchschnittskosten produzieren, ist es ihnen nicht möglich durch eine Preissenkung zusätzliche Nachfrage anzulocken, so daß einige Unternehmen aus dem Markt treten müßten.³² Somit ist jedes Unternehmen durch

³² Das beschriebene Szenario ist der bestmögliche Fall, weil die Marktnachfrage befriedigt werden kann. Da die Unternehmen identisch sind, verteilt sich die Marktnachfrage jedoch zufällig auf die Unternehmen. Daher kann es auch sein, daß kein Unternehmen seine Angebotsmenge absetzen könnte. Dann würde nicht nur das Angebot rationiert, sondern der Markt für das Konsumgut würde zusammenbrechen.

die Zunahme des „firm-augmenting public input“ von der Schließung bedroht. Aufgrund der Modellannahmen der vollständigen Konkurrenz kennt jedes Unternehmen die Marktnachfrage Y^{d*} zum Marktpreis p^* . So setzt die Entscheidung eines Unternehmens sich als Mengenanpasser zu verhalten voraus, daß es über die Anbieteranzahl auf dem Markt des Gutes Y informiert ist. Da zudem jedes Unternehmen die Produktionstechnologie von Y kennt, ist ihnen nicht nur der gleichgewichtige Marktpreis p^* , sondern auch die gleichgewichtige Menge Y^* und somit die entsprechende Marktnachfrage Y^{d*} bekannt. Aufgrund dieser Informationen weiß jedes Unternehmen, daß ein Ausscheiden aus dem Markt des Gutes Y nur dann verhindert und somit die gewinnmaximale Produktionsmenge (Y_i') abgesetzt werden kann, wenn sich die Gesamtproduktion der Branche Y nicht erhöht. Da jedem Unternehmen bekannt ist, daß jeder Anbieter zur gewinnmaximalen Produktion ihren Arbeitseinsatz ausweiten muß, wird jedes Unternehmen zum Ausschluß des Marktaustrittsrisikos die zusätzlich notwendige Arbeitseinsatzmenge nicht auf dem Arbeitsmarkt beschaffen. Vielmehr ist es für jedes Unternehmen rational die notwendige Anpassung der Arbeitseinsatzmenge durch eine Fusion mit anderen Unternehmen, die sich ebenfalls auf dem Markt des Konsumgutes Y befinden, vorzunehmen. Folglich wird die Unternehmensanzahl nicht durch Marktaustritte, sondern durch Fusionen reduziert, und die Arbeitseinsatzmenge in der Industrie bleibt konstant.

Damit kann die staatliche Institution durch Ausweitung des „firm-augmenting public input“ keine Zunahme der Beschäftigung in der Branche Y bewirken. Zudem vermindert sich die Anbieteranzahl auf dem Markt des Konsumgutes Y ,³³ so daß es zur Oligopolisierung des Marktes kommen kann. In diesem Fall mündet das Modell der vollständigen Konkurrenz in Modellen des strategischen Unternehmerverhaltens, was einen Wechsel des Allokationsmechanismus impliziert. So kann eine Erhöhung des „firm-augmenting public input“ einen Wohlfahrtsverlust verursachen. Diese intuitive Einsicht bestätigt sich bei Einbezug der Produktionskosten des „firm-augmenting public input“, was in Abschnitt D.II.3.a) gezeigt wird. Zunächst wird im folgenden Abschnitt die Effizienzbedingung für die Bereitstellung eines „firm-augmenting public input“ dargelegt.

c) Die Boadway-Regel – eine Alternative zur Kaizuka-Regel?

Auf Grundlage der Modellanalyse des Abschnitts b) wird die Boadway-Regel hergeleitet, indem die gesellschaftliche Wohlfahrt – ergänzend zu

³³ Somit ist die Bezeichnung „firm-augmenting“ nicht geeignet (vgl. auch Colombier, 1999).

Abschnitt b) – c.p. bei endogenem „firm-augmenting public input“ maximiert werden soll. Damit ist die Boadway-Regel im Gegensatz zur Kaizuka-Regel, die auf Grundlage eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells entwickelt wurde (Kaizuka, 1965), Ergebnis einer Partialanalyse.

Im vorhergehenden Abschnitt ist die Variation des „firm-augmenting public input“ als exogen betrachtet worden. So berücksichtigt der soziale Überschuß lediglich die Kosten, welche in den Unternehmen entstehen. Jedoch verändern sich bei Variation des „firm-augmenting public input“ dessen Produktionskosten, so daß der soziale Überschuß als Wohlfahrtsmaß bei endogenem „firm-augmenting public input“ ungeeignet ist. Daher wird als Wohlfahrtsmaß nun die Differenz zwischen sozialem Überschuß (S) und den Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ (C_G) gewählt. Diese Differenz soll Nettoüberschuß (N) heißen:³⁴

$$(D.43) \quad N = S(p^e(n, G, \bar{w}), n, G, \bar{w}) - C_G(G) \rightarrow \max_{n, G}.$$

Die gesellschaftliche Wohlfahrt ist bei fixem Lohnsatz maximal, wenn der Nettoüberschuß (N) durch die Unternehmensanzahl (n) und den „firm-augmenting public input“ (G) maximiert werden kann. Dazu muß neben der Effizienzbedingung (D.28) die folgende Bedingung, die durch die partielle Differenzierung von N nach G resultiert, erfüllt sein:

$$(D.44) \quad \frac{\partial S}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Gemäß der Regel (D.44) sollte der Staat gerade so viele Einheiten des „firm-augmenting public input“ bereitstellen, daß die Grenzkosten (rechte Seite von (D.44)) dem Zuwachs des sozialen Überschusses durch die letzte bereitgestellte Einheit des „firm-augmenting public input“ (linke Seite von (D.44)) entsprechen, um den Nettoüberschuß und somit die gesellschaftliche Wohlfahrt zu maximieren. Unter Berücksichtigung der Funktion des sozialen Überschusses (vgl. (D.27)) kann die Bedingung (D.44) auch wie folgt formuliert werden (vgl. Anhang IV, ad (D.45)):

$$(D.45) \quad p^e n \frac{\partial f}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Gemäß (D.45) muß die staatliche Institution den „firm-augmenting public input“ so bereitstellen, daß die mit dem Marktpreis p^e bewertete Summe der Grenzerträge des „firm-augmenting public input“ (linke Seite von

³⁴ Die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ sind mit dem Marktpreis (p) bewertet.

(D.45)) den Grenzkosten der Produktion des „firm-augmenting public input“ entsprechen (rechte Seite von (D.45)). Folglich ist der Zuwachs des sozialen Überschusses identisch zur Summe der Wertgrenzerträge des „firm-augmenting public input“. Die Bedingung (D.45) beinhaltet dieselbe Aussage wie die Kaizuka-Regel (vgl. Abschnitt C.II.1), so daß sie das partialanalytische Äquivalent der Kaizuka-Regel ist. Nach Boadway (1973, 253) ist jedoch die Kaizuka-Regel – dementsprechend (D.45) – nur anwendbar, wenn die Unternehmensanzahl exogen ist. Hingegen sollte die staatliche Institution nach Boadway (1973) bei endogener Unternehmensanzahl eine andere Regel – die Boadway-Regel – befolgen.

Zur Herleitung der Boadway-Regel wird der Vorgehensweise von Boadway (1973, 252 f.) gefolgt. Wie schon in Abschnitt b) dargelegt ermittelt Boadway (1973) zunächst die effiziente Unternehmensanzahl, die sich im langfristigen Marktgleichgewicht einstellt. Dann betrachtet Boadway (1973) in welcher Weise eine Erhöhung des „firm-augmenting public input“ auf ein langfristiges Marktgewicht wirkt, um die Veränderung des sozialen Überschusses zu ermitteln und diese mit den zusätzlichen Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ zu vergleichen.

Folglich ist ein langfristiges Marktgleichgewicht vorauszusetzen, womit für den gleichgewichtigen Marktpreis gilt (vgl. Abschnitt b)):

$$(D.46) \quad p^* = p^e(n, G, \bar{w}).$$

Da in der langen Frist nur ein einziger Gleichgewichtspreis existiert (vgl. (D.46)), ist die Unternehmensanzahl langfristig eine Funktion des „firm-augmenting public input“ (vgl. Anhang IV, ad (D.47)):³⁵

$$(D.47) \quad n^* = n^*(G) \quad \text{mit: } \frac{dn^*}{dG} < 0.$$

Somit ist es der staatlichen Institution möglich, die Unternehmensanzahl durch das Bereitstellungsniveau des „firm-augmenting public input“ indirekt zu beeinflussen. Um den Einfluß einer Erhöhung von G auf den sozialen Überschuß und die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ unter der Voraussetzung eines langfristigen Marktgleichgewichtes festzustellen, müssen die Gleichungen (D.46) und (D.47) in die Funktion des Nettoüberschusses eingesetzt werden:

$$(D.48) \quad N = S(p^*, n^*(G), G, \bar{w}) - C_G(G) \rightarrow \max_G.$$

³⁵ Durch die Gleichung (D.47) wird auch die Aussage von Hillman (1978, 274) widerlegt, der wie Boadway (1973) davon ausgeht, daß die gleichgewichtige Unternehmensanzahl (n^*) mit einer Zunahme des „firm-augmenting public input“ steigt.

Da die Boadway-Regel die Bedingung für eine maximale gesellschaftliche Wohlfahrt ist, muß entsprechend die Effizienzbedingung für das Maximum des Nettoüberschusses unter der Voraussetzung eines langfristigen Gleichgewichtes ermittelt werden:

$$(D.49) \quad \frac{dS}{dG} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Die Regel (D.49) enthält zwar dieselbe Aussage wie die Bedingung (D.44) jedoch mit dem Unterschied, daß eine Variation der Unternehmensanzahl zugelassen wird. Damit drückt die Effizienzregel (D.49) genau das aus, was Boadway (1973, 253) verbal formuliert: „The additional surplus created [...] must be compared with the cost of expanding G . When the two are equal at the margin, the optimum output of G has been produced.“ Boadway (1973, 253) weist darauf hin, daß es sich bei seinem Konzept nicht um die Samuelson-Bedingung, die für Zwischenprodukte von Kaizuka (1965) hergeleitet wurde, handelt, weil die Unternehmensanzahl *endogen* ist: „Note that this criterion [Boadway-Regel] for the optimum output of a public factor is not the Samuelson condition. The latter, as derived by Kaizuka, is only valid when the number of firms is fixed.“ Und Boadway (1973, 255) formuliert weiter: „The optimum output of G occurs when the marginal cost of expanding G equals the marginal increase in surplus [...]. This, of course, is none other than the Samuelson condition which is to be expected since the number of firms is fixed.“ Daher kann die Effizienzregel (D.49) als Boadway-Regel bezeichnet werden. Die Unterscheidung der Effizienzregeln nach der Exogenität bzw. Endogenität der Unternehmensanzahl ist a priori nicht erklärbar, weil die verbalen Formulierungen von Boadway (1973) in beiden Fällen bis auf den Hinweis auf die Exogenität bzw. Endogenität der Unternehmensanzahl übereinstimmen. Mit Hilfe von (D.49) und (D.44) läßt sich begründen, worauf Boadways Unterscheidung fußt.

Im Fall einer exogenen Unternehmensanzahl kann die staatliche Institution unter Beachtung des partialanalytischen Äquivalents zur Kaizuka-Regel, der Gleichung (D.44) bzw. (D.45) die soziale Wohlfahrt maximieren. Im Fall einer endogenen Unternehmensanzahl muß die staatliche Institution die Boadway-Regel beachten (vgl. (D.49)). Die linke Seite von (D.49) kann wie folgt formuliert werden, wenn die Funktion des sozialen Überschusses berücksichtigt wird (vgl. Anhang IV, ad (D.50)):

$$(D.50) \quad (p^* Y_i^s - \bar{w} \hat{A}_i) \frac{dn^*}{dG} + p^* n^*(G) \frac{\partial f}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Offensichtlich sollte die staatliche Institution abweichend zur Kaizuka-Regel gemäß (D.50) den Einfluß einer Veränderung des „firm-augmenting

public input“ auf die Unternehmensanzahl berücksichtigen (erster Summand von (D.50)). Damit wird deutlich, worauf Boadways Unterscheidung der Effizienzregeln nach der Endogenität bzw. Exogenität der Unternehmensanzahl basiert. Jedoch erzielen die Unternehmen bei freiem Markteintritt Nullgewinne, so daß der Term in der Klammer des ersten Summanden von (D.50) notwendig dem Wert Null entsprechen muß (vgl. (D.28) u. (D.29)). Andernfalls befindet sich der Markt nicht im langfristigen Gleichgewicht, was von Boadway (1973) gerade vorausgesetzt wird. Damit wird die effiziente Unternehmensanzahl (n^*) über den Markt bestimmt, so daß sich die Boadway-Regel zu folgendem Ausdruck reduziert:

$$(D.51) \quad p^* n^*(G) \frac{\partial f}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Folglich entspricht die Boadway-Regel der Bedingung (D.45), womit *die Boadway-Regel unter den von Boadway getroffenen Annahmen das partialanalytische Äquivalent zur Kaizuka-Regel ist*. Dieses Ergebnis bestätigt den in den Abschnitten C und D.I aufgezeigten Zusammenhang zwischen den Gutseigenschaften eines staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes und der Bereitstellungsregel für dieses Zwischenprodukt. Demnach kann für ein Zwischenprodukt mit bestimmten Gutseigenschaften wie dem „firm-augmenting public input“ nur eine *einzige* Bereitstellungsregel unabhängig von der Endogenität bzw. Exogenität der Unternehmensanzahl gelten.

Zudem ist festzuhalten, daß im Unterschied zu Boadways Behauptung (1973, 253) ausgehend vom maximalen sozialem Überschuß bei gegebenen „firm-augmenting public input“ eine anschließende Erhöhung des „firm-augmenting public input“ nicht mit Hilfe der Boadway-Regel begründbar ist. Gemäß des Ergebnisses aus Abschnitt b) bleibt der soziale Überschuß im Zuge einer Erhöhung des „firm-augmenting public input“ konstant, so daß einer Zunahme der Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ kein Zuwachs des sozialen Überschusses gegenübersteht. Nach der Boadway-Regel müßte der „firm-augmenting public input“ dann sogar reduziert werden, was Abschnitt 3 verdeutlicht.

3. Das langfristige Marktgleichgewicht mit einem „firm-augmenting public input“

Dieser Abschnitt zeigt auf, daß die Boadway-Regel im langfristigen Gleichgewicht nicht erfüllt sein kann (vgl. Abschnitt a)) und neben dem im Abschnitt D.I.4 angeführten Widerspruch eine weitere Inkonsistenz im „firm-augmenting“-Fall besteht (vgl. Abschnitt b)).

*a) Unvereinbarkeit von Boadway-Regel und
effizienter Unternehmensanzahl*

In diesem Abschnitt werden auf Grundlage des Modells aus Abschnitt D.II.2 die Effekte der Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ auf ein kurzfristiges und langfristiges Marktgleichgewicht dargelegt. Wie im Abschnitt D.II.2.c) gezeigt, ist die gesellschaftliche Wohlfahrt c.p. maximiert und damit ein langfristiges Marktgleichgewicht Pareto-effizient, wenn die notwendigen Bedingungen für eine effiziente Unternehmensanzahl (D.29) und eine effiziente Bereitstellungsmenge eines „firm-augmenting public input“ (D.45) bzw. (D.51) (Boadway-Regel) erfüllt sind. Im folgenden wird verdeutlicht, daß die gesellschaftliche Wohlfahrt bei endogenem „firm-augmenting public input“ nicht maximiert werden kann, weil die Boadway-Regel und die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl unvereinbar sind.

Es wird davon ausgegangen, daß die Unternehmen im Ausgangsgleichgewicht (p^*, Y^*) bzw. Y_{i0}^* mit minimalen Durchschnittskosten produzieren (vgl. Abbildung 5). Folglich ist die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl bzw. -größe erfüllt, die beinhaltet, daß die Grenzproduktivität der Durchschnittsproduktivität der Arbeit entspricht (vgl. (D.29)). Damit gilt: $\alpha = 1$ und $\beta = 0$, so daß wegen $\beta = 0$ die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ gleich Null sein muß $\left(\frac{\partial f}{\partial G} = 0\right)$ (vgl. (D.39) u. Anhang IV, (IV.9) u. (IV.10)). Zur Erfüllung der Boadway-Regel (D.45) müßten die Grenzkosten der Produktion des „firm-augmenting public input“ ebenfalls Null sein. Wenn unterstellt wird, daß die staatliche Institution den „firm-augmenting public input“ durch Einsatz von Arbeit herstellt (bzw. herstellen läßt),³⁶ können die Grenzkosten des „firm-augmenting public input“ bei positivem Lohnsatz und kostenminimaler Produktion von G nicht den Wert Null annehmen (vgl. Anhang IV, (IV.99)). Folglich sind die Grenzkosten von G positiv, so daß die Boadway-Regel (vgl. (D.45)) inkonsistent zur Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl ist (vgl. (D.29)). So gilt bei effizienter Unternehmensanzahl (n^*):

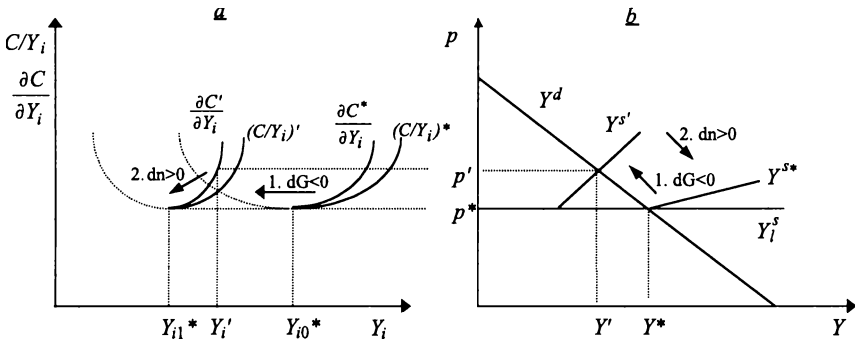
$$(D.52) \quad \frac{dC_G}{dG} > p^* n^* \frac{\partial f}{\partial G} = 0.$$

Die Gleichung (D.52) zeigt eine Überversorgung der Branche Y mit dem „firm-augmenting public input“ an. Demgemäß – also nach der Boadway-

³⁶ Die Produktionsfunktion des „firm-augmenting public input“ kann bei Annahme eines konstanten Lohnsatzes indirekt über die Kostenfunktion ($C_G(G)$) erfaßt werden und wird daher in diesem Abschnitt nicht explizit modelliert.

Regel (vgl. (D.45)) – muß die staatliche Institution die Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“ einschränken.

Im folgenden wird der sich daraus ergebende Effekt auf das Markt- und Unternehmensgleichgewicht bei effizienter Unternehmensanzahl ermittelt ((p^*, Y^*) bzw. Y_{i0}^*) (vgl. Abbildung 5).



mit: $Y^{s*} = n^* Y_i^s(p, G^*, \bar{w}) = n' Y_i^s(p, G', \bar{w})$,
 $Y^{s'} = n^* Y_i^s(p, G', \bar{w})$,
 $Y_i^s = n Y_i^s(p^*, G, \bar{w})$,
 $n^* < n' \wedge G^* > G'$ und
 $n' :=$ gleichgewichtige Unternehmensanzahl nach Reduzierung von G .

Abbildung 5: Gleichgewichtseffekte durch Reduzierung des „firm-augmenting public input“³⁷

Zunächst sinkt das Faktoreinsatzverhältnis (g) durch eine Reduzierung von G , so daß die Durchschnittskosten pro Unternehmen zunehmen (vgl. (D.38)):

$$(D.53) \quad \frac{\partial \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{\partial G} = - \frac{\bar{w} z'(g)}{z(g)} < 0 \quad \text{für } g < g^*.$$

Da ein eindeutiges Minimum der Durchschnittskosten an der Stelle g^* existiert, muß sich die Durchschnittskostenkurve im Zuge der Reduzierung

³⁷ Zur Vereinfachung der Darstellung der Abbildung 5 wird davon ausgegangen, daß die Senkung des „firm-augmenting public input“ und die Erhöhung der Unternehmensanzahl so auf die kurzfristige Angebotsfunktion wirken, daß sich die Lage der kurzfristigen Angebotsfunktion nicht verändert. Zu den Wirkungen einer Veränderung von G und n auf die kurzfristige Angebotsfunktion vgl. Anhang IV, ad Abbildung 5.

von G nach links verschieben (vgl. Abschnitt D.II.2.b)). Zugleich nimmt die Steigung der Durchschnittskostenkurve zu (vgl. Abschnitt D.II.2.b)), Fn. 30). Neben der Durchschnittskostenkurve verschiebt sich ebenfalls die Grenzkostenkurve nach links, weil sie allein vom Faktoreinsatzverhältnis (g) abhängig ist und die Kurve der Durchschnittskosten in deren Minimum schneidet (vgl. (D.29) u. Anhang IV, (IV.64)). Zudem nimmt die Steigung der Grenzkostenkurve nach Reduzierung des „firm-augmenting public input“ zu, was im folgenden erläutert wird.

Die Steigung der Grenzkostenkurve lautet (vgl. Anhang IV, (IV.61) u. (IV.66)):

$$(D.54) \quad \frac{\partial^2 C}{\partial^2 Y_i} = - \frac{\bar{w} g^2 z''(g)}{(z(g)\alpha(g))^3 A_i} > 0.$$

Da die Grenzkostenkurve allein vom Faktoreinsatzverhältnis (g) abhängig ist, kann sich nach Reduktion des „firm-augmenting public input“ nur dann derselbe Wert für die Grenzkosten ergeben, wenn die Arbeitseinsatzmenge proportional zum „firm-augmenting public input“ abnimmt. Folglich muß gemäß der Gleichung (D.54) die Steigung der Grenzkostenkurve für jedes Faktoreinsatzverhältnis zunehmen, so daß die Grenzkostenkurve stärker gekrümmt ist. Dies ist auf den Rückgang der Arbeitsproduktivität im Zuge der Verringerung des „firm-augmenting public input“ zurückzuführen (vgl. Anhang IV, (IV.8)).

Da sich die Grenzkostenkurve jedes Unternehmens nach Reduzierung des „firm-augmenting public input“ nach links verschiebt und ihre Krümmung zunimmt, bewegt sich die kurzfristige Angebotsfunktion bei gegebener Unternehmensanzahl (n^*) nach links oben, also von Y^{s*} nach $Y^{s'}$. Damit die Marktgleichgewichtsbedingung nach einer Erhöhung des „firm-augmenting public input“ bei gegebener Unternehmensanzahl (n^*) wieder erfüllt ist, muß der gleichgewichtige Marktpreis steigen (vgl. (D.25) u. (D.26)). So stellt sich das kurzfristige Marktgleichgewicht (p', Y') bei einem höheren Preis und einer geringeren Menge ein.

Ökonomisch ist der Übergang vom ursprünglichen Marktgleichgewicht (p^*, Y^*) zum Marktgleichgewicht (p', Y') dadurch erklärbar, daß die Anbieter in der kurzen Frist aufgrund der Reduzierung des „firm-augmenting public input“ durch die staatliche Institution mit einem höheren gleichgewichtigen Marktpreis als p^* kalkulieren. So weiß jedes Unternehmen aufgrund der Kenntnis der Produktionstechnologie und der Anbieteranzahl, daß die Marktnachfrage nicht mehr zum Preis p^* befriedigt werden kann. Folglich kann sich nur ein Gleichgewicht mit einem höheren Marktpreis und einer geringeren Marktmenge einstellen. Auf Grundlage der veränderten

Bedingungen passen die Unternehmen die Arbeitseinsatzmenge so an, daß sie weiterhin gewinnmaximal produzieren können.

Im kurzfristigen Marktgleichgewicht befinden sich die Unternehmen nicht mehr im Durchschnittskostenminimum, womit sie positive Gewinne erzielen. Der Gewinn pro Unternehmen entspricht der ökonomischen Rente aus dem „firm-augmenting public input“, welcher gleichzusetzen ist mit dem Produkt von Y'_i und dem Abstand zwischen den Grenzkosten und Durchschnittskosten an der Stelle Y'_i (vgl. Abbildung 5a). Die Rente beträgt:

$$(D.55) \quad p' \frac{\partial f}{\partial G} G' = p' \left(Y'_i - \frac{\partial f}{\partial A_i} A_i \right).$$

Aufgrund der linearen Homogenität der Produktionsfunktion impliziert ein positiver Unternehmensgewinn $\alpha < 1$ und $\beta > 0$ (vgl. (D.55)), womit die Boadway-Regel erfüllt sein kann. Jedoch ist im *kurzfristigen Marktgleichgewicht wegen $\alpha < 1$ die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl nicht erfüllt, weil die Grenzkosten größer als die Durchschnittskosten eines Unternehmens sind* (vgl. (D.29)).

Langfristig kann das Marktgleichgewicht bei (p', Y') unter Annahme eines freien Markteintritts und positiver Unternehmensgewinne nicht erhalten bleiben, da neue Unternehmen einen Anreiz haben, in den Markt einzutreten. Dieser Anreiz besteht solange bis der Unternehmensoutput von Y'_i auf Y_{i1}^* geschrumpft ist, was bedeutet, daß die Unternehmen keine Gewinne mehr erzielen. Daher muß in der langen Frist jedes Unternehmen den Arbeitseinsatz proportional zum „firm-augmenting public input“ senken, um weiterhin effizient produzieren zu können (vgl. Abschnitt D.II.2.b)). Somit befindet sich langfristig jedes Unternehmen in einem neuen Durchschnittskostenminimum bei Y_{i1}^* (vgl. Abbildung 5a). Der gleichgewichtige Marktpreis sinkt durch den Eintritt neuer Unternehmen bei gegebenen „firm-augmenting public input“ von p' auf p^* (vgl. (D.25) u. (D.26)).

Zudem verschiebt sich die kurzfristige Angebotskurve aufgrund des Eintritts neuer Unternehmen in den Markt wieder nach links und dreht sich nach unten, also von Y'' nach Y^{**} (vgl. auch Fn. 37). Da das Minimum der Durchschnittskosten eindeutig ist (vgl. Abschnitt D.II.2.b)bb)), kann sich die langfristige Angebotsfunktion nicht verschieben. Es findet lediglich ein „trade off“ zwischen der Unternehmensanzahl und dem „firm-augmenting public input“ statt (vgl. (D.41)). Folglich wird die kurzfristige Marktpreissteigerung, die zunächst durch die Reduzierung von G entsteht, langfristig durch den Eintritt neuer Unternehmen in den Markt kompensiert. Insofern bleibt im Zuge der Reduzierung von G das Marktgleichgewicht langfristig

bei (p^*, Y^*) stabil, wohingegen sich ein neues Unternehmensgleichgewicht bei Y_{i1}^* einstellt (vgl. Abbildung 5).

Somit kann dieselbe Höhe des sozialen Überschusses mit einer geringeren Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“ als im Ausgangsgleichgewicht ($Y_{i1}^* < Y_{i0}^*$) erzielt werden. Aufgrund der dadurch gesunkenen Produktionskosten eines „firm-augmenting public input“ ist die gesellschaftliche Wohlfahrt gestiegen, was sich in einer Zunahme des Nettoüberschusses widerspiegelt (vgl. (D.43)):

$$(D.56) \quad dN = \left(\frac{\partial S}{\partial G} - \frac{dC_G}{dG} \right) dG > 0 \quad \text{mit:} \quad \frac{\partial S}{\partial G} = 0 \text{ und } dp^* = dY^* = 0; \quad dG < 0, dn > 0;$$

Indessen ist im neuen *langfristigen Konkurrenzgleichgewicht* der „firm-augmenting public input“ *wieder ineffizient gemäß der Boadway-Regel bereitgestellt*, da die Unternehmen mit demselben Faktoreinsatzverhältnis (g^*) wie im Ausgangsgleichgewicht (Y_{i0}^*) produzieren und somit $\frac{\partial f}{\partial G} = 0$ gilt.

Entsprechend der Boadway-Regel muß die staatliche Institution den „firm-augmenting public input“ nochmals reduzieren, so daß sich die oben beschriebenen Anpassungsprozesse wiederholen. Diese Vorgänge setzen sich solange fort bis die staatliche Institution die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ nicht mehr senken und damit die gesellschaftliche Wohlfahrt nicht mehr erhöhen kann. Bei Annahme variabler Produktionskosten für den „firm-augmenting public input“ ist dies erst dann der Fall, wenn die staatliche Institution die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ aufgibt. Folglich kann *bei vollständiger Konkurrenz auf den Güter- und Faktormärkten kein langfristig effizientes Gleichgewicht mit einem „firm-augmenting public input“* erzielt werden, was sich in der Unvereinbarkeit von Boadway-Regel und der notwendigen Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl äußert.

b) Der „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt – ein Widerspruch

Im folgenden wird gezeigt, daß der bei vollständiger Konkurrenz auf dem Faktor- und Gütermarkt entstehende Widerspruch zwischen der Boadway-Regel und der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl auf der Annahme des „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt und den Gutseigenschaften des „firm-augmenting public input“ beruht.

II. Der „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl 107

Aus Sicht eines Unternehmens ist die Menge des „firm-augmenting public input“ vorgegeben, so daß aufgrund variabler Produktionselastizitäten ein Faktoreinsatzverhältnis existiert, was unternehmensintern effizient ist. Dies ist bei (g^*) erreicht, wo die Durchschnittskosten minimal sind bzw. die Durchschnittsproduktivität der Arbeit maximal ist (vgl. Anhang IV, ad (D.39)c)). Mit Hilfe der Branchenproduktionsfunktion des „firm-augmenting public input“ (vgl. Hillman, 1978, 271) läßt sich nun zeigen, daß ein maximaler Branchenoutput bei endogener Unternehmensanzahl, gegebener branchenspezifischer Arbeitseinsatzmenge sowie gegebenen „firm-augmenting public input“ genau dann erreicht wird, wenn jedes Unternehmen im Durchschnittskostenminimum produziert.

$$(D.57) \quad Y = F(A, nG) = nf(A/n, G) \quad \text{mit: } A = nA_i.$$

Für den maximalen Branchenoutput gilt:

$$(D.58) \quad \frac{\partial Y}{\partial n} = Y_i - A_i \frac{\partial f}{\partial A_i} = 0 \quad \text{mit: } dA = dG = 0.$$

Die notwendige Bedingung für einen maximalen Branchenoutput (D.58) ist äquivalent zur notwendigen Bedingung für ein Durchschnittskostenminimum (D.29), womit jedes Unternehmen bei maximalem Branchenoutput im Durchschnittskostenminimum produziert. Aufgrund linearer Homogenität der Unternehmensproduktionsfunktion gilt bei effizienter Unternehmensanzahl $\beta = 0$ und damit $\frac{\partial f}{\partial G} = 0$ (vgl. (D.39) u. Anhang IV, (IV.9) u. (IV.10)). Lineare Homogenität der Unternehmensproduktionsfunktion in allen Faktoren impliziert Rivalität des „firm-augmenting public input“ auf der Faktorebene (vgl. Abschnitt D.II.1). Da die in (D.57) spezifizierte Branchenproduktionsfunktion außerdem die Nichtrivalität des „firm-augmenting public input“ auf der Unternehmensebene berücksichtigt, ergibt sich die Effizienzbedingung (D.58) aus den Gutseigenschaften des „firm-augmenting public input“. *Also ist die Unternehmensgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ bei effizienter Unternehmensanzahl (-größe) gerade Null, weil der „firm-augmenting public input“ rivalisierend auf der Faktorebene und nichtrivalisierend auf der Unternehmensebene ist.* So impliziert eine effiziente Verwendung des „firm-augmenting public input“ innerhalb einer Branche eine Nullgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ (vgl. Abschnitt D.I.4).

Gemäß der Boadway-Regel ist jedoch der „firm-augmenting public input“ effizient bereitgestellt, wenn die Summe der Unternehmensgrenzproduktivitäten den Grenzkosten der Produktion des „firm-augmenting public input“ entspricht. Demnach verlangt eine effiziente Bereitstellung des

„firm-augmenting public input“ eine positive Unternehmensgrenzproduktivität. Indessen ist die *positive Unternehmensgrenzproduktivität* nicht durch die Nichttrivialität des „firm-augmenting public input“ auf der Unternehmensebene bedingt, sondern *darauf zurückzuführen, daß der „firm-augmenting public input“ ein produziertes Gut darstellt.*

Da bei effizienter Unternehmensanzahl die Nullgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ auf seinen Gutseigenschaften und eine positive Grenzproduktivität bei effizienter Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ auf der Zwischenproduktannahme basieren, liegt der Unvereinbarkeit beider Effizienzbedingungen ein Widerspruch zwischen den Gutseigenschaften des „firm-augmenting public input“ und der Annahme des „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt zugrunde. *Somit ist der „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt im Rahmen der vollständigen Konkurrenz theoretisch nicht haltbar.*

4. Argumente für den „firm-augmenting“-Fall

In diesem Abschnitt wird überprüft, ob die Modellierung des „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt *ökonomisch* durch folgende Annahmen – a) eine Nutzungsgebühr für den „firm-augmenting public input“ (McMillan, 1979), b) ein unteilbarer Produktionsfaktor (Hillman, 1978) oder c) fixe Gründungskosten pro Unternehmen (Richter, 1994) – begründet werden kann. Dazu analysieren die folgende Abschnitte die Wohlfahrtseffekte der Bereitstellung eines „firm-augmenting public input“, indem eine Erweiterung des in Abschnitt D.II.2 präsentierten Modells um die Annahmen a)–c) erfolgt. Als Wohlfahrtsmaß dient weiterhin das in Abschnitt D.II.2.c) eingeführte Konzept des Nettoüberschusses (vgl. (D.43)). Ferner wird die Plausibilität der Annahmen b)–c) untersucht.

a) Eine Nutzungsgebühr für den „firm-augmenting public input“

Nach McMillan (1979, 297) kann ein effizientes Marktgleichgewicht bei endogener Unternehmensanzahl erreicht werden, wenn die Unternehmen für die Nutzung des „firm-augmenting public input“ einen Steuersatz (t_G) zahlen müssen. Damit werden den Unternehmen der Branche Y die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ angelastet. Nach McMillan (1979, 297) soll die Höhe des Steuersatzes der Wertgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ entsprechen, so daß die staatliche Institution durch die Besteuerung den Unternehmensgewinn, der mit der ökonomischen Rente des „firm-augmenting public input“ übereinstimmt (vgl. (D.55)), abschöpft:

$$(D.59) \quad t_G = p \frac{\partial f}{\partial G}.$$

Die Besteuerung ermöglicht eine effiziente Bereitstellung des „firm-augmenting public input“, weil die Boadway-Regel erfüllt ist (vgl. (D.45)). Wird die Wertgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ durch den Steuersatz t_G in der Gleichung der Boadway-Regel (D.45) ersetzt, folgt:

$$(D.60) \quad nt_G = \frac{dC_G}{dG}.$$

Jedoch muß im langfristig effizienten Marktgleichgewicht ebenfalls die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl erfüllt sein. Aufgrund der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl (D.28) gilt dann:

$$(D.61) \quad pY_i^s = \bar{w}\hat{A}_i.$$

Somit entsprechen gemäß Gleichung (D.61) bei effizienter Unternehmensanzahl die Erlöse eines Unternehmens gerade den Arbeitskosten, so daß die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ gerade Null ist (vgl. (D.55)). Folglich beträgt der effiziente Steuersatz:

$$(D.62) \quad t_n = p \frac{\partial f}{\partial G} = 0.$$

Gemäß der Effizienzbedingung für die Unternehmensanzahl (vgl. (D.61)) sollten den Unternehmen keine Produktionskosten für die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ angelastet werden,³⁸ so daß $t_G \neq t_n$ gilt, und damit kein einheitlich effizienter Steuersatz ermittelt werden kann. Folglich ist der Widerspruch zwischen der Boadway-Regel und der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl durch die Besteuerung der Unternehmen nicht zu lösen.

b) Ein unteilbarer Primärfaktor

Im Unterschied zu McMillan (1979) erweitert Hillman (1978, 270–274) das Konkurrenzmodell mit einem „firm-augmenting public input“ um einen unteilbaren Primärfaktor und zeigt im Rahmen eines Totalmodells, daß ein produktionseffizientes Gleichgewicht bei endogener Unternehmensanzahl erreichbar ist. Neben dem unteilbaren Primärfaktor und dem „firm-augmenting public input“ nimmt Hillman (1978) ein Konsumgut und weitere

³⁸ Hierauf weist auch Boadway (1973, 253) hin.

Primärfaktoren an.³⁹ Aufgrund des unteilbaren Primärfaktors ergibt sich außer den Ressourcenrestriktionen bzgl. der Primärfaktoren in Hillmans Modell eine zusätzliche Nebenbedingung (vgl. Hillman, 1978, 272, (3.10)). Diese besagt, daß jedes Unternehmen den unteilbaren Primärfaktor nicht unterhalb einer bestimmten Mindestmenge verwenden kann. Damit stellt die Mindestmenge des unteilbaren Faktors den Rand der Definitionsmenge von Hillmans Optimierungsproblem dar. Da nach Hillman (1978, 272) das produktionseffiziente Gleichgewicht erreicht wird, wenn jedes Unternehmen die Mindestmenge des unteilbaren Faktors nutzt, ist Hillmans Gleichgewicht eine Randlösung. Diese Lösung stellt sich ein, weil aufgrund der Unteilbarkeit eines Produktionsfaktors eine untere Grenze für die Einsatzmenge des unteilbaren Faktors festgelegt wird, und die Produktionstechnologie mit dem „firm-augmenting public input“ einen „trade off“ zwischen der Unternehmensanzahl und dem „firm-augmenting public input“ enthält (vgl. Hillman, 1978, 272).⁴⁰

Wird das in Abschnitt D.II.2 dargelegte partialanalytische Konkurrenzmodell durch ein unteilbares Kapitalgut entsprechend Hillmans (1978, 272) Annahme, wonach jedes Unternehmen eine Mindestmenge einsetzen kann, erweitert, bestätigt sich Hillmans (1978) Ergebnis (vgl. Abschnitt bb)). Jedoch beruht Hillmans Ergebnis auf einer inkonsistenten Darstellung eines unteilbaren Kapitalgutes, so daß der Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall nicht gelöst werden kann, was Abschnitt cc) verdeutlicht. Daher untersucht der anschließende Abschnitt dd), ob Wohlfahrtsverluste entstehen, wenn das Kapitalgut ökonomisch konsistent dargestellt wird. In Abschnitt ee) wird das in Abschnitt dd) angenommene Modell mit einem unteilbaren Kapitalgut, von dem die Unternehmen Anteile erwerben können, erweitert. Vorüberlegungen zu den Abschnitten bb)–ee) werden in Abschnitt aa) angestellt. Letzterer beschäftigt sich mit den Effekten eines unteilbaren Kapitalgutes auf die Entscheidungen eines Unternehmens, was sich von Hillmans (1978) Analyse unterscheidet.

aa) Das Unternehmensgleichgewicht mit einem unteilbaren Kapitalgut

Der Ausgangspunkt der nachfolgenden Analyse ist das Optimierungskalkül eines Unternehmens, weil die dezentral getroffenen Entscheidungen der Unternehmen den Nettoüberschuß und somit die gesellschaftliche Wohlfahrt beeinflussen (vgl. (D.23), (D.27) u. (D.43)). Die Unternehmensproduktions-

³⁹ Feehan (1989, 241 ff.) erweitert Hillmans Modell auf zwei Konsumgüter und kann ebenfalls ein produktionseffizientes Gleichgewicht bestimmen.

⁴⁰ Zum „trade off“ im „firm-augmenting“-Fall vgl. Abschnitt C.III.2 und (D.41).

funktion mit einem Kapitalgut (K_i), das ein rivalisierender Primärfaktor ist, lautet:⁴¹

$$(D.63) \quad Y_i = \tilde{f}(A_i, K_i, G).$$

Da es sich um den „firm-augmenting“-Fall handelt, wird weiterhin gemäß Hillman (1978, 271) von einer linearhomogenen Produktionstechnologie in allen Faktoren ausgegangen. Aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes müssen die Unternehmen bei positiver Produktionsmenge eine Mindestmenge des Kapitalgutes einsetzen, welche mit einer bestimmten Kostenhöhe verbunden ist. Diese Kosten sind aus Sicht eines Unternehmens langfristig fix, da sie über ein bestimmtes Intervall von Produktionsmengen konstant bleiben.⁴² Erst, wenn eine größere Menge als die Mindestmenge des Kapitalgutes verwendet wird, variieren die Kapitalkosten mit der Produktionsmenge. Dementsprechend ist das Gewinnmaximierungsproblem eines Unternehmens wie folgt zu formulieren:⁴³

$$(D.64) \quad \begin{aligned} \pi &= p\tilde{f}(A_i, K_i, G) - \bar{w}A_i - dr\bar{K}_i - r(K_i - d\bar{K}_i) \rightarrow \max_{A_i, K_i} \\ \text{Neb.: } K_i &\geq \bar{K}_i \quad \text{mit: } d = \begin{cases} 0, & \text{wenn } Y_i = 0 \\ 1, & \text{wenn } Y_i > 0 \end{cases} \\ \text{und } d &:= \text{Dummyvariable,} \\ r &:= \text{Zinssatz,} \\ K_i &:= \text{Kapitaleinsatzmenge pro Unternehmen } i, \\ r\bar{K}_i &:= \text{langfristig fixe Kapitalkosten pro Unternehmen } i, \\ rK_i &:= \text{variable Kapitalkosten pro Unternehmen } i. \end{aligned}$$

Als notwendige Bedingungen ergeben sich dann:

$$(D.65) \quad \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} = \frac{\bar{w}}{p},$$

$$(D.66) \quad \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} + \frac{\lambda}{p} = \frac{r}{p},$$

$$(D.67) \quad \bar{K}_i - K_i \leq 0 \wedge \lambda \geq 0.$$

⁴¹ Zu den Annahmen über die Produktionsfunktion (vgl. Anhang V, ad (D.63)).

⁴² Langfristig entstehen den Unternehmen im Gegensatz zur kurzen Frist nur bei positiven Produktionsmengen Fixkosten. Zur Definition langfristiger Fixkosten vgl. Baumol/Willig, 1981, 406, Def. 1.

⁴³ Sind die Fixkosten irreversibel, gilt für etablierte Unternehmen $d = 0$ unabhängig von der Produktionsmenge Y_i .

Die Gleichung (D.65) ist die Bedingung für den gewinnmaximalen Arbeitseinsatz, wonach die Grenzproduktivität der Arbeit dem Reallohn entsprechen muß. Es wird Konkurrenz auf dem Kapitalgütermarkt angenommen,⁴⁴ so daß der Zinssatz aus Sicht eines Unternehmens exogen ist. Im Unterschied zum Lohnsatz wird der Zinssatz modellendogen bestimmt, weil sowohl die Kapitalnachfragefunktion durch die Gewinnfunktion der Unternehmen determiniert ist,⁴⁵ als auch die Angebotsfunktion für das Kapitalgut (vgl. (D.72)) gegeben ist. Die Gleichung (D.66) stellt die Maximierungsbedingung für den Einsatz des Kapitalgutes dar, die aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes um den Lagrangeparameter λ ergänzt ist. Die Restriktion (D.67) berücksichtigt die Unteilbarkeit des Kapitalgutes. Da aufgrund der Annahme identischer Unternehmen die Unteilbarkeitsrestriktion (D.67) nur simultan in allen n -Unternehmen relevant sein kann, entspricht gemäß Hillman (1978, 273) das Produkt $n\lambda$ dem Schattenpreis der Unteilbarkeitsrestriktion.⁴⁶

Solange die Unternehmen ihren Gewinn als Mengenanpasser durch eine Kapitaleinsatzmenge, die über der Mindestmenge des Kapitalgutes liegt, maximieren können, muß wegen (D.67) $\lambda = 0$ gelten. Somit reduziert sich (D.66) auf die gewöhnliche Gewinnmaximierungsbedingung für den Einsatz des Kapitalgutes, wonach die Grenzproduktivität des Kapitalgutes dem realen Zinssatz entsprechen muß. Sind „firm-augmenting public input“ (G), Zinssatz (r), Lohnsatz (\bar{w}) und der Marktpreis (p) aus Sicht eines Unternehmens gerade so vorgegeben, daß die Mindestmenge genau der gewinnmaximalen Einsatzmenge (\hat{K}_i) des Kapitalgutes entspricht, folgt:

$$(D.68) \quad \bar{K}_i - K_i = 0 \wedge \lambda = 0 \quad \text{mit: } K_i = \bar{K}_i = \hat{K}_i,$$

⁴⁴ Wenn die Unteilbarkeitsrestriktion (vgl. (D.72)) nicht relevant ist, herrscht vollständige Konkurrenz auf dem Kapitalmarkt.

⁴⁵ Wenn ebenfalls der „firm-augmenting public input“ mit dem unteilbaren Kapitalgut produziert wird, setzt sich die Kapitalnachfrage aus der Nachfrage der privaten Unternehmen und der Nachfrage der staatlichen Institution zusammen. Die staatliche Kapitalnachfrage leitet sich aus der Kostenminimierung der Produktion des „firm-augmenting public input“ ab (vgl. Anhang V, ad (D.73)).

⁴⁶ So gilt nach dem Enveloppentheorem (vgl. z.B. Sydsaeter/Hammond, 1995, 679 f.): $\frac{d\pi_{\max}}{d\bar{K}_i} = -\lambda < 0$. Gemäß dieser Gleichung ist der maximal mögliche Gewinn pro Unternehmen (π_{\max}) um so niedriger, je höher die Mindestmenge des Kapitalgutes ist. Da der maximal mögliche Gewinn pro Unternehmen den Nettoüberschuß (vgl. (D.88)) positiv beeinflusst, sinkt mit Zunahme der Mindestmenge ebenfalls die gesellschaftliche Wohlfahrt. So nimmt der Nettoüberschuß bei einer marginalen Erhöhung der Mindestmenge um $n\lambda$ ab (vgl. (D.82)). Daher interpretiert Hillman (1978, 273) $n\lambda$ als Schattenpreis der Unteilbarkeitsrestriktion (vgl. Abschnitt D, Fn. 49). Dementsprechend ist λ der Schattenpreis der Unteilbarkeitsrestriktion pro Unternehmen.

wodurch eine mögliche Randlösung beschrieben ist. In Verbindung mit (D.68) gilt weiterhin die gewöhnliche Gewinnmaximierungsbedingung (vgl. (D.66)). Die Gültigkeit der gewöhnlichen Gewinnmaximierungsbedingung impliziert bei linearer Homogenität der Produktionsfunktion, daß im langfristigen Marktgleichgewicht die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ Null wird, weil solange zusätzliche Unternehmen in den Markt treten, bis die Unternehmen keinen Gewinn mehr erzielen können.⁴⁷ Somit kann langfristig kein effizientes Marktgleichgewicht existieren (vgl. Abschnitt D.II.3.a) und Abschnitt D.II.4.b)ee)).

Wenn die Unternehmen aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes ihren Kapitaleinsatz nicht mehr gewinnmaximal anpassen können, wandelt sich (D.68) zu folgender Randlösung:⁴⁸

$$(D.69) \quad \bar{K}_i - K_i = 0 \wedge \lambda > 0 \quad \text{mit: } K_i = \bar{K}_i \wedge \bar{K}_i > \hat{K}_i.$$

Unter Berücksichtigung von (D.66) und (D.69) ergibt sich:

$$(D.70) \quad \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} = \frac{r}{p_y} - \frac{\lambda}{p_y}.$$

Die Bedingungen (D.69) und (D.70) sind das partialanalytische Äquivalent zu Hillmans (1978, 272) Bedingungen (3.10a) und (3.7), so daß *nur* die durch (D.69) und (D.70) beschriebene Randlösung zum Ergebnis von Hillman (1978) konsistent sein kann.⁴⁹ Da die Unternehmen aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes das Kapitalgut nicht kontinuierlich variieren können, ist es aus Sicht eines Unternehmens ein langfristig fixer Faktor. Die Unternehmen können nur darüber entscheiden, ob sie die Mindestmenge des Kapitalgutes zur Produktion einsetzen oder nicht. Somit entstehen den Unternehmen bei Gültigkeit von (D.69) und (D.70) neben den variablen Arbeitskosten langfristig fixe Kapitalkosten.

Da das Kapitalgut aus Sicht der Unternehmen ein fixer Faktor ist, ist die Bedingung (D.70) lediglich *analytisch relevant*. Folglich ist die Gleichung

⁴⁷ So entspricht der Gewinn der ökonomischen Rente des „firm-augmenting public input“ (vgl. (D.55)). Die ökonomische Rente ist positiv, wenn die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ positiv ist.

⁴⁸ „ \bar{K}_i “ wäre der gewinnmaximale Kapitaleinsatz, wenn das Kapitalgut teilbar sein würde.

⁴⁹ In dieser Arbeit werden andere Symbole als in Hillmans (1978) Aufsatz verwendet. So stellt Hillman (1978, 270 ff.) den unteilbaren Faktor durch das Symbol „ \bar{v}_h “ dar, während in dieser Arbeit die Verwendung von „ \bar{K}_i “ erfolgt. Entsprechend gilt: $\lambda_h := \frac{\bar{r}}{p}$; $k := n$; $\frac{\beta}{k} := \frac{\lambda}{p}$ und $F(\cdot) := \tilde{f}(\cdot)$, wobei $\tilde{f}(\cdot)$ abweichend von $F(\cdot)$ lediglich einen einzigen teilbaren rivalisierenden Primärfaktor als Argument enthält.

(D.70) keine Entscheidungsregel für die Unternehmen. Vielmehr gilt die folgende Bedingung für die Entscheidung eines Unternehmens, ob die Mindestmenge des Kapitalgutes eingesetzt werden soll oder nicht (vgl. Abschnitt D, Fn. 48):

$$(D.71) \quad K_i = \begin{cases} \bar{K}_i, & \text{wenn } \pi_i \geq 0 \\ 0, & \text{wenn } \pi_i < 0 \end{cases} \wedge \bar{K}_i > \hat{K}_i.$$

Somit wird die Mindestmenge des Kapitalgutes genau dann zur Produktion eingesetzt, wenn ein Unternehmen keine Verluste erwartet. Von der Prämisse, daß die Unternehmen mit der Mindestmenge des Kapitalgutes produzieren, wird im folgenden Abschnitt ausgegangen.

bb) Das langfristige Marktgleichgewicht mit
einem unteilbaren Kapitalgut

In diesem Abschnitt wird gezeigt, daß die gesellschaftliche Wohlfahrt unter Hillmans (1978) Annahmen mit einem „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl maximiert werden kann.^{50, 51} Entsprechend Hillmans (1978, 272) Annahme einer Ressourcenrestriktion für den unteilbaren Faktor, wird eine vollkommen preisunelastische Angebotsfunktion bzgl. des Kapitalgutes angenommen. Somit ergibt sich zusammen mit der Unteilbarkeitsannahme bzgl. des Kapitalgutes eine obere Grenze für die Unternehmensanzahl:

$$(D.72) \quad \frac{\bar{K} - \bar{K}_G}{\bar{K}_i} = n_{\max}$$

mit: $\bar{K} :=$ gegebene Angebotsmenge des Kapitalgutes

$\bar{K}_i :=$ Mindesteinsatzmenge des Kapitalgutes pro Unternehmen,

$\bar{K}_G :=$ Mindesteinsatzmenge des Kapitalgutes in der Produktion des „firm-augmenting public input“,

$\bar{K}_i = \bar{K}_G$.

Gemäß Hillman (1978, 272) wird in diesem Abschnitt davon ausgegangen, daß nicht nur das Konsumgut Y , sondern ebenfalls der „firm-augment-

⁵⁰ Hillman (1978) berücksichtigt in seinem Modell neben dem unteilbaren Primärfaktor $(n - 1)$ – teilbare Primärfaktoren. Zur Vereinfachung wird in dieser Analyse $(n - 1) = 1$ angenommen. In Hillmans (1978, 270) Modell ist „ n “ die Anzahl der Primärfaktoren und *nicht* – wie in dieser Arbeit – die Unternehmensanzahl.

⁵¹ Abweichend von Hillmans (1978, 270) Modell wird die Produktion des „firm-augmenting public input“ nicht explizit modelliert, sondern über die Kostenfunktion des „firm-augmenting public input“ erfaßt.

ing public input“ mit dem unteilbaren Kapitalgut hergestellt wird, und die staatliche Institution im Gleichgewicht eine größere Menge als die Mindestmenge des unteilbaren Kapitalgutes zur Produktion des „firm-augmenting public input“ einsetzen kann. Die staatliche Institution ist entsprechend den privaten Unternehmen Mengenanpasser auf dem Kapitalmarkt und minimiert die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“, so daß die Kapitalnachfrage der staatlichen Institution wie folgt lautet (vgl. Anhang V, ad (D.73)):

$$(D.73) \quad K_G = K_G(r, G, \bar{w}).$$

Wie in Abschnitt b)aa) ausgeführt kann ein langfristig effizientes Marktgleichgewicht nur erreicht werden, wenn jedes Unternehmen mit der Mindestmenge des Kapitalgutes produziert. Dies wird im folgenden untersucht.

Die Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt setzt ein Gleichgewicht auf dem Kapital- und Gütermarkt voraus, weil nur im Marktgleichgewicht die Pläne jedes Marktakteurs erfüllt werden können (vgl. Abschnitt D.II.2.a)). Daher ist der Nettoüberschuß eine Funktion des gleichgewichtigen Zinssatzes (r^e) und des gleichgewichtigen Marktpreises (p^e). Folglich müssen die Gleichgewichtsbedingungen auf dem Kapital- und Gütermarkt erfüllt sein. Die Bedingung für ein Gleichgewicht auf dem Kapitalmarkt lautet:

$$(D.74) \quad n\bar{K}_i + K_G(r, G, \bar{w}) = \bar{K}.$$

Die Gleichgewichtsbedingung (D.74) bestimmt den gleichgewichtige Zinssatz r^e in Abhängigkeit des „firm-augmenting public input“, der Unternehmensanzahl und des unteilbaren Kapitalgutes (vgl. Anhang V, ad (D.75)).

$$(D.75) \quad r^e = r^e(n, G, \bar{K}_i) \quad \text{mit: } \frac{\partial r^e}{\partial n} > 0; \frac{\partial r^e}{\partial G} > 0; \frac{\partial r^e}{\partial \bar{K}_i} > 0.$$

Die Gleichgewichtsbedingung auf dem Gütermarkt entspricht (vgl. Anhang V, (V.47)):

$$(D.76) \quad Y^d(p, \bar{w}) = nY_i^s(\hat{A}_i(p, G, \bar{w}, \bar{K}_i), G, \bar{K}_i).$$

Durch (D.76) kann der gleichgewichtige Marktpreis als Funktion der Unternehmensanzahl, des „firm-augmenting public input“ und des unteilbaren Kapitalgutes ermittelt werden (vgl. Anhang V, ad (D.77)).

$$(D.77) \quad p^e = p^e(n, G, \bar{K}_i) \quad \text{mit: } \frac{\partial p^e}{\partial n} < 0; \frac{\partial p^e}{\partial G} < 0; \frac{\partial p^e}{\partial \bar{K}_i} < 0.$$

Da neben dem Gleichgewicht des Konsumgütermarktes das Gleichgewicht auf dem Kapitalmarkt endogen determiniert ist, muß zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt nun ebenfalls der soziale Überschuß auf dem Kapitalmarkt in der Berechnung des Nettoüberschusses berücksichtigt werden. Dazu ist der Nettoüberschuß (vgl. (D.43)) um die aggregierte Anbieterrente der Kapitaleigentümer, die aufgrund des vollkommen starren Kapitalangebotes dem Kapitaleinkommen $r\bar{K}$ entspricht, zu erweitern. Die Nachfragerrente auf dem Kapitalmarkt wird durch die Gewinne der privaten Unternehmen und die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ erfaßt.⁵² So sind die Unternehmen, die das Gut Y anbieten, zugleich Kapitalnachfrager. Die Nachfragerrente der staatlichen Institution wird durch das Integral der Kapitalnachfrage (D.73) dargestellt, das zwischen dem Zinssatz, den die staatliche Institution maximal bereit ist zu zahlen, und dem gleichgewichtigen Zinssatz (r^e) liegt. Da die Inverse der Kapitalnachfrage die Grenzkosten pro Kapitaleinheit darstellt, entspricht das Integral der Kapitalnachfrage den Kapitalkosten der Produktion des „firm-augmenting public input“. Damit wird die Nachfragerrente der staatlichen Institution durch die Kosten des „firm-augmenting public input“ erfaßt.

$$\begin{aligned}
 (D.78) \quad N_{\bar{K}_i} = & \int_{p^e(n, G, \bar{K}_i)}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\
 & + n[p^e(n, G, \bar{K}_i) Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(n, G, \bar{K}_i), G, \bar{K}_i, \bar{w}), \bar{K}_i, G) \\
 & - \bar{w} \hat{A}_i(p^e(n, G, \bar{K}_i), G, \bar{K}_i, \bar{w}) - r^e(n, G, \bar{K}_i) \bar{K}_i] \\
 & + r^e(n, G, \bar{K}_i) \bar{K} - C_G(G, r^e(n, G, \bar{K}_i), \bar{w}) \\
 & \rightarrow \max_{n, G}.
 \end{aligned}$$

Die Effizienzbedingungen für die Maximierung des Nettoüberschusses (D.78) entsprechen der Boadway-Regel und der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl (vgl. Anhang V, ad (D.79)–(D.80)a):

$$(D.79) \quad p^e n \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} = \frac{\partial C_G}{\partial G},$$

$$(D.80) \quad p^e Y_i^s = \bar{w} \hat{A}_i + r^e \bar{K}_i.$$

Da bei Gültigkeit der Unteilbarkeitsrestriktion das Kapitalgut nicht mit seinem Wertgrenzprodukt entlohnt wird (vgl. (D.70)), ist aufgrund der line-

⁵² Die Begriffe „Anbieter- und Nachfragerrente“ beziehen sich, wenn nicht anders ausgeführt, auf die Renten des Kapitalmarktes und nicht auf die Renten einzelner Wirtschaftssubjekte.

ren Homogenität der Produktionsfunktion (D.63) die Gleichung (D.80) äquivalent zu:

$$(D.81) \quad Y_i^s = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \hat{A}_i - \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \bar{K}_i - \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} G.$$

Gemäß (D.81) ist der Gewinn der Unternehmen bei effizienter Unternehmensanzahl Null. Dennoch ist die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ positiv. Damit sind die Boadway-Regel und die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl miteinander vereinbar, wenn ein unteilbarer Faktor vorliegt. Da bei vollständiger Konkurrenz auf dem Konsumgütermarkt die Unternehmen im langfristigen Marktgleichgewicht keine positiven Gewinne erzielen (vgl. Abschnitt D.II.2.b)aa)), braucht die staatliche Institution zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt lediglich den „firm-augmenting public input“ unter Beachtung der Boadway-Regel bereitzustellen. Damit bestätigt sich offensichtlich Hillmans Ergebnis im partialanalytischen Rahmen. Jedoch verdeutlicht der folgende Abschnitt, daß dieses Ergebnis auf einer inkonsistenten Darstellung des unteilbaren Kapitalgutes beruht.

cc) Eine inkonsistente Darstellung eines unteilbaren Kapitalgutes

Dieser Abschnitt zeigt, daß Hillmans Darstellung eines unteilbaren Kapitalgutes nicht plausibel ist. So existiert gemäß Hillman (1978, 273) ein Schattenpreis für die Unteilbarkeitsrestriktion (D.67). Da im langfristigen Marktgleichgewicht die Unteilbarkeitsrestriktion in allen n -Unternehmen simultan relevant ist (vgl. Abschnitt aa)), kann der Schattenpreis unter Beachtung des Enveloppentheorems, der Gleichung des Nettoüberschusses (D.78) und der Gleichung (D.66) durch eine partielle Ableitung des maximalen Nettoüberschusses $N_{\bar{K}_i}^*$ nach dem unteilbaren Kapitalgut ermittelt werden (vgl. Anhang V, ad (D.79)–(D.80)b)):

$$(D.82) \quad -\frac{\partial N_{\bar{K}_i}^*}{\partial \bar{K}_i} = n^* \lambda.$$

Gemäß (D.82) steigt der maximale Nettoüberschuß durch eine *marginale* Senkung der Mindestmenge des Kapitalgutes um $n^* \lambda$ -Einheiten. Daher setzt die Ermittlung eines Schattenpreises voraus, daß eine marginale Variation der Mindestmenge des betreffenden Faktors möglich ist. Die Mindestmenge des Kapitalgutes wird von Hillman (1978, 272) mit der Unteilbarkeit des Kapitalgutes begründet. Die Unteilbarkeit des Kapitalgutes manifestiert sich in der Mindestgröße einer unteilbaren Einheit des Kapitalgutes, unter der

das Kapitalgut nicht oder nicht ohne eine qualitative Änderung verwendbar ist (vgl. Baumol, 1987, 793). So muß z.B. ein Transportschiff, das für Ozeane schiffbar sein soll, eine bestimmte Größe besitzen oder eine Brücke eine bestimmte Länge haben. Die Mindesteinsatzmenge des Kapitalgutes in einem Unternehmen entspricht der Leistung, die die unteilbare Kapitalguteinheit in einer vorgegebenen Periode abgibt.⁵³ Da die Mindestgröße technisch determiniert ist, kann keine marginale Variation der Mindestmenge des Kapitalgutes erfolgen. Eine marginale Variierbarkeit der Mindestmenge wird jedoch gerade bei der Bestimmung des Schattenpreises durch (D.82) vorausgesetzt, so daß (D.82) nicht den Schattenpreis für die Unteilbarkeit eines Kapitalgutes angeben kann.

Darüber hinaus ist gemäß Hillmans (1978, 272) Darstellung die Unteilbarkeit des Kapitalgutes auf die erste im Unternehmen eingesetzte Kapitalguteinheit beschränkt. Die Einsatzmengen, die größer sind als die Mindestmenge des Kapitalgutes, können kontinuierlich variiert werden, womit diese Kapitalguteinheiten beliebig teilbar sein müssen. Folglich entsteht ein Widerspruch, wenn angenommen wird, daß ein homogenes Kapitalgut aufgrund seiner Unteilbarkeit diskret variiert werden muß, jedoch zugleich kontinuierliche Variationen zugelassen werden.

Daher kann Hillmans (1978) Annahme einer Mindestmenge und der marginalen Variierbarkeit dieser Mindestmenge nur dann widerspruchsfrei begründet werden, wenn die Mindestmenge des Kapitalgutes nicht technisch gegeben ist. So ist vorstellbar, daß die Mindestmenge einer minimalen Menge entspricht, die die Kapitaleigentümer bereit sind auf dem Kapitalmarkt anzubieten, so daß die Kapitalnachfrager rationiert werden. Damit ist das Ergebnis von Hillmans (1978) Analyse nicht aufrecht zu erhalten, was im folgenden gezeigt wird.

Da eine Mindestmenge des Kapitalgutes nur ökonomisch zu begründen ist, stellt das Produkt $-n\lambda$ die sozialen Kosten einer marginalen Erhöhung der Mindestmenge, die die Kapitaleigentümer verlangen, dar. Somit kann das Produkt $-n\lambda$ als soziale Grenzkosten der Rationierung des Kapitalgutes aufgefaßt werden. Gemäß Hillmans Ergebnis setzen die Unternehmen im effizienten Gleichgewicht die Mindestmenge des Kapitalgutes zur Produktion ein (vgl. Abschnitt bb)). Da die gewinnmaximale Einsatzmenge unterhalb der Mindestmenge liegt, ist der Wertgrenzertrag des Kapitalgutes kleiner als der Zinssatz (vgl. (D.69) u. (D.70)). Die Differenz zwischen dem Zinssatz und dem Wertgrenzertrag stellt die Grenzkosten der Rationierung des Kapitalgutes pro Unternehmen dar ($-\lambda$) (vgl. (D.70)). Die Kosten der

⁵³ Die Einsatzmenge eines Produktionsfaktors entspricht gemäß der Produktionstheorie der Faktorleistung innerhalb einer vorgegebenen Periode, die z.B. in Zeiteinheiten gemessen werden kann (vgl. Larson, 1991, 469).

II. Der „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl 119

Rationierung des Kapitalgutes werden im langfristigen Marktgleichgewicht gerade durch die kostenlose Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ in jedem Unternehmen gedeckt (vgl. (D.83)). Damit sind die Boadway-Regel und die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl miteinander vereinbar, wenn die rationierenden Kapitaleigentümer durch die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ subventioniert werden. So gilt unter Berücksichtigung von (D.70), (D.80) und (D.81):

$$(D.83) \quad \lambda = p^e \frac{\partial f}{\partial G}.$$

Da die Mindestmenge des Kapitalgutes eine ökonomische Rationierung darstellt, kann das gesellschaftlich effiziente Niveau der Rationierung, also die optimale Mindestmenge endogen bestimmt werden, indem der Nettoüberschuß neben n und G auch über die Mindestmenge des Kapitalgutes maximiert wird. Damit muß außer der Boadway-Regel (D.79) und der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl (D.80) die folgende Effizienzbedingung erfüllt sein (vgl. Anhang V, ad (D.79)–(D.80)b)):

$$(D.84) \quad \frac{\partial N_{\bar{K}_i}}{\partial \bar{K}_i} = -n\lambda = 0.$$

Da $n > 0$, muß $\lambda = 0$ gelten, so daß die Rationierung der Kapitalnachfrager nicht mit einem langfristig effizienten Gleichgewicht vereinbar ist. Somit ist im effizienten Gleichgewicht die gewinnmaximale Kapitaleinsatzmenge größer oder gleich der Mindestmenge (vgl. (D.66) u. (D.68)), d.h., die Kapitaleigentümer dürfen das Kapitalgut nicht rationieren. Dann entspricht indessen im langfristigen Gleichgewicht die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ dem Wert Null (vgl. (D.83)), so daß der in Abschnitt D.II.3 erläuterte Widerspruch zwischen der Boadway-Regel und der Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl besteht (vgl. (D.79)–(D.81)). *Folglich kann im „firm-augmenting“-Fall bei endogener Unternehmensanzahl kein langfristig effizientes Gleichgewicht erreicht werden, wenn Hillmans (1978) Modell konsistent analysiert wird.*

Darüber hinaus beinhaltet die Annahme einer Rationierung des Kapitalgutes durch die Kapitalanbieter, daß die Kapitalanbieter Marktmacht ausüben können, was nicht vereinbar ist mit Konkurrenzbedingungen. Außerdem bleibt die Frage offen, ob die Forderung einer Mindestabsatzmenge durch die Kapitalanbieter rational ist. Jedoch gehen die genannte Punkte über die Fragestellung dieser Arbeit hinaus. Der folgende Abschnitt prüft Hillmans (1978, 269 f.) Argument, wonach bei Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes im „firm-augmenting“-Fall ein langfristig effizientes Gleichgewicht erreichbar ist, indem der Wohlfahrtseffekt eines „firm-augmenting

public input“ im Modell mit einer widerspruchsfreien Darstellung des unteilbaren Kapitalgutes analysiert wird.

dd) Ein konsistentes Modell mit einem unteilbaren Kapitalgut

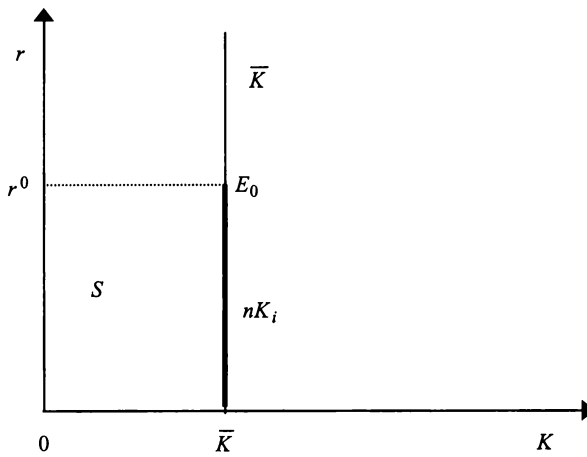
In diesem Abschnitt wird angenommen, daß die Unternehmen das Kapitalgut aufgrund der Unteilbarkeit nur diskret variieren können. Da Unteilbarkeiten „economies of scale“ verursachen (vgl. Baumol, 1987, 793), muß das unteilbare Kapitalgut im Verhältnis zum Kapitalmarktangebot relativ klein sein, damit entsprechend den Annahmen des Abschnitts bb) Konkurrenzbedingungen auf dem Konsumgüter- und Kapitalmarkt herrschen können. Darum wird angenommen, daß jedes Unternehmen als Mengenanpasser nur darüber entscheiden kann, ob es das unteilbare Kapitalgut verwendet oder nicht. Die Unternehmen verwenden das unteilbare Kapitalgut, wenn sie keine Verluste erzielen, so daß für die Unternehmen die Entscheidungsregel (D.71) relevant ist. Da das Ergebnis der Analyse dieses Abschnitts unabhängig davon ist, ob das unteilbare Kapitalgut zur Produktion des „firm-augmenting public input“ eingesetzt wird oder nicht, wird zur Vereinfachung der Analyse die letztere Alternative angenommen. Darüber hinaus basieren die Annahmen in diesem Abschnitt auf dem Modell aus Abschnitt bb).

Da die gesellschaftlichen Wohlfahrt nur maximiert werden kann, wenn sich der Kapital- und Gütermarkt im Gleichgewicht befinden (vgl. Abschnitt D.II.2.a)), werden zunächst die Gleichgewichte der beiden Märkte dargestellt. Das Kapitalmarktgleichgewicht mit einem unteilbaren Kapitalgut kann anhand der nebenstehenden Abbildung veranschaulicht werden.

Die Nachfragefunktion des Kapitalmarktes verläuft senkrecht, weil das Kapitalgut aus Sicht der Unternehmen ein langfristig fixer Faktor ist (vgl. (D.64)). Da darüber hinaus das Kapitalmarktangebot vollkommen zinsunelastisch ist, wird die Unternehmensanzahl über die Bedingung des Kapitalmarktgleichgewichtes festgelegt (vgl. (D.85)).

$$(D.85) \quad \bar{K} = nK_i \Rightarrow \bar{n} \quad \text{für } r^e \in]0, r_0], \text{ und mit: } K_i = \bar{K}_i.$$

Jedoch kann aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes kein eindeutiger Zinssatz im Kapitalmarktgleichgewicht bestimmt werden. Gemäß der Entscheidungsregel (D.71) fragen die Unternehmen das Kapitalgut nach, wenn sie keine Verluste erzielen. Herrscht ein Gleichgewicht auf dem Kapital- und Gütermarkt, ist der Gewinn eines Unternehmens von der Höhe der fixen Kapitalkosten und somit von der Höhe des gleichgewichtigen Zinssatz-



- $\bar{K} :=$ Kapitalmarktangebot
 $nK_i :=$ Kapitalmarktnachfrage mit: $K_i = \bar{K}_i$
 $K :=$ Menge des Kapitalgutes K
 $S :=$ sozialer Überschuss
 $r :=$ Zinssatz
 $]0, r_0] :=$ Intervall möglicher gleichgewichtiger Zinssätze (r^e)

Abbildung 6: Kapitalmarktgleichgewicht mit einem langfristig fixen Kapitalgut

zes abhängig (vgl. (D.64)). Folglich muß der gleichgewichtige Zinssatz im Intervall liegen, in dem die Unternehmen zumindest Nullgewinne erhalten. Gemäß Abbildung 6 erzielen die Unternehmen an der Stelle $r^e = r_0$ Nullgewinne. Da zudem die Kapitaleigentümer nur für $r > 0$ ein Einkommen beziehen können, ist es rational für sie, das Kapitalgut nur bei einem positiven Zinssatz anzubieten. Folglich liegt der gleichgewichtige Zinssatz im Intervall $]0, r_0]$.

Neben der Bedingung des Kapitalmarktgleichgewichtes muß zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt die Gleichgewichtsbedingung des Gütermarktes gelten (vgl. Anhang V, (V.47)).⁵⁴

$$(D.86) \quad Y^d(p, \bar{w}) = \bar{n}Y_i^s(\hat{A}_i(p, G, \bar{w}), G, \bar{K}_i).$$

⁵⁴ Da das in diesem Abschnitt angenommene unteilbare Kapitalgut nur diskret variierbar ist, kann es kein Argument der Arbeitsnachfragefunktion (\hat{A}_i) eines Unternehmens sein. Denn die Arbeitsnachfragefunktion ergibt sich über die partielle Differenzierung der Produktionsfunktion (D.63) und ihrer Ableitungen (vgl. Anhang V, ad (D.64)).

Aus (D.86) ergibt sich der gleichgewichtige Marktpreis als eine Funktion des „firm-augmenting public input“ (vgl. Anhang V, ad (D.67)):

$$(D.87) \quad p^e = p^e(G) \quad \text{mit: } \frac{dp^e}{dG} < 0.$$

Gemäß (D.87) ist der gleichgewichtige Marktpreis eine Funktion des „firm-augmenting public input“ ist, so daß die staatliche Institution die gesellschaftliche Wohlfahrt maximieren kann, indem sie den Nettoüberschuß durch eine Variation von G bestimmt. Da für die Berechnung des Nettoüberschusses der soziale Überschuß auf dem Kapitalmarkt relevant ist, wird dieser kurz erläutert.

Der soziale Überschuß entspricht im Gleichgewicht des Kapitalmarktes der Fläche $0\bar{K}E_o r_o$ und ist konstant (vgl. Abbildung 6). Wie in Abschnitt bb) dargelegt, entspricht die Anbieterrente des Kapitalmarktes dem Einkommen der Kapitaleigentümer, während die Nachfragerrente durch die Summe der Gewinne der Unternehmen erfaßt wird. Folglich ist in der Berechnung des Nettoüberschusses neben den langfristig fixen Kapitalkosten ebenfalls die Anbieterrente der Kapitaleigentümer zu berücksichtigen:

$$(D.88) \quad \begin{aligned} N_{\bar{n}} = & \int_{p^e(G)}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\ & + \bar{n}[p^e(G)Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(G), G, \bar{w}), G, \bar{K}_i) \\ & - \bar{w}\hat{A}_i(p^e(G), G, \bar{w}) - r^e\bar{K}_i] \\ & + r^e\bar{K} - C_G(G) \\ & \rightarrow \max_G. \end{aligned}$$

Im Maximum der gesellschaftlichen Wohlfahrt muß der „firm-augmenting public input“ gemäß der Boadway-Regel bereitgestellt werden (vgl. Anhang V, ad (D.89)):

$$(D.89) \quad p^e \bar{n} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Da der gleichgewichtige Zinssatz aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes nicht eindeutig bestimmt werden kann (vgl. Abbildung 6), wird die gesellschaftliche Wohlfahrt nicht durch eine Variation des gleichgewichtigen Zinssatzes beeinflusst, was (D.90) verdeutlicht.

$$(D.90) \quad N_{\bar{n}}(p^*, G^*, \bar{w}, \bar{K}_i, r_1) = N_{\bar{n}}(p^*, G^*, \bar{w}, \bar{K}_i, r_2).$$

mit: $r_1 \neq r_2$ und $r_1, r_2 \in]0, r_0]$,

$G^* :=$ effiziente Bereitstellungsmenge des
„firm-augmenting public input“,

$p^* :=$ effizienter Gleichgewichtspreis des Gütermarktes.

Die Gleichung (D.90) drückt aus, daß das Maximum des Nettoüberschusses unabhängig von der Verteilung der Rente auf Kapitaleigentümer und Unternehmen ist. Somit kann die staatliche Institution den gleichgewichtigen Zinssatz innerhalb des Intervalls $]0, r_0]$ festlegen, um z. B. eine gesellschaftlich erwünschte Verteilung zwischen den Kapitaleigentümern und den Unternehmen zu erhalten.

Zusammenfassend bleibt zu sagen, daß die Unternehmensanzahl bei Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes, unabhängig von der Gleichgewichtsbedingung auf dem Gütermarkt, auf dem Kapitalmarkt bestimmt wird. Zudem wird neben der Unteilbarkeit des Kapitalgutes eine Ressourcenrestriktion für das Kapitalgut unterstellt, so daß die Unternehmensanzahl modellexogen determiniert ist. Damit stellt ein unteilbares Kapitalgut eine Begründung für die Annahme einer exogenen Unternehmensanzahl dar. Daher ist es bei Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes zwar möglich, ein langfristig effizientes Gleichgewicht mit dem „firm-augmenting public input“ zu erreichen. Jedoch kann durch die Annahme der Unteilbarkeit eines Faktors nicht der bei endogener Unternehmensanzahl im „firm-augmenting“-Fall entstehende Widerspruch zwischen der Boadway-Regel und der Effizienzbedingung für die Unternehmensanzahl gelöst werden.

Darüber hinaus ist die Annahme von Konkurrenzbedingungen auf dem Gütermarkt nicht plausibel, weil a) bei einer großen Anzahl von Nachfragern und Anbietern auf den Märkten Unteilbarkeiten ökonomisch nicht relevant sind und b) der Einsatz eines unteilbaren Faktors zu fallenden Durchschnittskosten in den Unternehmen führt, wenn die Unteilbarkeit ökonomisch relevant ist (vgl. Baumol, 1987, 793). Daher impliziert ein unteilbarer Produktionsfaktor für Ein-Produkt-Unternehmen eine subadditive Kostenstruktur. Ist diese Kostenstruktur im Bereich des Marktgleichgewichtes subadditiv, liegt ein natürliches Monopol vor (vgl. Braeutigam, 1989, 1285 f.). Demnach schließen sich ein unteilbares Kapitalgutes und ein Konkurrenzmarkt a priori aus, so daß die Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes unter Konkurrenzbedingungen ein Spezialfall darstellt.

Im folgenden Abschnitt wird eine alternative Annahme bzgl. des unteilbaren Kapitalgutes zugrunde gelegt, die eine modellendogene Bestimmung der Unternehmensanzahl zuläßt, womit sich ein anderes Ergebnis als im Fall langfristig fixer Kapitalkosten einstellt.

ee) Eine alternative Annahme bzgl. des unteilbaren Kapitalgutes

In Abschnitt dd) ist angenommen worden, daß die Einsatzmenge eines unteilbaren Kapitalgut nur diskret variiert werden kann. Jedoch ist eine kontinuierliche Variation der Einsatzmenge unteilbarer Kapitalgüter möglich, was dieser Abschnitt verdeutlicht. Darüber hinaus werden die Wohlfahrts-effekte eines „firm-augmenting public input“ im Modell mit einem Kapitalgut des beschriebenen Typs analysiert.

Wie in Abschnitt cc) ausgeführt, gibt eine unteilbare Kapitalguteinheit eine bestimmte Leistung pro Periode ab. Diese Leistung entspricht der maximal möglichen Leistungsabgabe einer Kapitalguteinheit. So kann die Leistung einer unteilbaren Kapitalguteinheit in einer gegebenen Periode variiert werden.⁵⁵ Allein durch eine Veränderung der Einsatzzeit pro Periode verändert sich die abgegebene Leistung einer Kapitalguteinheit. Bei maximaler Leistungsabgabe ist die Kapazität einer unteilbaren Kapitalguteinheit in einer gegebenen Periode ausgelastet. Wenn eine Kapitalguteinheit nicht zur Produktion verwendet wird, ist die Leistung pro Periode bzw. die Einsatzmenge gleich Null. Folglich kann ein Unternehmen die Einsatzmenge einer unteilbaren Kapitalguteinheit in einem Intervall zwischen Null und der maximal möglichen Leistung pro Periode variieren. So ist zwar der physische Bestand eines Kapitalgutes nicht beliebig zerlegbar, jedoch die Faktorleistung, die es abgibt. Daher können die Leistungen einer *einzigen* unteilbaren Kapitalguteinheit zwischen mehreren Unternehmen aufgeteilt werden. Dafür sind unteilbare Kapitalgüter wie Großforschungsanlagen, Telekommunikationsanlagen, Büroausstattungen, die mehreren Unternehmen zur gemeinsamen Verwendung in Technologieparks angeboten werden, ein Beleg (vgl. Drexler/Dose, 1988, 17 f.). Wenn auf dem Kapitalmarkt nicht die Bestände der unteilbaren Kapitalguteinheiten angeboten werden, sondern die beliebig teilbare Kapitalleistung, kann jedes Unternehmen einen Teil der Kapazität einer unteilbaren Kapitalguteinheit erwerben, so daß gilt:⁵⁶

$$(D.91) \quad K_i = d_i s_i \bar{K}_m,$$

mit: $d_i \in \mathbb{N}$,

$s_i :=$ Anteilkoeffizient und $0 \leq s_i \leq 1$,

$\bar{K}_m :=$ maximale Einsatzmenge pro unteilbarer Kapitalguteinheit, die bei $s_i \leq 1$ zwischen m -Unternehmen aufgeteilt wird,

$$m = m(s_i) \wedge \frac{dm}{ds_i} < 0 \text{ für } s_i \leq 1 \wedge m = 1, \text{ wenn } s_i = 1.$$

⁵⁵ Das Argument, wonach eine Kapitalguteinheit unterschiedliche Leistungen abgeben kann, wird durch die Theorie der Kapitalnutzung und empirische Untersuchungen gestützt (vgl. Larson, 1991, 469).

⁵⁶ $\mathbb{N} :=$ Menge der natürlichen Zahlen.

Der Anteilkoeffizient (s_i) gibt das Verhältnis der vom Unternehmen eingesetzten Menge zur Kapazität der unteilbaren Kapitalguteinheiten an. Demgegenüber mißt die natürliche Zahl (d_i) die Anzahl der unteilbaren Kapitalguteinheiten, deren Leistungen ein Unternehmen in Anspruch nimmt. Sowohl der Anteilkoeffizient als auch die natürliche Zahl d_i sind Entscheidungsvariablen eines Unternehmen. Werden auf dem Kapitalmarkt nur die unteilbaren Kapitalguteinheiten angeboten, ist $s_i = 1$ und jedes Unternehmen könnte das Kapitalgut nur diskret über d_i variieren. Besteht lediglich eine Wahlmöglichkeit zwischen $d_i = 0$ und $d_i = 1$, entspricht dies dem in Abschnitt dd) dargestellten Fall.

In Analogie zur Analyse aus Abschnitt dd) sei im folgenden unterstellt, daß $d_i = 1$ gilt. Abweichend von der Annahme in Abschnitt dd) kann nun jedes Unternehmen darüber entscheiden, in welchem Ausmaß die Kapazität einer *einigen* unteilbaren Kapitalguteinheit ausgelastet werden soll. Wenn das Kapitalangebot vollkommen preisunelastisch ist, ergibt sich die Anzahl der unteilbaren Kapitalguteinheiten (\bar{B}) als Quotient aus dem Angebot an Kapitalleistungen und der maximalen Leistungsabgabe pro Kapitalguteinheit.

$$(D.92) \quad \bar{B} = \frac{\bar{K}}{\bar{K}_m}.$$

Gemäß (D.92) ist \bar{B} die für das Angebot an Kapitalleistungen \bar{K} notwendige Anzahl unteilbarer Kapitalguteinheiten, so daß \bar{B} ebenfalls exogen gegeben ist. Allerdings sind Konkurrenzbedingungen auf dem Kapitalmarkt nur dann zu begründen, wenn die Anzahl der Kapitalanbieter hinreichend groß ist. Darum wird angenommen, daß jeder Kapitalanbieter genau eine unteilbare Kapitalguteinheit besitzt, deren Leistungen er auf dem Kapitalmarkt anbietet. Folglich entspricht \bar{B} der Anzahl der Kapitaleigentümer.

Sind die Kapazitäten der unteilbaren Kapitalguteinheiten ausgelastet, so daß $\bar{K} = ns_i\bar{K}_m$ gilt, ist die Unternehmensanzahl abhängig vom Verhältnis zwischen der Anzahl der unteilbaren Kapitalguteinheiten und der Auslastung der Kapazität eines unteilbaren Kapitalguteinheit durch ein Unternehmen i , was unter Berücksichtigung von (D.91) und (D.92) folgt:

$$(D.93) \quad n = \frac{\bar{B}}{s_i}.$$

Je weniger Leistungen ein einzelnes Unternehmen vom unteilbaren Kapitalgut in Anspruch nimmt – also je geringer der Anteilkoeffizient (s_i) ist – desto größer ist die Anzahl der Unternehmen, die sich auf dem Markt für das Konsumgut Y befinden (vgl. (D.93)) und zwischen denen die Leistung einer unteilbaren Kapitalguteinheit aufgeteilt wird (vgl. (D.91)). Die Gleichung (D.93) verdeutlicht, daß die Unternehmensanzahl endogen bestimmt ist.

Die Unternehmensproduktionsfunktion lautet dann:

$$(D.94) \quad Y_i = \tilde{f}(A_i, s_i \bar{K}_m, G)$$

mit: $s_i \bar{K}_m :=$ Einsatzmenge des unteilbaren Kapitalgutes von Unternehmen i .

Der Anteilkoeffizient (s_i) ist eine Entscheidungsvariable eines Unternehmens, so daß jedes Unternehmen seinen Gewinn über die Arbeitseinsatzmenge (A_i) und den Anteilkoeffizienten (s_i) maximieren kann:

$$(D.95) \quad \pi = p\tilde{f}(A_i, s_i \bar{K}_m, G) - \bar{w}A_i - rs_i \bar{K}_m \rightarrow \max_{A_i, s_i}.$$

Als notwendige Bedingungen für das Gewinnmaximum ergeben sich:

$$(D.96) \quad \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} = \frac{\bar{w}}{p},$$

$$(D.97) \quad \frac{\partial \tilde{f}}{\partial (s_i \bar{K}_m)} = \frac{r}{p}.$$

Gemäß (D.97) muß die Grenzproduktivität des Kapitalgutes dem realen Zinssatz des Kapitalgutes im Gewinnmaximum entsprechen. Die gewinnmaximale Einsatzmenge des Kapitalgutes eines Unternehmens wird durch die Faktorpreise, den Marktpreis und den „firm-augmenting public input“ bestimmt, weil diese aus Sicht eines Unternehmens vorgegeben sind. Folglich lautet die Kapitalnachfragefunktion eines Unternehmens (vgl. Anhang V, ad (D.64)a):⁵⁷

$$(D.98) \quad \hat{K}_i = \hat{s}_i(p, r, G, \bar{w}) \bar{K}_m.$$

Zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt wird von einem langfristigen Gleichgewicht auf dem Kapital- und Gütermarkt ausgegangen, so daß jedes Unternehmen aufgrund freien Marktzutritts mit minimalen Durchschnittskosten produziert. Letzteres ist äquivalent zur Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl (vgl. Abschnitt D.II.2.b)aa)). Zur Ermittlung des langfristigen Gleichgewichtes auf dem Kapital- und Gütermarkt ist die Kenntnis der langfristigen Kapitalmarktnachfrage und des langfristigen Gütermarktangebots erforderlich. Diese werden mit Hilfe der minimalen Durchschnittskosten ermittelt. Aufgrund der linearen Homogenität der Pro-

⁵⁷ Es gilt: $s_i \bar{K}_m = K_i$.

duktionsfunktion sind die Durchschnittskosten (c) eines Unternehmen eine Funktion der Faktoreinsatzverhältnisse g und k . Daraus folgt (vgl. Anhang V, (V.1)):

$$(D.99) \quad c = \frac{\bar{w}A_i + r s_i \bar{K}_i}{Y_i} = \frac{\bar{w} + rk}{\bar{z}(g, k)} \rightarrow \min_{g, k} \quad \text{mit: } c = \frac{C}{Y_i}; g = \frac{G}{A_i}; k = \frac{s \bar{K}_i}{A_i}.$$

Gemäß der aus (D.99) abgeleiteten Effizienzbedingung muß die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ im Minimum der Durchschnittskosten verschwinden (vgl. Anhang V, (V.4), (V.86)–(V.89)).⁵⁸ Da bei freiem Marktzutritt die minimalen Durchschnittskosten (c^*) in der langen Frist dem Gütermarktpreis entsprechen, gilt (vgl. Anhang V, ad (D.100)):

$$(D.100) \quad p = c^*(r, \bar{w}).$$

Bei Gültigkeit von (D.100) besteht eine reziproke funktionale Beziehung zwischen r und p , die z. B. wie folgt dargestellt werden kann (vgl. Anhang V, ad (D.100)):⁵⁹

$$(D.101) \quad r = r(p) \quad \text{mit: } \frac{dr}{dp} > 0.$$

Wird (D.101) in die Gewinnmaximierungsbedingung (D.96) eingesetzt, folgt:

$$(D.102) \quad \frac{\partial \bar{f}}{\partial A_i}(g^*(r(p), \bar{w}), k^*(r(p), \bar{w})) = \frac{\bar{w}}{p} \Rightarrow p = p^* \Rightarrow r = r^*.$$

Da die Grenzproduktivität der Arbeit allein durch g und k bestimmt ist, die die Durchschnittskosten minimierenden Faktoreinsatzverhältnisse k^* und g^* von den Faktorpreisen abhängig sind (vgl. Anhang V, (V.2) u. ad (D.100)) und der Lohnsatz modellexogen gegeben ist, existiert langfristig nur ein einziger Gütermarktpreis (p^*) und damit ein einziger Zinssatz (r^*) für die (D.102) erfüllt ist. Somit können gemäß (D.102) die Unternehmen in der langen Frist nur dann gewinnmaximal produzieren, wenn $p = p^*$ und $r = r^*$ gelten. Daher ist die langfristige Kapitalmarktnachfrage vollkommen zinselastisch und das langfristige Gütermarktangebot vollkommen preiselastisch. Die langfristigen Marktfunktionen lauten (vgl. Anhang V, (V.16)):⁶⁰

⁵⁸ Das Minimum der Durchschnittskosten ist eindeutig (vgl. Anhang V, ad (D.99)).

⁵⁹ Da r und p modellendogene Variablen sind, werden sie simultan bestimmt. Daher besteht eine gegenseitige Abhängigkeit.

$$(D.103) \quad \hat{K}_l = n^* \hat{s}_l(p^*, r^*, G, \bar{w}) \bar{K}_l,$$

$$(D.104) \quad Y_l^s = n^* Y_l^s(p^*, r^*, G, \bar{w}).$$

Daraus ergeben sich die langfristigen Gleichgewichtsbedingungen:

$$(D.105) \quad \hat{K}_l(p^*, r^*, n^*, G, \bar{w}) = \bar{K} \quad \Rightarrow r^e = r^*,$$

$$(D.106) \quad Y^d(p, \bar{w}) = Y_l^s(p^*, r^*, n^*, G, \bar{w}) \quad \Rightarrow p^e = p^*.$$

Aus den Gleichgewichtsbedingungen (D.105) und (D.106) geht hervor, daß die langfristigen Gleichgewichtspreise r^* und p^* entsprechen müssen. Die Gleichgewichtspreise r^* und p^* stellen sich ein, weil die Kapitalnachfrage vollkommen zinselastisch und das Güterangebot vollkommen preiselastisch reagieren. Durch die Gleichgewichtsbedingung des Gütermarktes (D.106) bzw. der des Kapitalmarktes (D.105) läßt sich der „trade off“ zwischen dem „firm-augmenting public input“ und der effizienten Unternehmensanzahl, der produktionstheoretisch bedingt ist (vgl. Abschnitt D.II.2b)), ermitteln (vgl. Anhang V, ad (D.107)):

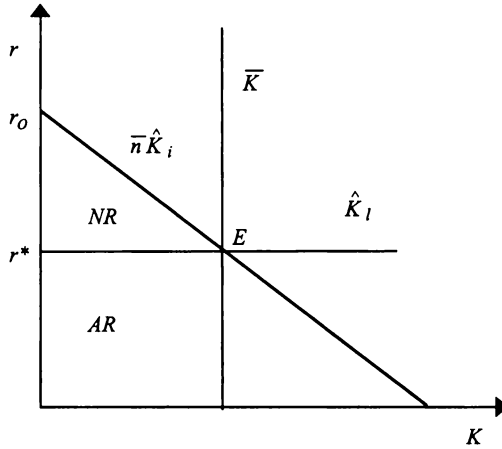
$$(D.107) \quad n^* = n^*(G) \quad \text{mit: } \frac{dn^*}{dG} < 0.$$

Somit kann die staatliche Institution indirekt über die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ die effiziente Unternehmensanzahl beeinflussen.

Zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt muß der soziale Überschuß auf dem Kapitalmarkt berücksichtigt werden. Dieser wird im folgenden erklärt. Die Nachfragerrente (NR) entspricht im kurzfristigen Marktgleichgewicht der Fläche des Dreiecks $r^0 E r^*$ in Abbildung 7. Da die langfristige Kapitalnachfrage horizontal verläuft, ist die Nachfragerrente gleich Null. Dies ist darauf zurückzuführen, daß ebenfalls die Gewinne der Unternehmen, die die Nachfragerrente erfassen, in der langen Frist Null sind. Neben der Nachfragerrente muß die aggregierte Anbieterrente (AR) der Kapitaleigentümer in die Berechnung des sozialen Überschusses einbezogen werden, weil sie kein Einkommen der Unternehmer darstellt. Die Anbieterrente entspricht dem Faktoreinkommen der Kapitaleigentümer. Dementsprechend folgt für die Funktion des Nettoüberschusses:

⁶⁰ Das Symbol „ n^* “ wird mit einem Sternchen versehen, weil es sich um die langfristige effiziente Unternehmensanzahl handelt.

II. Der „firm-augmenting public input“ bei endogener Unternehmensanzahl 129



\bar{K} := Kapitalmarktangebot,

\hat{K} := kurzfristige Kapitalmarktnachfrage, mit: $\hat{K} = \bar{n} \hat{K}_i(p, r, G, \bar{w})$,

\hat{K}_l := langfristige Kapitalmarktnachfrage, mit: $\hat{K}_l = n^* \hat{K}_i(p^*, r^*, G, \bar{w})$,

r := Zinssatz

r^* := effizienter und gleichgewichtiger Zinssatz,

r_0 := Zinssatz, bei dem $\hat{K} = 0$ gilt,

K := Menge des Kapitalgutes K ,

AR := Anbieterrente,

NR := Nachfragerrente.

Abbildung 7: Kapitalmarktgleichgewicht mit unteilbarem Kapitalgut und stetig variierbaren Kapitalleistungen

$$\begin{aligned}
 N_{s_i} &= \int_{p^*}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\
 (D.108) \quad &+ n^*(G) [p^* Y_i^s(\hat{A}_i(p^*, r^*, G, \bar{K}_i, \bar{w}), \hat{s}_i(p^*, r^*, G, \bar{K}_i, \bar{w}) \bar{K}_l, G) \\
 &- \bar{w} \hat{A}_i(p^*, r^*, G, \bar{K}_i, \bar{w}) - r \hat{s}_i(p^*, r^*, G, \bar{K}_i, \bar{w}) \bar{K}_l] \\
 &+ r \bar{K} - C_G(G) \\
 &\rightarrow \max_G.
 \end{aligned}$$

Die Maximierung des Nettoüberschusses (D.108) führt zu folgender Effizienzbedingung (vgl. Anhang V, ad (D.109)):

$$(D.109) \quad \underbrace{(p^* Y_i^s - \bar{w} \hat{A}_i - r \hat{s}_i \bar{K}_l)}_{=0} \frac{dn^*}{dG} + p^* n^* \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} = \frac{dC_G}{dG}.$$

Die Bedingung (D.109) ist das Äquivalent zu (D.50), die für den Fall eines Primärfaktors gültig ist. Somit entspricht (D.109) der Boadway-Regel. Da im langfristigen Marktgleichgewicht die Durchschnittskosten jedes Unternehmens minimal sind, muß der Term in der Klammer des ersten Summanden von (D.109) dem Wert Null entsprechen (vgl. (D.99) u. (D.100)). Daraus folgt, daß die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ gleich Null ist, so daß die Boadway-Regel in der langen Frist, also bei effizienter Unternehmensanzahl nicht erfüllt werden kann.

So stellt sich langfristig kein effizientes Gleichgewicht ein, wenn Teile der maximalen Kapazität einer unteilbaren Kapitalguteinheit erworben werden können. Damit ist gezeigt, daß die Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes nicht hinreichend zur Erzielung eines langfristig effizienten Marktgleichgewichtes ist, wenn die Unternehmensanzahl endogen bestimmt ist.

Als Resümee des Abschnitts b) bleibt festzuhalten, daß Hillmans (1978) Modell nur mit der Annahme eines beliebig teilbaren Kapitalgutes vereinbar ist, das von den Kapitalanbietern rationiert wird. Daher kann unter den von Hillman (1978) getroffenen Annahmen bei endogener Unternehmensanzahl kein langfristig effizientes Gleichgewicht mit einem „firm-augmenting public input“ erzielt werden (vgl. Abschnitt cc)). Da im Fall eines konsistent dargestellten unteilbaren Kapitalgutes, nur bei exogener Unternehmensanzahl ein Wohlfahrtsmaximum erreichbar ist, kann der bei endogener Unternehmensanzahl entstehende Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall durch Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes nicht gelöst werden. Zudem ist die Annahme von Konkurrenzbedingungen auf dem Gütermarkt bei ökonomischer Relevanz der Unteilbarkeit nicht plausibel (vgl. Abschnitt dd)).

c) Fixe Gründungskosten pro Unternehmen

Statt der bisher angeführten Argumente, unterstellt Richter (1994) fixe Gründungskosten pro Unternehmen (C_0), um Effizienz im „firm-augmenting“-Fall erzielen zu können. Da die angenommene Anzahl der Primärfaktoren keine Auswirkungen auf das Ergebnis hat, wird zur Vereinfachung wieder ein einziger Primärfaktor – Arbeit – angenommen. Berücksichtigen die Unternehmen die Gründungskosten in ihren Kalkülen, ändert sich die Bedingung für den gewinnmaximalen Einsatz der Arbeit nicht. Daher entspricht die Gleichgewichtsbedingung des Gütermarktes der Gleichung (D.83), so daß der gleichgewichtige Marktpreis (p^e) als eine Funktion der Unternehmensanzahl und des „firm-augmenting public input“ dargestellt werden kann (vgl. (D.26)). Das gesellschaftliche Wohlfahrtsoptimum kann dann durch die Maximierung des Nettoüberschusses (D.110) nach G und n bestimmt werden:

$$\begin{aligned}
 (D.110) \quad N_{C_0} &= \int_{p^e(G, n)}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\
 &+ n[p^e(G, n)Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(G, n), G, \bar{w}), G) - \bar{w}\hat{A}_i(p^e(G, n), G, \bar{w}) - C_0] \\
 &- C_G(G) \\
 &\rightarrow \max_{n, G}.
 \end{aligned}$$

Neben der Boadway-Regel ergibt sich durch Maximierung des Nettoüberschusses über n folgende Bedingung (vgl. Anhang V, ad (D.111)):

$$(D.111) \quad p^e \left(Y_i^s - \frac{\partial f}{\partial A_i} \hat{A}_i \right) = C_0.$$

Im effizienten Gleichgewicht muß gemäß (D.111) in jedem Unternehmen die Differenz zwischen Erlösen und Faktorkosten den fixen Gründungskosten entsprechen, so daß die Unternehmen Nullgewinne erzielen. Daher wird die Bedingung (D.111) durch ein langfristiges Marktgleichgewicht erfüllt, womit die effiziente Unternehmensanzahl über den Allokationsmechanismus des Marktes bestimmt wird (vgl. Abschnitt D.II.2.b)aa)). Also muß die staatliche Institution zur Maximierung der gesellschaftlichen Wohlfahrt allein die Boadway-Regel (vgl. (D.51)) beachten. Aufgrund linearer Homogenität der Unternehmensproduktionsfunktion (vgl. (D.21)) folgt aus (D.111):

$$(D.112) \quad p^e \frac{\partial f}{\partial G} G = C_0.$$

Da die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl (vgl. (D.111)) eine positive Unternehmensgrenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ beinhaltet (vgl. (D.112)), ist sie analytisch konsistent zur Boadway-Regel (vgl. (D.45)). Daher kann durch die Annahme fixer Gründungskosten pro Unternehmen ein langfristig effizientes Marktgleichgewicht im „firm-augmenting“-Fall erreicht werden. Dieses Ergebnis kann sich jedoch nur bei bestimmten Annahmen bzgl. der Gründungskosten einstellen, was im folgenden gezeigt wird.

aa) Gründungskosten und -kredit

Gründungskosten sind Aufwendungen für die Errichtung eines Unternehmens (vgl. Richter, 1994, 337),⁶¹ so daß sie einmalig sind. Diesen Aufwen-

⁶¹ Da nur Einproduktunternehmen in dieser Analyse betrachtet werden, sind Markteintritt und Gründung eines Unternehmens gleichzusetzen.

dungen stehen Faktorleistungen gegenüber, die erst nach Aufnahme der Produktion durch das neu gegründete Unternehmen beglichen werden können. Die Produktion des Gutes Y kann sich über mehrere Perioden erstrecken, während die Gründung eines Unternehmens lediglich in einer Periode vorgenommen wird. Folglich kann die Effizienzbedingung (D.111) nur gelten, wenn die Unternehmen nach einer Periode ihre Produktion einstellen und dann dieselbe Anzahl neuer Unternehmen gegründet wird. Weiterhin impliziert die Effizienzbedingung (D.111), daß die Gründungskosten in derselben Periode entstehen, in der die Unternehmen die Produktion beginnen. Da die Gründungsleistungen jedoch der Produktionsaufnahme zeitlich vorgelagert sind, muß der Gegenwartswert der Differenz zwischen den Erlösen und den Arbeitskosten den Gründungskosten entsprechen (vgl. Richter et al., 1995, 30). Daher muß im langfristig effizienten Marktgleichgewicht der Gegenwartswert der Unternehmensgewinne gleich Null sein.

Die Unternehmen können die Gründungskosten nicht in der Gründungsperiode bezahlen, weil die Gründungskosten eines Unternehmens vor Beginn der Produktion entstehen. Somit setzt die Gründung eines Unternehmens einen Verzicht auf gegenwärtiges Einkommen bzw. Konsum voraus. Dieser Verzicht wird nur dann geleistet, wenn die verzichtenden Akteure erwarten, daß die zukünftigen Einkommen der Unternehmen ihren gegenwärtigen Konsumverzicht ausgleichen können. Dazu erwerben diese Akteure Ansprüche auf zukünftiges Einkommen der Unternehmen, was heißt, daß sie den Unternehmen Kredite einräumen. Zur Vereinfachung wird angenommen, daß die Akteure, welche die Leistungen für die Errichtung eines Unternehmens zur Verfügung stellen, zugleich die Kreditgeber der Unternehmen sind.

Zwischen Kreditgebern und -nehmern – also den Unternehmen – sollen keine Informationsasymmetrien bestehen. Beide kennen die relevanten Marktdaten. Die Kreditgeber haben eine begrenzte Lebenszeit, was eine Gegenwartsvorliebe impliziert. Daher akzeptieren sie nur einen positiven Kreditzinssatz für die Kreditvergabe. Weiter wird angenommen, daß sich der Kreditzinssatz auf einem vollkommenen Markt für Gründungskredite bildet, und der Kreditzinssatz aus Sicht von Kreditgebern und -nehmern exogen gegeben ist. Zudem ist die Kreditlaufzeit für die Unternehmen vorgegeben. Zu Beginn der Periode 0 sollen die Gründungsleistungen erbracht sein, so daß die Unternehmen ihre Produktion aufnehmen können. Die Annuitäten bzw. die Gründungskosten pro Periode (c_0) – also Zins- und Tilgungskosten – sollen für jede Periode identisch sein. Die Gründungskosten lauten dann:

$$(D.113) \quad C_0 = c_0 \sum_{t=1}^T (1+j_T)^{-t} = c_0 \underbrace{\frac{1 - \frac{1}{(1+j_T)^T}}{j_T}}_{= a_T},$$

mit: $T :=$ Kreditlaufzeit,
 $j_T :=$ Kreditzinssatz für die Kreditlaufzeit T ,
 $t :=$ Periode,
 $c_0 :=$ Gründungskosten pro Periode, die für alle T -Perioden identisch sind,
 $a_T :=$ Barwertfaktor für die Kreditlaufzeit T .

Wenn die Unternehmen über mehrere Perioden produzieren, maximieren sie den Gegenwartswert ihres Gewinns (π_0). Sind die Unternehmen Mengenanpasser auf dem Güter-, Arbeits- und Kreditmarkt, und ist die Kreditmenge aufgrund der Exogenität der Gründungskosten für jedes Unternehmen fix vorgegeben, können die Unternehmen ihren Gewinn nur über die Variation der Arbeitseinsatzmenge maximieren:⁶²

$$(D.114) \quad \pi_0 = (pf(A_i, G) - \bar{w}A_i) \underbrace{\frac{1 - \frac{1}{(1+j_T)^T}}{j_T}}_{= a_{\bar{T}}} - c_0(T) \underbrace{\frac{1 - \frac{1}{(1+j_T)^T}}{j_T}}_{= C_0} \rightarrow \max_{A_i}.$$

mit: $\bar{T} :=$ Existenzdauer eines Unternehmens i ,
 $T \leq \bar{T}$,
 $a_{\bar{T}} :=$ Barwertfaktor über die Existenzdauer eines Unternehmens.

Die Kreditlaufzeit kann nicht länger als die Existenzdauer der Unternehmen sein, weil es für die Kreditgeber irrational ist, einen über die Existenzdauer der Unternehmen hinausgehenden Kredit zu gewähren. Somit stellt die Existenzdauer eines Unternehmens zugleich die maximal mögliche Kreditlaufzeit dar. Da eine statische Analyse durchgeführt wird, ist die Existenzdauer eines Unternehmens auf einen Zeitraum beschränkt, in dem sich weder die Präferenzen der Nachfrager nach Gut Y verändern, z. B. vollständige Substitution durch ein anderes Gut, noch technischer Fortschritt, der zur Verdrängung etablierter Unternehmen auf dem Markt Y führen kann, stattfindet.

⁶² Die Symbole sind nicht mit einem Zeitindex versehen, weil sie in jeder Periode identisch sind.

Die notwendige Bedingung für die Maximierung des Gegenwartswertes des Gewinns ist dieselbe wie für den Periodengewinn eines Unternehmens, weil die Produktion der Unternehmen annahmegemäß nicht intertemporal erfolgt:

$$(D.115) \quad p \frac{\partial f}{\partial A_i} = \bar{w}.$$

Somit entspricht die Arbeitsnachfragefunktion einer Periode der Gleichung (IV.17). Folglich gilt die Gleichgewichtsbedingung (D.25), so daß entsprechend der gleichgewichtige Marktpreis eine Funktion der Unternehmensanzahl und des „firm-augmenting public input“ darstellt (vgl. (D.26)). Da die gesellschaftliche Wohlfahrt nur bei einem Gleichgewicht auf dem Gütermarkt maximiert werden kann, ist der Nettoüberschuß eine Funktion des gleichgewichtigen Marktpreises (vgl. Abschnitt D.II.2.a)). Der Nettoüberschuß entspricht dem Gegenwartswert der Summe aus der Konsumentenrente des Gütermarktes, den Gewinnen der Unternehmen der Branche Y und den Bereitstellungskosten für die Produktion des „firm-augmenting public input“. ⁶³

$$(D.116) \quad \begin{aligned} N_{\bar{T}} &= a_{\bar{T}} \int_{p^e(n, G)}^{p^0} Y^d(\psi, \bar{w}) d\psi \\ &= \overbrace{n[a_{\bar{T}} p^e(G, n) Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(G, n), G, \bar{w}), G) - a_{\bar{T}} \bar{w} \hat{A}_i(p^e(G, n), G, \bar{w}) - C_0]}^{\pi_{0 \max}} \\ &\quad - a_{\bar{T}} C_G(G) \\ &\rightarrow \max_{n, G}. \end{aligned}$$

mit: $\pi_{0 \max} :=$ maximal möglicher Gewinn pro Unternehmen
bei gegebenen p, G, n .

Die notwendigen Bedingung lassen sich durch partielle Differenzierung des Nettoüberschusses (D.116) nach G und n ermitteln. Wird der Nettoüberschuß nach G differenziert, resultiert die Boadway-Regel (vgl. Anhang V, ad (D.118)). Differenziert man den Nettoüberschuß (D.116) nach der Unternehmensanzahl, ergibt sich als weitere notwendige Bedingung (vgl. Anhang V, ad (D.118)):

$$(D.117) \quad \pi_{\max} = 0.$$

⁶³ Da die Produktion der Unternehmen nicht intertemporal ist, wird angenommen, daß die staatliche Institution in jeder Periode dieselbe Menge des „firm-augmenting public input“ bereitstellt.

Die Bedingung (D.117) ist äquivalent zu:

$$(D.118) \quad (p^e Y_i^s - \bar{w} \hat{A}_i) a_T = C_0.$$

Aufgrund linearer Homogenität der Produktionsfunktion und unter Berücksichtigung von (D.113) läßt sich (D.118) schreiben als:

$$(D.119) \quad p^e \frac{\partial f}{\partial G} G = \frac{C_0}{a_T}.$$

Damit muß die Differenz zwischen Erlösen und Arbeitskosten, also die ökonomische Rente des „firm-augmenting public input“ (vgl. linke Seite von (D.119)), den auf eine Periode umgerechneten Gründungskosten entsprechen (vgl. rechte Seite von (D.119)). Anhand von (D.113) ist ablesbar, daß die tatsächlichen Gründungskosten pro Periode mit dem Wert C_0/a_T übereinstimmen. Folglich kann die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl nur dann erfüllt sein, wenn gilt:

$$(D.120) \quad a_T = a_{\bar{T}}.$$

Das setzt notwendig voraus, daß die Kreditlaufzeit der Existenzdauer eines Unternehmens entspricht. Ist die Kreditlaufzeit kürzer als die Existenzdauer eines Unternehmens, gilt (vgl. (D.114)):

$$(D.121) \quad a_T < a_{\bar{T}},$$

so daß die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl nicht erfüllt werden kann, weil die auf die gesamte Existenzdauer eines Unternehmens umgerechneten Gründungskosten pro Periode (vgl. rechte Seite von (D.119)) geringer sind als die tatsächlichen Gründungskosten pro Periode (c_0). Daher können die Unternehmen die Kreditverpflichtungen aus den Gründungskosten bereits nach T-Perioden decken, so daß die Unternehmen folgenden diskontierten Gewinn erzielen:

$$(D.122) \quad \pi_{0\max} = (a_{\bar{T}} - a_T) p^e \frac{\partial f}{\partial G} G > 0.$$

Folglich erhalten die Unternehmen einen positiven Gegenwartswert des Gewinns, was nicht konsistent zur Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl ist (vgl. (D.117)). Somit ist kein langfristig effizientes Marktgleichgewicht zu erzielen, wenn die Kreditlaufzeit kürzer als die Existenzdauer der Unternehmen ist. Daher ist es möglich im „firm-augmenting“-Fall ein Wohlfahrtsmaximum zu erreichen, wenn die Unternehmen über ihre

gesamte Existenzdauer Verpflichtungen aus dem Gründungskredit nachkommen müssen.

bb) Gründungskosten als Markteintrittsbarriere

Dieser Abschnitt zeigt auf, daß die Gründungskosten eine Markteintrittsbarriere darstellen können. Da die Gründungskosten (C_0) nur einmalig vor Beginn der Produktion eines Unternehmens entstehen und damit keine Kosten für die Anschaffung der Kapitalausstattung umfassen können – in diesem Fall wären es Kapitalkosten –,⁶⁴ sind sie unabhängig davon existent, ob ein Unternehmen produziert oder nicht. Folglich können die Gründungskosten irreversibel sein. Allerdings sind sie im Unterschied zu den Kosten für ein unteilbares Kapitalgut (vgl. Abschnitt D.II.4.b)aa)) langfristig nicht fix (vgl. Baumol/Willig, 1981, 406 Def. 1 u. 2).

Dies Ergebnis belegen Beispiele für Gründungskosten wie Kosten für die Gewerbeanmeldung, Notariatskosten, Gerichtskosten für die Handelsregistereintragung, Beratungskosten etc. (vgl. Collrepp, 1998, 214). Diesen Gründungskosten stehen Dienstleistungen gegenüber, die *nur* zum Zeitpunkt der Unternehmensgründung entstehen und bei Einstellung der Produktion nicht wieder hereingeholt werden können. Wenn die Gründungskosten „sunk costs“ sind, entsteht ein zweistufiger Entscheidungsprozeß für ein Unternehmen. Bei Markteintritt (Stufe 1) stellen die Gründungskosten für ein Unternehmen Opportunitätskosten dar, so daß sie berücksichtigt werden. Nach dem Markteintritt (Stufe 2) sind die Gründungskosten für die Entscheidung eines Unternehmens nicht mehr relevant, weil sie bei Einstellung der Produktion weiterhin positiv sind. Da die Gründungskosten für neu eintretende Unternehmen relevant sind, hingegen für etablierte Unternehmen nicht, sind sie eine Markteintrittsbarriere, wenn sie zu Ineffizienzen führen (vgl. Baumol/Willig, 1981, 408). Gemäß der Ergebnisse aus Abschnitt aa) entstehen Ineffizienzen, wenn die Kreditlaufzeit kürzer als die Existenzdauer eines Unternehmens ist. In diesem Fall ist die Unternehmensanzahl auf dem Markt für das Gut Y ineffizient (vgl. (D.119)–(D.121)), so daß die Gründungskosten eine Markteintrittsbarriere darstellen.

Darüber hinaus sind Gründungsleistungen nicht produktiv, weil sie vor Produktionsbeginn eines Unternehmens durchgeführt werden (vgl. Abschnitt aa)). Dementsprechend können Gründungskosten offensichtlich nur durch Marktunvollkommenheiten wie fehlende Markttransparenz oder/und staatlichen Regelungen bzgl. der Gründung neuer Unternehmen erklärt werden. Da jedoch ein vollkommener Gütermarkt angenommen wird, sind

⁶⁴ Würden die Gründungskosten Ausgaben für die anfängliche Kapitalausstattung eines Unternehmens darstellen, entsprächen sie kurzfristig fixen Kosten und wären somit in der langen Frist variabel.

Gründungskosten, die aufgrund von Marktunvollkommenheiten entstehen, nicht mit dem in Abschnitt c) verwendeten Modell vereinbar. Damit bleibt als einzige Erklärung für die Annahme fixer Gründungskosten pro Unternehmen, daß aufgrund staatlicher Regelungen – wie einer kostenpflichtigen Gewerbeanmeldung – fixe Gebühren für die Gründung eines Unternehmens zu zahlen sind. Da im langfristigen Marktgleichgewicht die Gewinne der Unternehmen gleich Null sind, entspricht im Gleichgewicht die ökonomische Rente des „firm-augmenting public input“ den Gründungskosten (vgl. (D.119)). Folglich schöpft die staatliche Institution durch Erhebung von Gebühren für die Gründung eines Unternehmens die ökonomische Rente des „firm-augmenting public input“ von den Unternehmen ab. Somit sind fixe Gründungskosten, die durch staatliche Regelungen verursacht werden, de facto eine Nutzungsgebühr für den „firm-augmenting public input“. Da aufgrund der Nichtrivalität des „firm-augmenting public input“ auf der Unternehmensebene, der Einsatz des „firm-augmenting public input“ durch ein zusätzliches Unternehmen keine weiteren Kosten verursacht, sollte kein Unternehmen von der Nutzung des „firm-augmenting public input“ ausgeschlossen werden. Findet a priori kein Ausschluß durch Erhebung einer Gebühr statt, erzielen die Unternehmen im langfristigen Marktgleichgewicht keine ökonomische Rente aus dem „firm-augmenting public input“ (vgl. Abschnitt D.II.4.a)). Daher sollten den Unternehmen keine Kosten für die Nutzung des „firm-augmenting public input“ angelastet werden, womit die staatlich verursachten Gründungskosten ineffizient sind.

Als Resümee des Abschnitts c) ergibt sich, daß bei Annahme fixer Gründungskosten pro Unternehmen im „firm-augmenting“-Fall analytisch ein langfristig effizientes Marktgleichgewicht erreicht werden kann, wenn die Gründungskosten keine Markteintrittsbarriere darstellen. Für diese Voraussetzung muß die Laufzeit – des zur Gründung eines Unternehmens notwendigen Kredits – der Existenzdauer eines Unternehmens entsprechen. Andernfalls sind die Gründungskosten eine Markteintrittsbarriere, so daß Wohlfahrtsverluste entstehen. Weiterhin sind bei Annahme eines vollkommenen Gütermarktes Gründungskosten offensichtlich nur durch staatliche Regelungen erklärbar, die jedoch Wohlfahrtsverluste implizieren. Daher ist es nicht plausibel davon auszugehen, daß im „firm-augmenting“-Fall unter der Prämisse fixer Gründungskosten pro Unternehmen ein Wohlfahrtsmaximum erreicht werden kann.

5. Zusammenfassung

Auf Basis eines Modells von Boadway (1973) ist gezeigt worden, daß abweichend von Boadways Ergebnissen a) Boadway einen „firm-augmenting public input“ modelliert (vgl. Abschnitt D.II.1), b) eine Erhöhung des

„firm-augmenting public input“ keinen Zuwachs des sozialen Überschusses bedingt (vgl. Abschnitt D.II.2.b)), c) die Boadway-Regel das partialanalytische Äquivalent der Kaizuka-Regel ist, und damit die Kaizuka-Regel im „firm-augmenting“-Fall anwendbar ist (vgl. Abschnitt D.II.2.c)) und d) die Boadway-Regel sowie die Bedingung für eine effiziente Unternehmensanzahl im „firm-augmenting“-Fall widersprüchlich sind (vgl. Abschnitt D.II.3). Letzteres ist auf die Annahme des „firm-augmenting public input“ als Zwischenprodukt und den Gutseigenschaften des „firm-augmenting public input“ zurückzuführen. Daher ist der „firm-augmenting public input“ bei Annahme vollständiger Konkurrenz auf den Güter- und Faktormärkten nicht widerspruchsfrei abzubilden, so daß der „firm-augmenting public input“ in diesem Fall entsprechend dem Ergebnis des Abschnitts D.I theoretisch nicht haltbar ist.

Lediglich im Fall eines unteilbaren Kapitalgutes kann ein langfristig effizientes Gleichgewicht im „firm-augmenting“-Fall erreicht werden. Jedoch ist es nicht möglich durch die Annahme eines unteilbaren Kapitalgut den bei endogener Unternehmensanzahl durch die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“ verursachten Widerspruch zu lösen, weil die effiziente Unternehmensanzahl durch die Unteilbarkeit exogen bestimmt ist. Damit ist die Unteilbarkeit eines Kapitalgutes eine Begründung für die exogene Ermittlung der Unternehmensanzahl in der langen Frist (vgl. Abschnitt D.II.4.b)dd)), so daß die theoretische Inkonsistenz des „firm-augmenting public input“ per Annahme ausgeschlossen und daher lediglich „verschleiert“ wird. Wie Abschnitt D.II.4.b)ee) aufgezeigt hat, ist zudem die Annahme eines unteilbaren Kapitalgutes keine hinreichende Begründung für die exogene Ermittlung der Unternehmensanzahl in der langen Frist, wodurch der Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall wieder deutlich wird.

Analytisch kann eine maximale gesellschaftliche Wohlfahrt mit einem „firm-augmenting public input“ erreicht werden, wenn fixe Gründungskosten pro Unternehmen angenommen werden, die zu dauerhaften Verpflichtungen für die Unternehmen führen (vgl. Abschnitt D.II.4.c)aa)). Indessen zeigen Plausibilitätsüberlegungen, daß fixe Gründungskosten pro Unternehmen im Fall eines vollkommenen Gütermarktes nur durch den Staat verursacht werden können. Allerdings ist eine staatliche Gebührenerhebung für die Gründung eines Unternehmens ineffizient (vgl. Abschnitt D.II.4.c)bb)), so daß die These der theoretischen Inkonsistenz des „firm-augmenting public input“ durch die Annahme fixer Gründungskosten pro Unternehmen nicht widerlegt werden kann. Da sich zudem – wie in Abschnitt D.I.4 bereits ausgeführt – keine überzeugenden Beispiele für den „firm-augmenting“-Fall finden lassen, ist die Annahme, daß ein Zwischenprodukt rivalisierend auf der Faktorebene und zugleich nichtrivalisierend auf der Unter-

nehmens- und Branchenebene ist – der „firm-augmenting public input“ –, aufgrund theoretischer und empirischer Erwägungen abzulehnen.

III. „Factor-augmenting public input“ und „unpaid factor“ – Ein vorläufiges Fazit

In den Abschnitten D.I und D.II ist gezeigt worden, daß das Konzept vertikaler Mischgüter, das horizontale Mischgüter umfaßt (vgl. Abschnitt C.VI), aufgrund theoretischer und empirischer Erwägungen ökonomisch nicht begründet werden kann. Damit können Zwischenprodukte *entweder rivalisierend oder nichtrivalisierend* verwendet werden, so daß allein die Faktorebene maßgeblich für die Gutseigenschaften eines Zwischenproduktes ist (vgl. Abschnitt D.I.5). Dementsprechend reduziert sich die Klassifikation in Tabelle 3 auf den rivalisierenden „unpaid factor“ und den nicht-rivalisierenden „factor-augmenting public input“. Daher ist eine Produktionsfunktion, die ein öffentliches Zwischenprodukt als Argument enthält, linearhomogen in den privaten Produktionsfaktoren, so daß diese Produktionstechnologie durch steigende Skalenerträge gekennzeichnet ist.

Darüber hinaus bestätigt dieses Ergebnis die von Bowen (1943) und Samuelson (1954; 1969) postulierte Zwei-Güter-Welt, gemäß der Güter öffentlich oder privat sein können, jedoch keine Mischgüter zugelassen werden. Dies ermöglicht eine einheitliche Klassifizierung von Konsumgütern und Zwischenprodukten (vgl. Colombier/Pickhardt, 1999b, 514), was im folgenden gezeigt wird.

Zur Existenz von Mischgütern merkt Samuelson (1969, 108) an: „What are we left with? Two poles and a continuum in between? No. With a knife-edge pole of the private-good case, and with all the rest of the world in the public good domain by virtue of involving some ‚consumption externality‘.“ Wenn sich jedoch alle Güter a priori anhand der Gutseigenschaften Rivalität und Nichtrivalität klassifizieren lassen, dann setzt dies voraus, daß die Gutseigenschaften unabänderlich aus der Art und Weise des Konsums eines Gutes folgen, also technisch vorgegeben sind (vgl. z.B. Bowen, 1943, 33; Blümel et al., 1986, 245).⁶⁵ Aus der technischen Gegebenheit der Gutseigenschaften folgt, daß Rivalität im Konsum – entsprechend der Rivalität in der Produktion (vgl. Abschnitt D.I.5) – nicht endogen generiert werden kann. Die Rivalität bezieht sich allein auf den Konsum der physischen Menge des betrachteten Gutes (vgl. Musgrave, 1969, 43). Somit sind nicht-mengenmäßige Beeinträchtigungen der Konsumenten, die etwa aus der spezifischen Zusammensetzung der Konsumentengruppe, deren Anzahl oder

⁶⁵ Weitere Hinweise zur technischen Bedingtheit der Gutseigenschaften finden sich bei Pickhardt (1997, 40 f.).

Verhalten etc. resultieren, durchaus mit dem nichtrivalisierenden Konsum der insgesamt bereitgestellten Menge des betrachteten Gutes vereinbar. Nicht-mengenmäßige Beeinträchtigungen können daher als (positive oder negative) externe Effekte aufgefaßt werden, die beim Konsum des betrachteten Gutes entstehen. Darüber hinaus wurde in Abschnitt C.I bereits darauf hingewiesen, daß es nichtrivalisierende Güter gibt, bei denen ein Preisausschluß angewendet werden kann und solche, bei denen das nicht der Fall ist. Die Anwendbarkeit des Preisausschlusses kann daher neben den nicht-mengenmäßigen Beeinträchtigungen als weiteres Klassifizierungskriterium für nichtrivalisierende Güter dienen. Einen Überblick bietet die folgende Tabelle.^{66, 67}

Tabelle 5
Klassifizierung öffentlicher und privater Güter

Privat			Öffentlich			
Typ a; b	Typ c; d	Spezifikation	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D
Rivalität	Rivalität	Gutseigenschaft	Nicht-rivalität	Nicht-rivalität	Nicht-rivalität	Nicht-rivalität
ja; nein	ja; nein	nichtmengenmäßige Beeinträchtigungen	ja	nein	ja	nein
ja	nein	Ausschluß	ja	ja	nein	nein

Die Faktorebene, die relevant für die Bestimmung der Gutseigenschaft eines Produktionsfaktors ist, entspricht im Konsumgüterfall der Ebene des Individuums, so daß in beiden Fällen nur eine einzige Aggregationsebene maßgeblich ist und daher eine gemeinsame Klassifizierung möglich wird. Anhand der Gutseigenschaften ist der „factor-augmenting“ Fall als öffentliches Gut vom Typ A–D einzuordnen – wie aus Tabelle 5 ersichtlich ist. Je nachdem, ob die Klassifizierungskriterien zutreffen oder nicht, ergibt sich dann die konkrete Zuordnung. Demgegenüber handelt es sich beim „unpaid factor“ hinsichtlich der Gutseigenschaften um ein privates Gut vom Typ a–d.

⁶⁶ Auf der linken Seite der Tabelle wurden aus Platzgründen die privaten Güter vom Typ a und b sowie c und d zusammengefaßt. Ein „ja“ bedeutet jeweils, daß eine nichtmengenmäßige Beeinträchtigung bzw. ein Ausschluß möglich ist und ein „nein“, daß dies nicht möglich ist. Für eine ausführliche Erläuterung sowie Erweiterungen hinsichtlich des Ausschlusses vgl. Pickhardt, 1997, 21 ff. Für eine anwendungsorientierte Darstellung vgl. Pickhardt, 1998, 45.

⁶⁷ Die Tabelle 5 ist aus Colombier/Pickhardt, 1998, Abschnitt 4.2, entnommen.

Nach diesem kurzen Exkurs zur Beziehung zwischen Konsumgütern und Zwischenprodukten wird im folgenden Abschnitt die Relevanz der bisher vernachlässigten unternehmensinternen Skaleneffekte für die Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt untersucht, um möglicherweise eine allgemeine Spezifikation eines öffentlichen Zwischenproduktes begründen zu können.

E. Eine allgemeine Spezifikation der Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt

Bisher ist der Zusammenhang zwischen den Gutseigenschaften eines staatlich bereitgestellten Zwischenproduktes und der Spezifikation einer Produktion mit einem Zwischenprodukt dargelegt worden (vgl. Abschnitt C). Basierend darauf konnte gezeigt werden, daß allein der „factor-augmenting public input“ ein öffentliches Zwischenprodukt im Sinne der Theorie öffentlicher Güter ist (vgl. Abschnitt D). So ist offensichtlich die Spezifikation des „factor-augmenting public input“ der allgemeine Fall für die Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt. Indessen berücksichtigt die Spezifikation des „factor-augmenting public input“ keine Vor- und Nachteile der Unternehmensgröße, d.h. unternehmensinterne Skaleneffekte, so daß bei fixer Bereitstellungsmenge des „factor-augmenting public input“ der Output durch proportionaler Erhöhung von Arbeit und Kapital proportional gesteigert werden kann. M.a.W.: Die Produktionsprozesse sind beliebig reproduzierbar (vgl. Manning/McMillan, 1979, 246; McMillan, 1979, 294). Damit hat der „factor-augmenting public input“ keinen Einfluß auf die Summe der Produktionselastizitäten von Arbeit und Kapital, weil der „factor-augmenting public input“ nichtrivalisierend in der Produktion verwendet werden kann (vgl. Abschnitt C.IV.1 und Abschnitt D.II.1).

Jedoch ist gemäß Arnold (1992, 181) die Spezifikation des „factor-augmenting public input“ ein Spezialfall. Daher berücksichtigt Arnold (1980, 261 u. 1992, 181) unternehmensinterne Skaleneffekte, indem er eine homothetische Unternehmensproduktionsfunktion bzgl. Arbeit, Kapital und einem öffentlichen Zwischenprodukt annimmt,¹ so daß die Skalanelastizität variabel ist. Die Annahme einer homothetischen Produktionsfunktion ist allein auf unternehmensinterne Skaleneffekte zurückzuführen und erklärt sich nicht durch den Einbezug des öffentlichen Zwischenproduktes (vgl. Arnold, 1992, 181 u. 34 ff.).

¹ Arnold (1992, 181) sieht neben der Spezifikation des „factor-augmenting public input“ ein öffentliches Zwischenprodukt, das die Produktivität privater Faktoren im Rahmen einer homothetischen Produktionsfunktion steigert, als Spezialfall an. Im Unterschied zu dieser Arbeit wird von Arnold (1992, 79) ein nichtrivalisierendes Gut als Kollektivgut bezeichnet.

Im allgemeinen Gleichgewichtsmodell können durch die Annahme einer homothetischen Produktionsfunktion eine effiziente Unternehmensgröße (gemessen in Outputseinheiten) und eine effiziente Unternehmensanzahl endogen bestimmt werden, welches mit einer linearhomogenen Produktionstechnologie in den privaten Faktoren nicht möglich ist (vgl. Arnold, 1992, 37). Somit kann die Anbieteranzahl auf dem Gütermarkt modellendogen ermittelt werden. Die zunächst steigenden, dann konstanten und schließlich sinkenden Skalenerträge der angenommenen homothetischen Produktionsfunktion werden ökonomisch durch Phänomene wie Spezialisierung der privaten Faktoren durch Arbeitsteilung und Kontroll- und Koordinationskosten innerhalb eines Unternehmens begründet (vgl. Arnold, 1992, 41). Dies impliziert langfristig eine U-förmige Durchschnittskostenkurve für ein Unternehmen, wenn die Faktorpreise gegeben sind.

Jedoch werden für die meisten Branchen in empirischen Untersuchungen langfristig L-förmige Durchschnittskostenkurven (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 138; Mansfield, 1994, 263), konstante oder fallende Durchschnittskosten (vgl. Jha et al., 1993, 1341; Burnside et al., 1995, 105; Burnside, 1996, 199) gemessen. Dies bestätigt die Ansicht einiger Autoren, wonach keine Phänomene existieren, die fallende Skalenerträge und damit den steigenden Ast der langfristigen Durchschnittskostenkurve erklären können (vgl. Kaldor, 1934, 70 f.; Varian, 1985, 21 f.²; Eatwell, 1987, 166). Folglich widerspricht die Annahme einer U-förmigen Durchschnittskostenkurve den Ergebnissen empirischer Untersuchungen (vgl. Cohen, 1983, 214).

Daher soll unter der Annahme eines repräsentativen Unternehmens der neoklassischen Preistheorie untersucht werden, ob unternehmensinterne Skaleneffekte und damit Abschnitte steigender und fallender Durchschnittskosten konsistent begründet werden können (vgl. Abschnitt III). Grundlage dafür ist das Konzept der Produktionsfunktion, wobei entsprechend der Annahme einer homothetischen und homogenen Produktionsfunktion von substituierbaren Faktoren ausgegangen wird. Da der Begriff der Skalenelastizität grundlegend für die anschließende Argumentation ist, wird dieser zunächst definiert (vgl. Abschnitt I). Abschnitt II verdeutlicht den Unterschied zwischen einer Skalenvariation und technischem Fortschritt.

Das Ziel der Analyse dieses Abschnittes ist es zu überprüfen, ob die Annahme einer homothetischen Produktionsfunktion gemäß Arnold (1992) oder einer linearhomogenen Produktionsfunktion entsprechend der Spezifikation des „factor-augmenting public input“ mit den Annahmen über ein

² Varian (1985, 21 f.) schlägt bei fallenden Skalenerträgen vor, die Definition der Skalenerträge lediglich auf die vom Unternehmen variierbaren Faktoren einzuengen. Daher werden fallende Skalenerträge von Varian (1985) als „Restriktion der Technologie konstanter Skalenerträge“ bezeichnet.

Unternehmen in der neoklassischen Preis- und Produktionstheorie vereinbar sind, und somit eine allgemeine Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt ableitbar ist.

Die Argumentation bzgl. der Skalenelastizität ist unabhängig von den Marktbedingungen, denen sich ein repräsentatives Unternehmen gegenüber sieht, während die Faktorpreise Determinanten für den Verlauf der Durchschnittskostenfunktion sind. Um die Effekte der Skalenerträge auf die Durchschnittskosten isolieren zu können, wird angenommen, daß die Faktorpreise den Unternehmen parametrisch vorgegeben sind (vgl. Abschnitt III). Daher wird auf den Märkten für die privaten Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital vollständige Konkurrenz unterstellt. Da sich die Begründungen für eine linearhomogene bzw. eine homothetische Produktionsfunktion auf die vom Unternehmen kontrollierbaren Faktoren beschränken, werden externe Effekte, die durch Aktivitäten Dritter verursacht werden, und öffentliche Zwischenprodukte in der folgenden Analyse vernachlässigt.

I. Definition der Skalenelastizität

Die Skalenelastizität gehört zu den Eigenschaften einer Produktionsfunktion (vgl. Hesse/Linde, 1976, 20 u. 60). Daher werden im folgenden zunächst grundlegende produktionstheoretische Begriffe erläutert. In Anlehnung an Arnold (1992, 41) wird angenommen, daß durch die Produktionsfunktion die Produktionsmöglichkeiten eines Ein-Produkt-Unternehmens, dessen Handlungen rational sind, abgebildet werden. Die Outputmenge eines Gutes und die Inputmengen der Produktionsfaktoren werden gewöhnlich als Stromgrößen erfaßt.^{3,4}

Die Produktionsmöglichkeiten eines Unternehmens werden in der Aktivitätsanalyse durch eine Technologiemenge abgebildet. Diese enthält alle Produktionsprozesse,⁵ die den Stand des technischen Wissens zu einem bestimmten Zeitpunkt widerspiegeln (vgl. Mansfield, 1994, 193). Dabei ist ein Produktionsprozeß im Ein-Produkt-Fall durch die Produktionskoeffizienten⁶ definiert. Ein Produktionsprozeß gibt an, welche Faktoren und wie viele Einheiten dieser Faktoren zur Produktion einer Outputeinheit notwen-

³ Vgl. Carlson [1909] 1974, 2; Henderson/Quandt, 1983, 67; Stobbe, 1991, 162.

⁴ Die Messung als Stromgröße erweist sich bei vielen Produktionsfaktoren als problematisch, so daß häufig Bestandsgrößen verwendet werden. Dies ist nur dann unkritisch, wenn ein funktionaler Zusammenhang zwischen dem Bestand und der Leistung eines Faktors existiert (vgl. Hesse/Linde, 1976, 16 f.).

⁵ Die Begriffe „Methode“, „Technik“ und „Verfahren“ werden synonym zum Begriff „Prozeß“ gebraucht.

⁶ Der Produktionskoeffizient entspricht der Faktoreinsatzmenge pro Outputeinheit (vgl. Krelle, 1969, 25).

dig sind (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 67; Kistner, 1993, 64). Technisch effizient ist ein Produktionsprozeß dann, wenn kein anderer Produktionsprozeß existiert, der bei gleichem Outputniveau eine geringere Inputmenge zumindest eines Faktors realisiert (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 67 f.; Varian, 1985, 11).⁷

Die Produktionsfunktion⁸ umfaßt die Menge technisch effizienter Produktionsprozesse.⁹ Da ein rationaler Unternehmer nur technisch effiziente Produktionsprozesse berücksichtigt (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 68; Henderson/Quandt, 1983, 72), wird im folgenden auf Grundlage des Konzeptes der Produktionsfunktion argumentiert.

Die Annahme einer gegebenen Produktionstechnologie schließt technischen Fortschritt aus, so daß kein Wechsel der Produktionsfunktion möglich ist. Daher wird im Fall einer gegebenen Produktionsfunktion ein statischer Zustand unterstellt (vgl. Hicks, 1973, 177). In der statischen neoklassischen Theorie werden nach Marshall drei Gleichgewichtskonzepte unterschieden, die verschiedene Anpassungsmöglichkeiten eines Unternehmens an veränderte exogene Bedingungen beinhalten. So kann ein Unternehmen im Gleichgewicht der Marktperiode (temporary equilibrium, sehr kurze Periode) seine Produktionsmenge und seine Angebotsmenge nicht an neue Bedingungen anpassen. In einem kurzfristigen Gleichgewicht (short-period

⁷ Häufig verwendet die Literatur auch die folgende Definition für einen technisch effizienten Produktionsprozeß: Ein Produktionsprozeß ist technisch effizient, wenn kein anderer Produktionsprozeß existiert, der bei gleichen Inputmengen zu einer höheren Outputmenge führt (vgl. Varian, 1985, 11; Samuelson, 1947, 57; Carlson [1909] 1974, 14 f.; Henderson/Quandt, 1983, 67; Mansfield, 1994, 195). Allerdings läßt diese Definition Faktorverschwendung zu, was ein Widerspruch zur technischen Effizienz darstellt. Dies sei anhand eines Beispiels illustriert. Angenommen ein Gut wird nur mit Hilfe von Arbeit produziert. Der stetige Verlauf der Ertragskurve ist zunächst streng monoton steigend und schließlich streng monoton fallend. Gemäß der angeführten Definition ist jeder Produktionsprozeß, der durch eine solche Ertragskurve beschrieben wird, technisch effizient. Jedoch werden die Produktionsprozesse im Intervall der fallenden Ertragskurve durch Produktionsprozesse im Bereich der steigenden Ertragskurve dominiert, weil die gleichen Outputmengen mit geringeren Arbeitseinsatzmengen im Bereich der steigenden Ertragskurve produziert werden können. Folglich ist die Definition inkonsistent.

⁸ Hier muß angemerkt werden, daß die Technologiemenge eines Unternehmens nicht notwendig eine stetige Produktionsfunktion umfaßt. Wenn die Produktionsfunktion stetig ist, müssen hinreichend viele unterschiedliche Produktionsprozesse existieren. Dann weist die Isoquante keine Knickpunkte auf, so daß von einer glatten Produktionsfunktion und Technologie gesprochen werden kann. Dabei ist die Annahme einer stetigen Produktionsfunktion lediglich eine Annäherung an die real existierenden Produktionsmöglichkeiten (vgl. Koutsoyiannis, 1975, 69; Varian, 1985, 17 f.).

⁹ Vgl. Krelle, 1969, 7; Carlson [1909] 1974, 15; Koutsoyiannis, 1975, 67; Henderson/Quandt, 1983, 67, Varian, 1985, 11.

equilibrium, kurze Periode) kann ein Unternehmen die Einsatzmengen einiger Faktoren variieren, so daß eine Veränderung der Produktions- und Angebotsmenge möglich ist. Hier wird unterstellt, daß die Einsatzmengen der Kapitalgüter (z.B. Maschinenpark, Gebäude) konstant sind. Im langfristigen Gleichgewicht kann ein Unternehmen dann die Produktionsmenge durch Variation der Einsatzmengen aller Faktoren anpassen. Damit können die Einsatzmengen der Kapitalgüter verändert werden (vgl. Henderson/Quandt, 1983, 143; Panico/Petri, 1987, 238 f.).

Die Skalenerträge geben an, wie sich der Output verändert, wenn die Einsatzmengen *aller* Produktionsfaktoren, die als Argumente in der Produktionsfunktion erscheinen,¹⁰ proportional variiert werden.¹¹ Daher sind sie ein Analyseinstrument für die lange Periode. Das bedeutet jedoch nicht, daß für die lange Frist empirisch in jedem Fall Skalenerträge ermittelt werden können, da dauerhaft konstante Faktoren wie natürliche Ressourcen existieren können.

Ein lokales Maß für die Skalenerträge ist die Skalenelastizität. Sie mißt die prozentuale Zunahme der Outputmenge infolge gleicher prozentualer Erhöhung der Einsatzmengen aller Faktoren. Durch die Skalenelastizität wird das Verhältnis zwischen marginalem und durchschnittlichem Skalenertrag¹² angegeben (vgl. Hesse/Linde, 1976, 60; Varian, 1985, 22). Also ist die Skalenelastizität bei steigenden Skalenerträgen größer als eins, bei fallenden Skalenerträgen kleiner als eins und bei konstanten Skalenerträgen gleich eins. Bei fallenden Skalenerträgen erhöht sich der Output unterproportional zur Steigerung der Inputs, entsprechend bei steigenden überproportional und proportional bei konstanten. In den ersten beiden Fällen verändern sich bei proportionaler Variation der Produktionsfaktoren die Produktionskoeffizienten, so daß ein Wechsel des Produktionsprozesses stattfindet. Dahingegen werden bei konstanten Skalenerträgen lediglich unterschiedliche Niveaus desselben Produktionsprozesses abgebildet bzw. es wird derselbe Produktionsprozeß vervielfacht. Bleibt die Skalenelastizität über alle Outputniveaus konstant, kann dies durch eine homogene Produktionsfunktion mit dem entsprechenden Homogenitätsgrad ausgedrückt

¹⁰ Natürlich werden in keinem Fall alle Faktoren berücksichtigt werden können, die die Produktion beeinflussen (vgl. Frisch, 1965, 14 f.; Krelle, 1969, 2 f.). Daher ist das Wort „alle“ in diesem Zusammenhang im Sinne von alle vom Forscher in der Produktionstechnologie eines Unternehmens berücksichtigten Faktoren zu verstehen. Folglich wird für alle nicht erfaßten Produktionsfaktoren angenommen, daß Änderungen ihrer Einsatzmengen einen vernachlässigenswerten Einfluß auf die Produktion ausüben oder/und ökonomisch nicht knapp sind.

¹¹ Vgl. Koutsoyiannis, 1975, 77; Henderson/Quandt, 1983, 107; Varian, 1985, 20; Eatwell, 1987, 165.

¹² Der Begriff „Skalenertrag“ ist synonym zum Begriff „durchschnittlicher Skalenertrag“ (vgl. Hesse/Linde, 1976, 61).

werden. Eine variable Skalenelastizität kann mit Hilfe einer homothetischen Produktionsfunktion dargestellt werden (vgl. Hesse/Linde, 1976, 108; Hass/Reichel, 1996, 632).

II. Konstanz der Produktionstechnologie

Die Skalenelastizität ist für eine gegebene Produktionsfunktion definiert. Um eine Skalenvariation von einer Veränderung der Produktionsfunktion unterscheiden zu können, werden die Bedingungen für die Änderung einer Produktionsfunktion genannt. Der Wechsel einer Produktionsfunktion ist Ausdruck technischen Fortschritts (vgl. Krelle, 1969, 117).

Die Produktionsfunktion ist eine Zusammenfassung technisch effizienter Verfahren, die angibt in welcher Weise Faktoreinsatzmengen in Outputmengen transformiert werden. Dabei kann mit einer bestimmten Faktoreinsatzmengenkombination nur eine bestimmte Outputmenge erzeugt werden. Die Beziehung zwischen Faktoreinsatzmengen und Outputmenge ist eindeutig, während der Umkehrfall bei Substitutionalität der Produktionsfaktoren nicht gilt. So ist vorstellbar, daß dieselbe Weizenmenge mit relativ viel Dünger und relativ wenig Wasser erzeugt wird oder mit relativ wenig Dünger und relativ viel Wasser, wobei die anderen notwendigen Produktionsfaktoren als konstant unterstellt werden. Somit ist eine konstante technisch effiziente Produktionstechnologie dadurch gekennzeichnet, daß eine eindeutige Beziehung zwischen Faktoreinsatzmengen und Produktionsmenge besteht. Folglich ist eine substitutionale Produktionsfunktion surjektiv.

Nehmen wir an, es werde ein Gut (Y) mit Hilfe eines Kapitalgutes (K) und dem Einsatz von Arbeit (A) produziert. Beide Produktionsfaktoren sind nicht vollständig substituierbar. Durch die Produktionskoeffizienten der Arbeit (A_1/Y_1) und des Kapitalgutes (K_1/Y_1) sei ein technisch effizienter Produktionsprozeß zu einem bestimmten Zeitpunkt gegeben. Wenn zu einem späteren Zeitpunkt ein Produktionsprozeß technisch durchführbar wird, der durch die Produktionskoeffizienten A_1/Y_2 und K_1/Y_2 mit $Y_2 > Y_1$ oder A_1/Y_1 und K_2/Y_1 mit $K_2 < K_1$ gekennzeichnet ist, verändert sich die Produktionsfunktion. Dies kann daran abgelesen werden, daß der „ursprünglich“ technisch effiziente Produktionsprozeß technisch ineffizient wird und damit permanent durch einen „neuen“ technisch effizienten Produktionsprozeß ersetzt wird (vgl. Frisch, 1965, 15). Der Wechsel eines Produktionsprozesses von technischer Effizienz zu technischer Ineffizienz ist nicht reversibel, so daß dieser Vorgang nicht durch eine gegebene Produktionsfunktion widerspiegelt werden kann (vgl. Carlson [1909] 1974, 15). Eine Änderung der Produktionsfunktion liegt also vor, wenn bei gegebenen Inputmengen (A_1, K_1) der bisherige technisch maximale Output (Y_1) erhöht werden kann (Y_2), oder eine gegebene Outputmenge (Y_1) mit der geringeren Einsatzmenge mindestens eines Produktionsfaktors (K_2) hergestellt werden

kann. Dabei resultiert ein Technologiewechsel aus der Zunahme des technischen Wissens und damit des technischen Fortschritts (vgl. Krelle, 1969, 14). Da sich die Qualität der Einsatzfaktoren und des Produktes nicht geändert haben, beinhaltet der technische Fortschritt in diesem Fall eine Optimierung der Produktionsorganisation (vgl. Frisch, 1965, 26; Carlson [1909] 1974, 12). Damit wird eine Prozeßinnovation ohne Faktor- und Produktinnovation durchgeführt.

Strikt davon zu trennen sind Wechsel der Produktionsprozesse infolge von Variationen der Input- und Outputmengen (vgl. Carlson [1909] 1974, 15). So können für unterschiedliche Produktionsmengen jeweils andere Produktionsprozesse technisch effizient sein. Für die Produktionsmenge Y_1 kann der Produktionsprozeß B technisch effizient sein, während beim Outputniveau Y_2 der Produktionsprozeß C technisch effizient ist. Beim Übergang vom Produktionsniveau Y_1 zum Produktionsniveau Y_2 wechselt der Produktionsprozeß (statt B ist C nun technisch effizient). Dies beinhaltet jedoch keine Veränderung der Produktionsfunktion, da dieser Vorgang reversibel ist. Bei Rückkehr zum Produktionsniveau Y_1 ist der Produktionsprozeß B wieder technisch effizient, so daß B nicht durch C wie im oben beschriebenen Fall des technischen Fortschritts ersetzt wird.

Technischer Fortschritt kann sich ebenso durch die Durchsetzung neuer Produkte oder/und Produktionsfaktoren am Markt, wozu auch die Qualitätsänderung bestehender Produkte und Faktoren zählt, äußern. Dadurch wird eine gegebene Produktionsfunktion geändert (vgl. Frisch, 1965, 25; Krelle, 1969, 117).

III. Ursachen unternehmensinterner Skalenerträge

Aus den Überlegungen des Abschnitts II ergibt sich, daß die Faktoren einer statischen Produktionsfunktion notwendig homogen sind. Eine Produktionsfunktion bedingt bei gegebenen Faktorpreisen einen bestimmten Kurvenverlauf der variablen Kosten (vgl. Frisch, 1965, 173). Wie in Abschnitt I erläutert, können in der langen Periode alle Faktoren, die als Argumente in der Produktionsfunktion berücksichtigt werden, vom Unternehmen variiert werden. Folglich wird der Verlauf der langfristigen Kostenfunktion durch die Skalanelastizität der Produktionsfunktion bestimmt. Die Skalanelastizität entspricht dem reziproken Wert der Kostenelastizität, welche das Verhältnis zwischen Grenz- und Durchschnittskosten mißt. Damit wird ebenso die Krümmung der langfristigen Durchschnittskostenkurve durch die Skalanelastizität determiniert (vgl. Frisch, 1965, 167 f.; Ferguson, 1969, 159–64; Hesse/Linde, 1976, 154 f.). So resultiert folgender Zusammenhang zwischen Skalenerträgen und Durchschnittskosten bei gegebenen Faktorpreisen:¹³

$$(E.1) \quad \kappa = \frac{1}{\varepsilon} - 1.$$

Die Durchschnittskostenelastizität (κ), welche die prozentuale Änderung der Durchschnittskosten bei einer einprozentigen Erhöhung des Outputniveaus angibt, entspricht dem reziproken Wert der Skalenelastizität (ε) abzüglich dem Wert eins (vgl. (E.1)). Wenn z.B. steigende Skalenenerträge ($\varepsilon > 1$) vorliegen, fallen die Durchschnittskosten ($\kappa < 0$) bei einer Outputerhöhung gemäß (E.1).

Fallende Durchschnittskosten werden als „economies of scale“ bezeichnet, während steigende Durchschnittskosten „diseconomies of scale“ heißen (vgl. Silvestre, 1987, 80). Entsprechend den Anpassungsmöglichkeiten eines Unternehmens in der kurzen und langen Periode werden kurz- und langfristige Durchschnittskosten unterschieden. „Economies of scale“ bzw. „diseconomies of scale“ sind nur dann allein auf steigende bzw. fallende Skalenenerträge zurückzuführen, wenn die Faktorpreise für das Unternehmen parametrisch vorgegeben sind und die lange Periode betrachtet wird.¹⁴ Da die Faktorpreise gegeben sind, werden „pecuniary economies“ bzw. „pecuniary diseconomies of scale“ ausgeschlossen, so daß lediglich „technological economies“ bzw. „technological diseconomies of scale“ betrachtet werden.

1. Steigende Skalenenerträge

Als Ursache steigender Skalenenerträge werden Unteilbarkeiten genannt. Dazu zählen unteilbare Faktoren (vgl. Koopmans, 1957, 152 Fn. 3) und Produktionsprozesse (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 81; Varian, 1985, 20; Mansfield, 1994, 212).

Ein Produktionsfaktor heißt unteilbar, wenn er unterhalb einer bestimmten Mindestmenge nicht oder nur in einer anderen Qualität erworben werden kann (vgl. Baumol, 1987, 793). Dies kann daran liegen, daß ein Faktor in einer geringeren Menge physikalisch nicht nutzbar ist (vgl. Silvestre, 1987, 81) oder nur in einer anderen Verwendung eingesetzt werden kann (Qualitätsänderung). Auch kann es technische Normen oder/und gesetzliche Vorschriften geben, die eine bestimmte Mindestmenge vorschreiben. So ist es plausibel, daß z.B. ein Transportschiff, um für die Ozeane schiffbar zu sein, eine bestimmte Größe und damit Transportkapazität aufweisen muß. Eine Pipeline, die eine bestimmte Strecke von A nach B

¹³ Zur Herleitung von (E.1) vgl. Frisch, 1965, 164–68; Ferguson, 1969, 159–64.

¹⁴ Daher wird im angelsächsischen Raum zwischen „increasing“ bzw. „decreasing returns to scale“ und „economies“ bzw. „diseconomies of scale“ unterschieden (vgl. Silvestre, 1987, 80).

verbinden soll, ist unteilbar in dem Sinne, daß sie eine entsprechende Länge haben muß. In diesen Fällen handelt es sich um Kapitalgüter, so daß im folgenden nur von unteilbaren Kapitalgütern gesprochen wird.

Falls ein unteilbarer Faktor für die Produktion eines Gutes notwendig ist, kann bei geringen Outputmengen ein Teil seiner Kapazität unausgenutzt bleiben. Wenn eine Mindestmenge des unteilbaren Faktors durch ein Unternehmen erworben werden muß, verursacht er Fixkosten. Bei Erhöhung der Produktionsmenge werden die ungenutzten Kapazitäten des unteilbaren Faktors nach und nach durch die Steigerung der Einsatzmengen privater Faktoren in den Produktionsprozeß eingesetzt. Da die Einsatzmengen aller Faktoren proportional zunehmen, kann von einer proportionalen Steigerung des Outputs ausgegangen werden. Jedoch nehmen lediglich die Kosten der teilbaren Faktoren zu, so daß aufgrund der Fixkosten des unteilbaren Faktors „economies of scale“ verursacht werden (vgl. Baumol, 1987, 793; Silvestre, 1987, 81). Damit werden fallende Durchschnittskosten bei konstanten Skalenerträgen realisiert, indessen nicht durch steigende Skalenerträge verursacht. Zudem wird der unteilbare Faktor als fix unterstellt, so daß die Skalenerträge als langfristiges Analyseinstrument in der kurzen Periode auftreten. Dies liegt darin begründet, daß das unteilbare Kapitalgut „variable in use“, aber „fixed in acquisition“ ist (vgl. Larson, 1991, 466–69). Dies bedeutet, daß die auf den Märkten erworbene Faktormenge nicht der Einsatzmenge im Produktionsprozeß entsprechen muß.¹⁵

Aus dieser Überlegung kann ein weiterer Typ eines unteilbaren Faktors abgeleitet werden, der schon von Sraffa ([1925] 1986, 146) erwähnt wurde. Hierbei handelt es sich um einen Faktor, bei dem die erworbene Mindestmenge im gleichen Umfang in den Produktionsprozeß eingesetzt werden muß. Damit ist das Kapitalgut sowohl unteilbar im Erwerb als auch bei Einsatz im Produktionsprozeß. Es ist „fixed in acquisition“ und „fixed in use“. Entsprechend wird sich bei einer Erhöhung der teilbaren Faktoren eine Veränderung des Faktoreinsatzverhältnisses zwischen teilbaren Faktoren und unteilbarem Kapitalgut ergeben. Ebenso wie im zuvor angeführten Fall können „economies of scale“ durch die Fixkosten des unteilbaren Kapitalgutes verursacht werden.¹⁶ Bei diesem Typ des unteilbaren Kapital-

¹⁵ In diesem Fall entsteht die Problematik, daß die Bestandsänderung des unteilbaren Faktors nicht mit einer Änderung des Leistungsstromes, also seiner Einsatzmenge im Produktionsprozeß einhergehen muß. Damit existiert keine funktionale Beziehung zwischen Bestand und den Leistungen des unteilbaren Faktor. Daher gilt die Aussage bzgl. der Skalenerträge in diesem Fall lediglich für die Leistungen eines gegebenen Bestandes, indessen nicht für den Bestand.

¹⁶ Wenn der Einsatz der überschüssigen Menge des unteilbaren Kapitalgutes dazu führt, daß die Durchschnittserträge teilbarer Faktoren mit deren Zunahme steigen, ist dies eine weitere Ursache für fallende Durchschnittskosten. Hierbei verändern sich die Faktoreinsatzverhältnisse, so daß keine Skalenerträge vorliegen.

gutes läßt sich bei Annahme fixer Kosten jedoch nicht seine Einsatzmenge variieren, so daß keine Skalenerträge vorliegen. Wenn die Menge des unteilbaren Kapitalgutes proportional mit den anderen Faktoren variiert wird, kann angenommen werden, daß die Produktionsmenge proportional ansteigt, da die Faktoreinsatzverhältnisse konstant bleiben. Somit wird lediglich derselbe Produktionsprozeß vervielfacht. Daher sind die langfristigen Durchschnittskosten konstant. Jedoch sind die langfristigen Durchschnittskosten aufgrund der Unteilbarkeit des Kapitalgutes nur für bestimmte Produktionspunkte definiert (vgl. Kaldor, 1934, 66; Eatwell, 1987, 166). Folglich entstehen bei Skalenvariationen Diskontinuitäten, die nicht durch eine stetige Produktionsfunktion abgebildet werden können. Somit können durch die Verwendung eines unteilbaren Kapitalgutes in der Produktion zwar „economies of scale“ entstehen, indessen werden diese in keinem Fall eines unteilbaren Kapitalgutes durch steigende Skalenerträge verursacht.¹⁷

Die Unteilbarkeit eines Produktionsprozesses bedeutet, daß dieser unterhalb einer bestimmten Produktionsmenge technisch nicht durchführbar ist (vgl. Kaldor, 1972, 1255; Koutsoyiannis, 1976, 81; Varian, 1985, 20; Mansfield, 1994, 212). Wenn ein unteilbarer Produktionsprozeß ab einer bestimmten Produktionsmenge technisch effizient im Vergleich zu einem bis zum betreffenden Outputniveau verwendeten Produktionsprozeß ist, entstehen steigende Skalenerträge. Bei Annahme einer stetigen Produktionsfunktion implizieren steigende Skalenerträge, daß jede Produktionsmenge durch einen anderen Produktionsprozeß erzeugt wird.

Für die Unteilbarkeit von Produktionsprozessen als Ursache steigender Skalenerträge wird die von Adam Smith schon im 18. Jahrhundert beobachtete Arbeitsteilung angeführt, da eine größere Aufgabenteilung zur Spezialisierung der Arbeitskräfte und damit zur schnelleren Erledigung der Aufgabe führt (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 81 u. 128; Hesse/Linde, 1976, 117; Mansfield, 1994, 213). Smith ([1789] 1993, 9 f.) führt als Beispiel die Stecknadelfabrikation an, in der für die Herstellung einer Stecknadel 18 verschiedene Tätigkeiten durchgeführt werden müssen. Jede Tätigkeit erfordert den Einsatz eines oder mehrerer Werkzeuge. Wenn ein Unternehmen relativ wenig von seinen Produkten absetzen kann, so werden vielleicht die gesamten 18 Tätigkeiten durch einen Arbeiter ausgeführt. Nehmen wir an, dieser Arbeiter erbringt eine bestimmte Leistung pro Produktionsperiode,

¹⁷ In einigen Fällen können sogar „economies of scale“ vermieden werden, wenn es möglich ist, die Leistungen eines unteilbaren Kapitalgutes zwischen mehreren Unternehmen aufzuteilen. Dann ist das unteilbare Kapitalgut „variable in use“ und „variable in acquisition“. Beispiele dafür sind Großforschungsanlagen, Telekommunikationsanlagen, etc., die Technologieparks mehreren Unternehmen zur gemeinsamen Nutzung anbieten (vgl. Abschnitt D.II.4.ee).

die z.B. in Arbeitsstunden gemessen wird. Dann braucht er eine bestimmte Arbeitszeit, um eine Stecknadel herzustellen. Wenn ein zweiter Arbeiter zur Produktion eingesetzt wird, verdoppelt sich die Arbeitszeit. Da jeder der beiden nur noch neun Tätigkeiten ausführen muß, können sie sich stärker auf diese Tätigkeiten konzentrieren. Zudem muß jeder Arbeiter lediglich acht mal die Tätigkeit wechseln, wo zuvor 17mal die Tätigkeit gewechselt werden mußte, so daß Zeitersparnisse des Überganges von einer Tätigkeit zur anderen entstehen (vgl. Smith [1789] 1993, 12 f.). Daher nimmt der Output um mehr als das Doppelte zu. Bei weiterer Erhöhung des Outputs können die verschiedenen Tätigkeiten weiter aufgespalten werden und mehr Arbeiter, die sich auf weniger Tätigkeiten konzentrieren müssen, eingestellt werden. Hier wird deutlich, daß in diesem Beispiel keine Skalenerträge beschrieben werden, da die Kapitalgütermenge konstant bleibt und nur die Arbeitseinsatzmenge erhöht wird. Das bedeutet, daß bis zur Ausnutzung der maximal möglichen Arbeitsteilung steigende Durchschnittserträge des Faktors Arbeit, indessen keine steigenden Skalenerträge, beschrieben werden.

Jedoch könnte angenommen werden, daß ein Arbeiter mit demselben Kapitalgut, z.B. ein Werkzeug, unterschiedliche Tätigkeiten verrichten kann. In diesem Fall lassen sich die Vorteile der Arbeitsteilung nur dann nutzen, wenn die Menge der Arbeiter *und* der Kapitalgüter gesteigert wird. Damit werden bis zur maximal möglichen Arbeitsteilung steigende Skalenerträge erzielt. Es sollte berücksichtigt werden, daß die unterschiedlichen Tätigkeiten, die ein Arbeiter mit demselben Werkzeug durchführen kann, sehr begrenzt sind. Folglich sind dann steigende Skalenerträge nur in einem relativ kleinen Outputbereich zu beobachten. Zudem erfordert diese Art der Arbeitsteilung nicht nur eine Spezialisierung der Arbeiter, sondern eine spezialisierte Verwendung des homogenen Kapitalgutes. Wie Smith ([1789] 1993, 13) ausführt, versuchen die Arbeiter die Kapitalgüter an die spezialisierte Verwendung anzupassen, um ihre Tätigkeiten zu erleichtern. Daher ist es wahrscheinlich, daß im Zuge der Arbeitsteilung neue Kapitalgüter entwickelt werden, was eine Veränderung der Produktionsfunktion bedeutet. Offensichtlich ist das angeführte Beispiel ein Spezialfall, so daß die von Adam Smith erstmalig beobachtete Arbeitsteilung nur unter sehr restriktiven Annahmen als Ursache für steigende Skalenerträge herangezogen werden kann.

Als ein weiteres Beispiel für Spezialisierung und zunehmende Arbeitsteilung und damit verbundener „economies of scale“ gilt die Einführung des Fließbandes in der Automobilindustrie (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 128; Moritz et al., 1994, 79). Dabei kann ein Produktionsprozeß mit einem Fließband erst ab einer bestimmten Outputmenge kostengünstiger als andere Produktionsprozesse, z.B. Handfertigung, eingesetzt werden. Dies

liegt darin begründet, daß unterhalb dieses Outputniveaus der Produktionsprozeß mit einem Fließband technisch ineffizient ist. Oberhalb des entsprechenden Outputniveaus sind die Produktionsprozesse ohne ein Fließband technisch ineffizient. Beim Übergang zum Produktionsprozeß mit einem Fließband verändert sich die Menge der Produktionsfaktoren der technisch effizienten Produktionsprozesse. Vor Erreichen des entsprechenden Outputniveaus wird ohne ein Fließband produziert, während ab dem entsprechenden Outputniveau mit Fließband produziert wird. Da die Definition der Skalanelastizität voraussetzt, daß Outputvariationen jeweils durch dieselben Faktoren verursacht werden, ist die durch den Einsatz der Fließbandproduktion bedingte Durchschnittskostenenkung nicht durch steigende Skalenerträge verursacht worden.

Die Smithsche Arbeitsteilung wird von Arnold gerade als Ursache steigender Skalenerträge herangezogen. Sogar die Erfindung neuer Maschinen, die durch die Arbeitsteilung induziert wird, wird als Begründung des Abschnittes steigender Skalenerträge einer homothetischen Produktionsfunktion angeführt (vgl. Arnold, 1992, 41 f.). Dies verlangt jedoch eine Änderung der Technologiemenge und damit einen Wechsel der Produktionsfunktion. Daher sind die von Arnold angeführten Ursachen für steigende Skalenerträge bis auf den angeführten Spezialfall (vgl. S. 152) nicht vereinbar mit der Definition der Skalanelastizität.¹⁸

Der von Arnold unterstellte fallende Verlauf der Durchschnittskostenkurve kann indessen mit einem anderen Argument gerechtfertigt werden. Dieses liegt in der physikalischen Beziehung zwischen Oberfläche und Volumen eines Körpers begründet. Bei einer Vergrößerung der Oberfläche erhöht sich das Volumen eines Körpers überproportional, so daß langfristig sinkende Durchschnittskosten auftreten können. Diese Regel gilt für alle Produktionsanlagen, deren Volumen für die Outputmenge relevant ist (vgl. Kaldor, 1972, 1242; Varian, 1985, 21; Mansfield, 1994, 212 f.). Sie wird als 2/3-Regel bezeichnet, da die Ausbaurkosten einer Produktionsanlage im Verhältnis zum maximal möglichen Output der Produktionsanlage mit der Potenz 2/3 steigt (vgl. Kaufer, 1980, 67).

¹⁸ Von Arnold (1992, 91) wird im Zusammenhang mit steigenden Skalenerträgen folgendes Zitat von Kaldor (1972, 1243) angeführt: „The advance in scientific knowledge in physics or in the science of engineering in the laboratory cannot by itself secure the innumerable design improvements that result from the repeated application of particular engineering principle.“ Wird der vorhergehende Satz von KALDOR berücksichtigt, so wird deutlich, daß „learning by doing“ – Effekte beschrieben werden, die nicht mit einer statischen Produktionsfunktion konsistent sind. So schreibt Kaldor (1972, 1243): „Finally, there are the inventions and innovations induced by experience to which Adam Smith paid the main emphasis – what we now call ‚learning by doing‘ or ‚dynamic economies of scale‘.“

Dieser Zusammenhang soll anhand des klassischen Beispiels einer Ölpipeline verdeutlicht werden (vgl. Kaldor, 1972, 1253 f.). Nehmen wir an es soll Öl von einem Ort *A* nach einem Ort *B* mit Hilfe einer Pipeline transportiert werden. Dadurch ist die Länge der Pipeline vorgegeben, aber das Volumen ist frei wählbar. Die Pipeline soll aus einem homogenen Material bestehen. Es wird unterstellt, daß für den Bau der Pipeline pro qm ihrer Oberfläche eine bestimmte Arbeits- und Kapitaleistung (z.B. Bagger-; Kranleistung) notwendig sind. Die Inputs sind also Rohmaterial für den Bau der Pipeline, die Arbeitsleistung und die Leistungen der Kapitalgüter Bagger und Kräne, während der Output durch die Transportkapazität der Pipeline gemessen wird. Die Transportkapazität gibt die maximal mögliche Durchlaufmenge von Öl bei gegebener Fließgeschwindigkeit innerhalb einer gegebenen Periode an. Dabei steht die Transportkapazität in einem festen Verhältnis zum Volumen der Pipeline. Bei proportionaler Erhöhung aller Inputs wird das Volumen der Pipeline überdurchschnittlich gesteigert, so daß die Transportkapazität und damit die maximale mögliche Durchlaufmenge von Öl überproportional steigen. Folglich werden steigende Skalenerträge realisiert. Da die Skalenerträge ein langfristiges Konzept sind, kann ein Unternehmen jede gewünschte Transportkapazität realisieren. Mit zunehmender Outputmenge nehmen die Produktionskoeffizienten ab, so daß es zu einem ständigen Wechsel des Produktionsprozesses kommt. Aufgrund der 2/3-Regel ist jeder Produktionsprozeß nur für ein bestimmtes Outputniveau technisch durchführbar und effizient. Damit sind steigende Skalenerträge, die bei Ausnutzung der 2/3-Regel verursacht werden, auf unteilbare Produktionsprozesse zurückzuführen. Allerdings ist anzunehmen, daß die Transportkapazität der Pipeline aus bautechnischen Gründen und/oder der Annahme homogener Inputs begrenzt ist, womit steigende Skalenerträge nicht über den gesamten Produktionsbereich realisiert werden können.

Für einige Branchen, z.B. Stahl-, Eisen- und Glaserzeugung, Gas- und Stromversorgung sowie Brauereien und chemischer Industrie wird der 2/3-Regel eine wichtige Rolle beigemessen (vgl. Kaldor, 1972, 1242; Koutsoyiannis, 1976, 132; Kaufer, 1980, 67), so daß die Annahme steigender Skalenerträge in diesen Branchen plausibel sein kann. Zum Beispiel wurden in der indischen Eisen-, Stahl-, Strom- und Gasindustrie langfristig „economies of scale“ gemessen (vgl. Jha et al., 1993, 1341).

2. Fallende Skalenerträge

Im Gegensatz zu steigenden Skalenerträgen, die auf unteilbare Produktionsprozesse zurückzuführen sind, implizieren fallende Skalenerträge die Annahme, daß Produktionsprozesse nicht beliebig zu vervielfachen sind. Dafür wird als einzige Ursache ein fixer Produktionsfaktor angeführt (vgl. Varian, 1985, 22). Das klassische Beispiel stammt aus der Landwirtschaft,

in der eine in Quantität und Qualität gegebene Bodenfläche unterstellt wird, auf der nach und nach größere Mengen von Arbeit und Saatgut in einem festen Verhältnis zueinander eingesetzt werden. Nach Überschreiten des maximal effizienten Punktes (also des maximalen Durchschnittsertrags) wird der Einsatz von Arbeit und Saatgut zu immer geringer werdenden Ertragszuwächsen führen (vgl. Sraffa [1925] 1986, 143 f.). Daraus können steigende Durchschnittskosten resultieren.

Als Ursache fallender Skalenerträge wird der Bestand erschöpfbarer Ressourcen genannt. So wird argumentiert, daß bei Verdoppelung einer Fischereiflotte sich der gefangene Fisch nicht verdoppeln muß, bei Verdoppelung des Faktoreinsatzes im Bergbau und bei der Rohölförderung sich die Outputmengen ebenfalls nicht verdoppeln müssen (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 82). Die Erschöpfbarkeit natürlicher Ressourcen bedeutet, daß ihre Bestände vollständig verbraucht werden können. Wenn z.B. Kohle abgebaut, Öl gefördert, Fisch gefangen wird, nehmen die Bestände der natürlichen Ressourcen ab. Zur Produktion von abgebauter Kohle, geförderten Öls, gefangenen Fisches ist also die Existenz der natürlichen Ressource notwendig. Die natürliche Ressource geht vollständig in das Produkt ein, so daß sie ein technisch notwendiger Verbrauchsfaktor ist. Um diesen in der Produktion verwenden zu können, müssen z.B. Kapital und Arbeit eingesetzt werden. Wenn die natürliche Ressource, Kapital und Arbeit proportional gesteigert werden, steigt der Output proportional. Jedoch ist es möglich, daß der Zugang zur natürlichen Ressource mit zunehmender Nutzung erschwert wird. So kann es sein, daß bei einer proportionalen Steigerung der Arbeits- und Kapitaleinsatzmengen, die verwendete Menge der natürlichen Ressource nicht proportional steigt, womit der Output nur unterproportional zunimmt. Bei konstanten Faktorpreisen entstehen „diseconomies of scale“. Jedoch liegen keine fallenden Skalenerträge vor, da nicht alle Faktoren proportional variiert werden können. Im Fall der angeführten natürlichen Ressourcen handelt es sich um rivalisierende Güter. Wenn ein Preisausschluß technisch und ökonomisch nicht möglich ist, z.B. beim Hochseefischfang, kann eine natürliche Ressource als „unpaid factor“ bezeichnet werden (vgl. Abschnitt C.III.3). Falls ein Modell sich lediglich auf die Analyse marktfähiger Produktionsfaktoren konzentriert, können fallende Skalenerträge irrtümlich durch Vernachlässigung einer natürlichen Ressource, die die Eigenschaften eines „unpaid factor“ hat, angenommen werden. Ökonomisch ist eine Vernachlässigung nur dann vertretbar, wenn die natürliche Ressource ein freier Faktor ist. Da das Angebot der natürlichen Ressource dann im Überfluß vorhanden ist, sind fallende Skalenerträge bzgl. der auf dem Markt gehandelten Faktoren nur erklärbar, wenn der freie Faktor, also die natürliche Ressource, aus technischen Gründen nicht proportional zu den anderen Faktoren variiert ist. Folglich handelt es sich um einen Spezialfall.

Das Beispiel natürlicher Ressourcen zeigt, daß „diseconomies of scale“, also steigende Durchschnittskosten, aufgrund einer Outputsteigerung durch eine Veränderung der Faktorproportionen (vgl. Sraffa [1925] 1986, 141 f. u. 184) und damit durch Substitutionsvorgänge verursacht werden. Eine Änderung der Faktorproportionen im Zuge einer Outputsteigerung, die steigende Durchschnittskosten nach sich zieht, setzt notwendig einen fixen Faktor oder genauer einen eingeschränkt variierbaren Faktor voraus. Daher wird die Existenz fallender Skalenerträge bestritten (vgl. Kaldor, 1934, 70 f.; Cohen, 1985, 216 f.; Varian, 1985, 22;¹⁹ Eatwell, 1987, 166). Da Skalenerträge fixe Faktoreinsatzverhältnisse voraussetzen, ist offensichtlich schon der Begriff „fallende Skalenerträge“ ein Widerspruch in sich. Anhand des folgenden Isoquantenschemas wird verdeutlicht, daß steigende Durchschnittskosten im Zuge einer Outputsteigerung allein aus Substitutionsvorgängen resultieren:

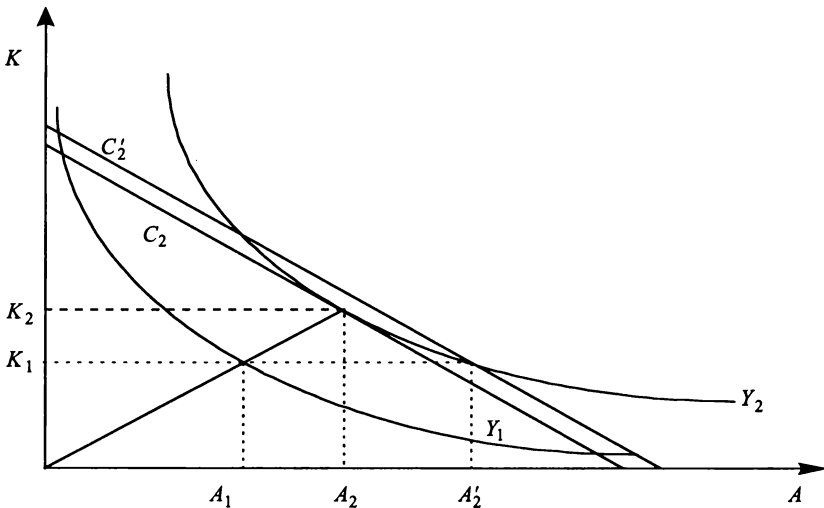


Abbildung 8: Kapitalksubstitution durch partielle Variation des Faktors Arbeit

Nehmen wir an, ein Unternehmen produziert mit den Faktoren Arbeit (A) und Kapital (K) ein Gut (Y) unter der Annahme vollständiger Konkurrenz auf den Faktormärkten. Für das Produktionsniveau (Y_1) realisiert das Unternehmen die Minimalkostenkombination (K_1, A_1), während es für das Outputniveau (Y_2) die Minimalkostenkombination (K_2, A_2) realisieren kann. Durch den Übergang von der Minimalkostenkombination des Produktionsniveaus Y_1

¹⁹ Vgl. zu Varian (1985) Fn. 2.

zur Minimalkostenkombination des Outputniveaus Y_2 ergibt sich eine Variation der langfristigen Kosten, da der Einsatz aller Produktionsfaktoren erhöht wird. Wenn der durch die Koeffizienten A_1/Y_1 und K_1/Y_1 beschriebene Produktionsprozeß dupliziert werden kann, steigen die langfristigen Kosten proportional zum Outputniveau an, so daß die langfristigen Durchschnittskosten konstant sind. Wird ausgehend von der Minimalkostenkombination des Produktionsniveaus Y_1 nur die Einsatzmenge des Faktors Arbeit erhöht, um das Produktionsniveau Y_2 zu erreichen, sind die Kosten im Punkt (K_1, A'_2) höher als im Punkt der Minimalkostenkombination (K_2, A_2) . Dies wird dadurch deutlich, daß die Isokostengerade C'_2 rechts von der Isokostengerade C_2 liegt. Folglich steigen die Kosten überproportional bei einer Variation des Faktors Arbeit an. Die Durchschnittskosten nehmen zu. Da die Kosten von Kapital bei partieller Variation des Faktors Arbeit konstant bleiben, resultiert die Steigerung der Durchschnittskosten aus der Variation des Faktors Arbeit. Damit steigen die Durchschnittskosten und fallen die Durchschnittserträge des Faktors Arbeit. Bei partieller Variation des Faktors Arbeit muß die bei Variation beider Faktoren notwendige Erhöhung der Kapitaleinsatzmenge durch eine Steigerung der Arbeitseinsatzmenge ersetzt werden. Dabei substituiert das Unternehmen die Kapitaleinsatzmenge $(K_2 - K_1)$ durch die Arbeitseinsatzmenge $(A'_2 - A_2)$. Folglich impliziert die Annahme eines fixen Faktors, hier Kapital, fallende Durchschnittserträge bzw. steigende Durchschnittskosten des variablen Faktors, Arbeit, die durch die Substitution von Kapital durch Arbeit verursacht werden.

Da bei einer Skalenvariation die Kapitalintensität konstant ist und kein Faktor, der als Argument in der Produktionsfunktion zu berücksichtigen ist, fix ist, wird die Existenz fallender Skalenerträge wie gerade erläutert von einigen Autoren bestritten. Jedoch unterstellen andere Autoren die Existenz eines Produktionsfaktors, der nicht als Argument in der Produktionsfunktion erscheint, kein freier Faktor ist und für jedes Unternehmen fix vorgegeben ist. Dieser Produktionsfaktor ist die Unternehmensleitung. Dieser wird als konstant unterstellt, da die Kontroll- und Koordinationsfähigkeiten der Unternehmensleitung in einer statischen Analyse als begrenzt angesehen werden (vgl. Kaldor, 1934, 67; Penrose, 1980; 12). Aus dieser Sicht sind Kontroll- und Koordinationskosten der Unternehmensleitung Argumente für fallende Skalenerträge (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 81 f.; Arnold, 1992, 42; Mansfield, 1994, 213). Das erscheint plausibel, wenn von der Annahme ausgegangen wird, daß mit zunehmenden Output ein Unternehmen ein komplexeres Gebilde wird, und damit ebenso die Aufgaben der Unternehmensleitung komplexer werden.

Nach Kaldor (1934, 67) sind Kontrolle und Koordination von Unternehmensaktivitäten Aufgabenbereiche des Managements. Hierbei ist anzumerken, daß in der neoklassischen Preistheorie des Unternehmens ein Unter-

nehmer im idealtypischen Sinne, der versucht neue Möglichkeiten der Gewinnerzielung unter Unsicherheit zu eröffnen, also derjenige ist, der neue Absatzmöglichkeiten aufspürt, Innovationen vorantreibt und Risiken trägt, nicht berücksichtigt wird. Der Unternehmer in der neoklassischen Theorie ist lediglich ein Manager, der unter gegebenen Markt- und Technologiebedingungen die gewinnmaximale Input-Output-Kombination wählt (vgl. Baumol, 1968, 66 f.). Damit ist die Unterscheidung zwischen den Begriffen „Management“, „Unternehmensleitung“ und „Unternehmer“ in dieser Analyse irrelevant.

Kontrolle ist innerhalb eines Unternehmens notwendig, um zu sichern, daß jeder eingesetzte Produktionsfaktor, die von ihm erwartete Leistung erbringt. Kontrolle bedeutet, daß ein Vergleich zwischen Soll- und Istzustand getroffen wird. Die Kontrollfunktion der Unternehmensleitung beschränkt sich dabei auf die menschliche Arbeitsleistung, da die technische Kontrolle des Produktionsablaufes selbst von Menschen durchgeführt wird. Dabei ist die Kontrollfunktion unteilbar, da nicht für jeden Arbeiter ein Vorarbeiter zur Kontrolle gebraucht wird, sondern mehrere Arbeiter von einem Vorarbeiter beaufsichtigt werden können. Da jeder Vorarbeiter eine bestimmte Anzahl an Arbeitern beaufsichtigen kann, ist die Kontrollfähigkeit der Unternehmensleitung unabhängig von der Unternehmensgröße und somit nicht begrenzt (vgl. Kaldor, 1934, 68). Jedoch übersieht Kaldor (1934), daß die Leistung der Vorarbeiter ebenso kontrolliert werden muß, so daß der Kontrollaufwand mit steigender Anzahl an Vorarbeitern für die Unternehmensleitung zunimmt. Diese Argumentation setzt indessen voraus, daß Kontrollkosten in einem statischen neoklassischen Modell abbildbar sind, und eine Kontrolle innerhalb der Unternehmen notwendig ist.

In der neoklassischen Theorie der Unternehmung wird angenommen, daß der Unternehmensleitung die jeweilige Produktionstechnologie ausgedrückt durch die Produktionsfunktion bekannt ist (vgl. Henderson/Quandt, 1983, 65). Sie weiß, welche Produktionsprozesse zu welchen Outputergebnissen führen. Die Koeffizienten der Einsatzfaktoren sind bekannt. Der Arbeitseffizient hat einen bestimmten Wert. Dieser legt fest, welche Arbeitsleistung pro Outputeinheit erforderlich ist, wobei die Arbeitsleistung z.B. in Arbeitsstunden gemessen werden kann. Da der Faktor Arbeit per Annahme homogen ist, haben alle eingesetzten Arbeiter die gleichen Fähigkeiten und Qualifikationen. Damit erbringt jeder Arbeiter in einer Produktionsperiode eine bestimmte Leistung, die hier annahmegemäß in Stunden gemessen wird. Das bedeutet jedoch, daß die Unternehmensleitung weiß, wieviel Arbeitsleistung und damit Arbeiter höchstens bei einem gegebenen Produktionsprozeß für einen gegebenen Output notwendig eingesetzt werden müssen. Wenn ein Arbeitnehmer nicht die erwartete Leistung erbringt, ist der verwendete Produktionsprozeß technisch ineffizient, da die gleiche

Anzahl an Arbeitsstunden weniger Output, als durch den Arbeitseinsatzkoeffizienten angezeigt, erbringt. Aufgrund der Informationen über die Produktionstechnologie kann die Unternehmensleitung dies ohne großen Aufwand kontrollieren. Damit wird nicht mehr auf dem technisch effizienten Rand der Produktionstechnologie produziert. Das bedeutet, daß die Annahme einer Produktionsfunktion voraussetzt, daß jeder das tut, was von ihm erwartet wird, da ansonsten technisch ineffiziente Produktionsprozesse eingesetzt werden. Da jedoch fallende Skalenerträge eine Abfolge technisch effizienter Produktionsprozesse implizieren (vgl. Abschnitt I), sind sie nicht durch Kontrollkosten zu begründen. Folglich können mit Hilfe einer Unternehmensproduktionsfunktion keine Kontrollkosten abgebildet werden.

Ein weiteres Argument gegen die Annahme fallender Skalenerträge aufgrund von Kontrollkosten ergibt sich aus der Abbildung eines Unternehmens in der neoklassischen Preistheorie. Danach versuchen rational agierende Unternehmen auf Grundlage der Markt- und Technologiebedingungen einen gewinnmaximalen Output zu erzielen. Dabei wird die geplante gewinnmaximale Arbeitseinsatzmenge festgelegt. Auf der Angebotsseite des Arbeitsmarktes bieten Individuen unter dem Kalkül der Nutzenmaximierung eine bestimmte geplante Arbeitseinsatzmenge an. Es wird davon ausgegangen, daß bei Erwerb der Arbeitsleistung durch ein Unternehmen diese auch in entsprechender Höhe eingesetzt werden kann. Der Anreizmechanismus des Marktes sorgt dafür, daß rationale Individuen ihre wahren Präferenzen offenbaren und somit ihr Angebot nicht verzerrt ist. Dabei entspricht der Reallohnsatz den Opportunitätskosten eines Freizeitverzichts. Der Reallohnsatz ist der Anreiz für die Arbeitnehmer auf Freizeit zu verzichten und in entsprechenden Maße Arbeit bereitzustellen. Folglich wird die zur Verfügung gestellte Arbeitsleistung lediglich durch den Reallohnsatz bestimmt.

Indessen ist eine Kontrolle der Arbeitsleistung notwendig, wenn innerhalb des Unternehmens Anreizmechanismen existieren, die am Markt angebotene Leistung nicht zu erbringen, z. B. geringe Aufstiegschancen, Arbeitsplatzunsicherheit, Arbeitsplatzunzufriedenheit. Mit der Einstellung in ein Unternehmen verändert sich dann das Verhalten eines Individuums, so daß „moral hazard“ auftritt. Daher können innerhalb des Unternehmens unterschiedliche Interessen bestehen, die den friktionslosen Ablauf von Produktionsprozessen stören können. Um das Ziel der Gewinnmaximierung von Unternehmen zu gewährleisten, muß angenommen werden, daß die Interessen der verschiedenen Gruppen, die aus Unternehmensleitung, Kapitaleigentümern und Arbeitnehmern bestehen, konsistent zueinander sind. Bzgl. der Gruppen Unternehmensleitung und Kapitaleigentümer wird dies häufig durch die Annahme gesichert, daß Unternehmensleitung und Kapitaleigentümer dieselben Personen darstellen (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 257). Hingegen sind Zielkonflikte zwischen den Arbeitern und den anderen Gruppen

dadurch ausgeblendet, daß lediglich der marktliche Anreizmechanismus, jedoch nicht die unternehmensinternen Anreizmechanismen berücksichtigt werden. Dies erklärt sich dadurch, daß ein Unternehmen in der neoklassischen Preistheorie ein durch den Marktmechanismus gesteuertes Phänomen ist, das nicht aktiv agiert, sondern nur auf exogene Änderungen reagiert (vgl. Baumol, 1968, 67; Demsetz, 1997, 428). Somit werden nur externe Beziehungen des Unternehmens abgebildet (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 257; Stobbe, 1991, 170). Da Zielkonflikte zwischen den einzelnen Gruppen per Annahme und durch Vernachlässigung der Anreizmechanismen innerhalb eines Unternehmens in der neoklassischen Theorie unberücksichtigt bleiben, ist eine Kontrolle nicht notwendig. Nach der Logik des Modells verhält sich jeder Akteur, der an einem Unternehmen beteiligt ist, gerade so, daß das Unternehmensziel optimiert werden kann. Dies ist aus Sicht jedes Akteurs rational. Folglich kann es in einer neoklassischen Welt keine Kontrollkosten geben.

Neben Kontrollkosten werden Koordinationskosten als mögliche Ursache fallender Skalenerträge genannt. Durch die Produktionstechnologie werden keine Marktdaten erfaßt, so daß mögliche Informationskosten für die Beschaffung von Marktdaten nicht in den beschriebenen Koordinationskosten enthalten sein können. Koordination bedeutet, daß eine Abstimmung der einzelnen Aktivitäten innerhalb eines Unternehmens erfolgt. Dabei kann die Koordination dezentral oder zentral durchgeführt werden. Im Gegensatz zum Allokationsmechanismus des Marktes, werden die Leistungen innerhalb eines Unternehmens zentral gelenkt (vgl. Schuke, 1977, 97). Diese Aufgabe hat die Unternehmensleitung, die alle relevanten Informationen über Absatz- und Beschaffungsmärkte und Produktionsmöglichkeiten zur Koordination der einzelnen Unternehmensaktivitäten braucht. Falls Informationsdefizite bzgl. der Produktionstechnologie entstehen, führt die Koordination der Aktivitäten dazu, daß Ressourcen verschwendet werden und vermeidbare Kosten entstehen. Diese Informationsdefizite der Unternehmensleitung werden durch Verzerrung und Vorenthalten von Informationen aufgrund von Bürokratisierungstendenzen mit zunehmender Unternehmensgröße erklärt (vgl. Koutsoyiannis, 1976, 134 f.; Arnold, 1992, 42; Mansfield, 1994, 213). Demnach erhält die Unternehmensleitung keine vollständige Information über die Produktionstechnologie. Somit ist sie nicht fähig innerhalb des Unternehmens hinreichende Informationen zur Durchführung technisch effizienter Produktionsprozesse zu bekommen. Dies kann dadurch erklärt werden, daß die Unternehmensleitung in einer statischen Analyse nicht lernfähig ist, womit sie die Managementstruktur nicht entsprechend der Unternehmensgröße anpassen kann (vgl. Penrose, 1980, 55), um Informationsdefizite abzubauen. Indessen besteht dieses Informationsproblem in einer neoklassischen Unternehmung nicht, da die Produktionstechnologie der Unternehmensleitung per Annahme bekannt ist.

Jedoch kann bei vollständiger Information über die Produktionstechnologie eine Unternehmensleitung nur fähig sein, eine bestimmte Informationsmenge zu verarbeiten, so daß Entscheidungsverzögerungen durch Anpassungsprobleme an eine neue Situation und damit zusätzliche Koordinationskosten entstehen. Die Koordinationsfähigkeiten der Unternehmensleitung sind begrenzt, womit Informationen teilweise nicht analysiert oder/und nicht berücksichtigt werden und damit entsprechende Maßnahmen nicht eingeleitet werden können. Folglich kann die Unternehmensleitung bei begrenzten Koordinationsfähigkeiten die ihr bekannte Produktionstechnologie nicht effizient anwenden (vgl. Penrose, 1980, 55). Dies heißt, daß die Unternehmensleitung nur technisch ineffiziente Produktionsverfahren einsetzt, da sie die ihr zur Verfügung stehenden Informationen nicht adäquat auswerten kann.

Die Argumentation hat bisher implizit vorausgesetzt, daß die Aufgaben der Unternehmensleitung mit zunehmenden Output komplexer werden. Indessen braucht eine Unternehmensleitung in der neoklassischen Preis- und Produktionstheorie zur Ausdehnung ihrer Produktion bei gegebenen Faktorpreisen keine zusätzlichen Informationen zu verarbeiten. Sie kann einfach einen einmal eingeführten Produktionsprozeß beliebig vervielfachen (vgl. Varian, 1985, 41), wenn keine Faktormengenrestriktionen bestehen. Somit muß die Unternehmensleitung bei Ausdehnung der Produktion keine zusätzlichen Koordinationsfähigkeiten erlangen. Es ist erst dann notwendig die Faktoren neu zu koordinieren, wenn sich die Faktorpreisverhältnisse ändern. In diesem Fall ist eine neue Minimalkostenkombination zu bestimmen. Durch die Faktorpreisänderung wird eine Verschiebung der Durchschnittskostenfunktion verursacht. Jedoch ist diese Veränderung der Durchschnittskosten nicht durch eine Skalenvariation entstanden.²⁰

Lediglich im Fall der Einführung neuer Produktsortimente kann eine Umstrukturierung der Unternehmensorganisation erforderlich sein. In diesem Fall würde jedoch das Unternehmen seine Produktionstechnologie verändern, da neue Produkte eingeführt würden oder andere Inputs verwendet würden. Da in der neoklassischen Preistheorie des Unternehmens keine Informationsdefizite existieren und die Fähigkeit der Unternehmensleitung ein Unternehmen zu lenken nicht vom Output abhängig ist, ist die Annahme steigender Durchschnittskosten und damit fallender Skalenerträge aufgrund von Koordinationskosten nicht plausibel.

²⁰ Da die Änderung der Marktdaten, die Produktionstechnologie und das Verfahren zur Ermittlung der Minimalkostenkombination der Unternehmensleitung bekannt sind, erfordert selbst die Anpassung an eine aus Sicht des Unternehmens exogene Faktorpreisänderung keine zusätzlichen Koordinationsfähigkeiten der Unternehmensleitung.

IV. Schlußbemerkungen

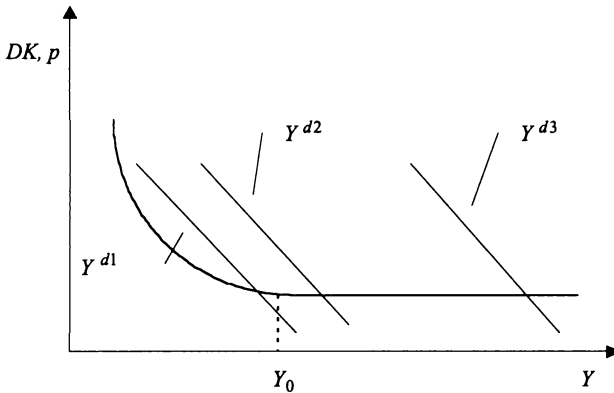
Die variable Skalenelastizität der von Arnold (1980, 261 u. 1992, 181) unterstellten homothetischen Unternehmensproduktionsfunktion, welche bei konstanten Faktorpreisen einen U-förmigen Durchschnittskostenverlauf bedingt, ist lediglich ein Spezialfall. Zwar kann die Annahme eines Bereiches steigender Skalenerträge aufgrund der 2/3-Regel begründet sein, indessen kann die Smithsche Arbeitsteilung nur bedingt als Ursache dafür herangezogen werden, da die Arbeitsteilung ein eher dynamisches Phänomen zu sein scheint. Dies läßt sich aus der Entwicklung neuer Fähigkeiten und Kapitalgüter im Zuge der Arbeitsteilung schließen (vgl. Smith [1789] 1993, 12 f.).

Die Existenz von Kosten der Unternehmensleitung, also Kontroll- und Koordinationskosten, bedeutet, daß a) die Faktoren nicht das leisten, was vertraglich zugesichert wird, b) Zielkonflikte innerhalb des Unternehmens existieren, c) keine vollständige Information über die Produktionstechnologie herrscht oder d) relevante Informationen von der Unternehmensleitung nicht verarbeitet werden können. Folglich ist es in den Fällen a)–d) nicht möglich, technisch effiziente Produktionsprozesse durchzuführen. Daher sind Kontroll- und Koordinationskosten keine Argumente für fallende Skalenerträge. Vielmehr sind Kontroll- und Koordinationskosten Ursachen der von Leibenstein (1966, 412 f.) festgestellten X-Ineffizienzen eines Unternehmens. Der Widerspruch zwischen der Annahme einer Produktionsfunktion und Kosten der Unternehmensleitung sind offensichtlich Ausdruck des Ziels der neoklassischen Preistheorie die preisgeleitete Ressourcenallokation und nicht die Koordination der Aktivitäten innerhalb eines Unternehmens zu erklären.²¹ So setzen die Marktpreise die Anreize für rationale Akteure so, daß keine Kontrolle und Koordination innerhalb eines Unternehmens notwendig ist (vgl. Leibenstein, 1966, 397; Demsetz, 1995, 12 f.). Damit sind fallende Skalenerträge nur dann begründbar, wenn eine natürliche Ressource zur Produktion eingesetzt wird, diese ein freier Faktor ist und sie bei einer Outputsteigerung nicht proportional zu den anderen Faktoren ausgedehnt werden kann. Um die Annahme einer homothetischen Produktionsfunktion zu begründen, muß zusätzlich die Annahme erfüllt sein, daß die 2/3-Regel anwendbar ist. Folglich sind für ein repräsentatives Unternehmen lediglich Werte der Skalenelastizität von größer oder/und gleich eins ökonomisch plausibel.

Dies Ergebnis scheint die in empirischen Untersuchungen festgestellte L-förmige Durchschnittskostenkurve zu bestätigen (vgl. Abschnitt E). Jedoch gilt dies nur dann, wenn die Faktorpreise über den betrachteten Zeit-

²¹ Wie Demsetz (1997, 426) formuliert: „Neoclassical theory’s objective is to understand price-guided, not management-guided, resource allocation.“

raum relativ konstant sind. Daneben ist zu berücksichtigen, daß sowohl statische als auch dynamische Phänomene wie „learning by doing“-Effekte zu den beobachteten Durchschnittskosten geführt haben können.²²



$DK :=$ Durchschnittskosten

$p :=$ Marktpreis des Gutes Y

$Y :=$ Menge des Gutes Y

$Y^{d1-3} :=$ Marktnachfragekurven des Gutes Y

Abbildung 9: L-förmige Durchschnittskostenkurve

Da die Größenvorteile durch die 2/3-Regel technisch begrenzt sind, wird ein Unternehmen ab irgendeinem Output (in der Abbildung 9: Y_0) seine langfristigen Durchschnittskosten nicht mehr senken können. Die Produktionsmenge Y_0 soll als technisch mindestopimal bezeichnet werden. Ist der mindestopimale technische Output eines Unternehmens im Verhältnis zur Nachfrage (Y^{d2}) auf dem Gütermarkt relativ groß (vgl. Abbildung 9), so kann auf dem Gütermarkt ein enges Oligopol angenommen werden. Wenn die Nachfrage nach dem Gut $Y(Y^{d1})$ nicht ausreicht um die Größenvorteile eines Unternehmen ausschöpfen zu können (vgl. Abbildung 9), ist die Annahme eines Monopols plausibel. Falls die mindestopimale technische Produktionsmenge im Verhältnis zur Nachfrage (Y^{d3}) relativ gering ist (vgl. Abbildung 9), kann die Marktform a priori nicht bestimmt werden. Dies liegt darin begründet, daß bei konstanten Skalenerträgen kein Durchschnittskostenminimum und somit keine kostenminimale Unternehmens-

²² Die Schnittpunkte der Nachfragekurven Y^{d2} und Y^{d3} mit der Durchschnittskostenkurve sind in der Abbildung 9 bei zu geringen Mengen von Y angesiedelt. Sie müßten bei höheren Mengen liegen, was aus Platzgründen jedoch nicht dargestellt werden kann.

größe ermittelt werden kann. Damit ist die im „factor-augmenting“-Fall unterstellte linearhomogene Produktionsfunktion sowohl mit vollständiger Konkurrenz als auch mit einem Monopol auf dem Gütermarkt vereinbar. Wenn jedoch freier Marktzugang angenommen wird, kann selbst ein einzelnes Unternehmen auf dem Markt nur einen Preis in Höhe der Durchschnittskosten, die bei linearer Homogenität den Grenzkosten entsprechen, verlangen. Ansonsten treten weitere Unternehmen in den Markt ein, womit langfristig keine positiven Gewinne erzielt werden können. Daher ist in diesem Fall das Monopol nur formal, jedoch ökonomisch nicht existent, so daß bei freiem Marktzugang und linearer Homogenität die Annahme vollständiger Konkurrenz auf dem Markt für das Gut Y plausibel ist, obwohl die Unternehmensanzahl nicht eindeutig bestimmt werden kann.

Folglich ist die allgemeine Spezifikation einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt der „factor-augmenting public input“, welche durch steigende Skalenerträge gekennzeichnet ist (vgl. Abschnitt C.IV.1). Damit erhöht ein öffentliches Zwischenprodukt indirekt über eine Produktivitätssteigerung der privaten Faktoren den Output (vgl. Abschnitt C.IV.1, (C.42)–(C.45)).

Steigende Skalenerträge bedingen im „factor-augmenting“-Fall kein Monopol, weil die Menge des „factor-augmenting public input“ aus Sicht der Unternehmen parametrisch gegeben ist. Wenn ein Selbstausschluß vom „factor-augmenting public input“ möglich ist, können die Unternehmen darüber entscheiden, ob sie den „factor-augmenting public input“ zur Produktion einsetzen oder nicht, jedoch die Einsatzmenge nicht kontinuierlich variieren. Bei aus Sicht der Unternehmen gegebenen Faktorpreisen und gegebener Menge des „factor-augmenting public input“ erzielen die Unternehmen keine fallenden Durchschnittskosten, was im Ein-Produkt-Fall die Annahme eines natürlichen Monopols begründen würde (vgl. Braeutigam, 1989, 1285 f.). Folglich ist bei freiem Marktzugang die Spezifikation des „factor-augmenting public input“ mit einem Wettbewerbsmodell vereinbar. Wenn jedoch die Unternehmen aufgrund der 2/3-Regel steigende Durchschnittserträge in Arbeit und Kapital bei gegebener Menge des öffentlichen Zwischenproduktes erzielen können, ist es möglich, daß die technisch mindest-optimale Produktionsmenge (Y_0) größer als die auf dem Markt nachgefragte Menge (Y^{d1}) ist (vgl. Abbildung 9). Dann kann im Ein-Produkt-Fall ein natürliches Monopol entstehen. Folglich ist eine Produktionsfunktion, die steigende Durchschnittserträge in Arbeit und Kapital aufweist ein Spezialfall der Produktionsfunktion mit dem öffentlichen Zwischenprodukt.

Das Ergebnis, das ein öffentliches Zwischenprodukt die Effizienz der privaten Faktoren erhöht, wird durch Beispiele für öffentliche Zwischenprodukte wie Forschungsergebnisse, Bildung und Ausbildung und landwirtschaftliche Wettervorhersagen bestätigt. Forschungsergebnisse können die

Produktivität von Arbeit und Kapital steigern, durch Bildung nimmt die Arbeitsproduktivität zu und landwirtschaftliche Wettervorhersagen führen dazu, daß der Landwirt sein Saatgut bei günstigeren Wetterbedingungen einsetzen kann. Somit ist eine Steigerung des Ernteertrags des Saatgutes gegenüber einer Situation ohne landwirtschaftlicher Wettervorhersage zu erwarten.

F. Fazit und offene Fragen

Die vorliegende Arbeit hat anhand produktions- und alloktionstheoretischer Überlegungen die allgemeine Spezifikation der Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt konsistent begründet. Dadurch ist es möglich, die Konfusion und Vielfalt, die in der endogenen Wachstumstheorie, der Theorie der fiskalischen Standortkonkurrenz und der Theorie des internationalen Handels bzgl. der Spezifikation von öffentlichen Zwischenprodukten besteht (vgl. Abschnitt B), zu klären. Dies ist insbesondere für wirtschaftspolitische Handlungsempfehlungen, die auf Grundlage von Modellen der angeführten Theorien gegeben werden, bedeutsam, weil unterschiedliche Spezifikationen von öffentlichen Zwischenprodukten zu verschiedenen Modellergebnissen führen können (Colombier/Pickhardt, 1998).

Das Ergebnis dieser Arbeit beruht zum einen darauf, daß nur wenige Ursachen für unternehmensinterne Skalenerträge konsistent mit dem Konzept der Produktionsfunktion sind. Zum anderen gelingt es auf Grundlage eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells (Kaizuka, 1965) eine systematische Übersicht in Form einer Klassifizierung der Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit staatlich bereitgestellten Zwischenprodukten zu präsentieren. Die Klassifikation verdeutlicht, daß bis auf zwei Spezifikationen – der „unpaid factor“ und der „factor-augmenting public input“ – die Zwischenprodukte vertikale Mischungen aus einem privaten und öffentlichen Gut darstellen. Allerdings sind Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit vertikal gemischten Zwischenprodukten widersprüchlich, so daß äquivalent zur Theorie öffentlicher Konsumgüter (Samuelson, 1969; Pickhardt, 1997) Zwischenprodukte lediglich privat – der „unpaid factor“ – oder öffentlich – der „factor-augmenting public input“ – sein können.

Auch schränken einige in der Literatur bzgl. des „firm-augmenting public input“ vorgetragene Argumente dies Ergebnis nicht ein. So bezweifelt Boadway (1973) die Anwendbarkeit der Kaizuka-Regel im „firm-augmenting“-Fall, weil die Kaizuka-Regel im langfristigen Gleichgewicht mit dem „firm-augmenting public input“ nicht erfüllt ist. Darum entwickelt Boadway (1973) eine alternative Bereitstellungsregel. Allerdings ermöglicht, die in dieser Arbeit erstmalig vorgenommene analytische Herleitung der Boadway-Regel, den Nachweis, daß die Boadway-Regel lediglich das partial-analytische Äquivalent der Kaizuka-Regel darstellt. Folglich ist die Kaizuka-Regel auch im „firm-augmenting“-Fall anwendbar, womit der Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall bestehen bleibt.

Offensichtlich sehen andere Autoren die im neoklassischen Modell der vollständigen Konkurrenz unterstellte kostenlose Zunahme der Unternehmensanzahl, welche kritisch für die Inkonsistenz im „firm-augmenting“-Fall ist, als zu einschränkend an. So erweitert Hillman (1978) das neoklassische Modell um einen unteilbaren Primärfaktor, während Richter (1994) fixe Gründungskosten annimmt. Jedoch ist Hillmans (1978) Darstellung eines unteilbaren Primärgutes inkonsistent, weil implizit von einer beliebigen Variierbarkeit des unteilbaren Primärfaktors ausgegangen wird. So stellt ein unteilbarer Primärfaktor lediglich die Begründung für eine exogene – technisch determinierte – Festlegung der Unternehmensanzahl dar, womit die endogene Bestimmung einer effizienten Unternehmensanzahl ausgeblendet wird. Dahingegen können fixen Gründungskosten aufgrund der Annahme vollkommener Markttransparenz im neoklassischen Modell lediglich Gebühren gegenüberstehen, die der Staat für die Gründung eines Unternehmens erhebt, was jedoch aufgrund der Nichtrivalität des „firm-augmenting public input“ auf der Unternehmensebene ineffizient ist. Daraus folgt, daß der Widerspruch im „firm-augmenting“-Fall durch die vorgenommenen Erweiterungen des neoklassischen Modells nicht gelöst werden kann. Folglich sind allein der „unpaid factor“ und der „factor-augmenting public input“ theoretisch konsistent. Somit bestätigt sich die von Feehan (1998) geäußerte Vermutung, wonach der „factor-augmenting public input“ die einzig plausible Spezifikation eines öffentlichen Produktionsfaktors darstellt.

Darum kann die Definition für ein öffentliches Zwischenprodukt nicht an den Unternehmen anknüpfen, sondern muß sich auf die privaten Produktionsfaktoren beziehen, so daß allein die Faktorebene maßgeblich für die Nichtrivalität oder Rivalität eines Zwischenproduktes ist. Damit ist die Definition von Kaizuka (1965) bzgl. öffentlicher Zwischenprodukte wie folgt zu formulieren: *Ein öffentliches Zwischenprodukt ist ein Gut, das von mindestens zwei Faktoreinheiten, z.B. zwei Arbeitern, simultan zur Produktion verwendet werden kann.* Da Faktoreinheiten genauso wie Konsumenten nicht teilbar sind, besteht eine vollständige Symmetrie zwischen den Definitionen öffentlicher Konsumgüter und Zwischenprodukte. Folglich existiert die von Hillman (1978) angesprochene Asymmetrie bzgl. öffentlicher Güter, die sich durch die Teilbarkeit der Unternehmen und die Unteilbarkeit der Konsumenten begründet, nicht.

Darüber hinaus folgt aus dem Nachweis der theoretischen Inkonsistenz vertikaler Mischgüter, daß keine modellendogene Erzeugung von Rivalität möglich ist, und Überfüllung eines a priori nichtrivalisierenden Zwischenproduktes c.p. nicht durch eine Zunahme der Unternehmensanzahl verursacht werden kann. Somit sind Rivalität und Nichtrivalität modellexogene – technisch determinierte – Gutseigenschaften eines Produktionsfaktors, was

entsprechend für den Fall eines Konsumgutes gilt (Pickhardt, 1997). Zudem ist das Ergebnis der theoretischen Analyse mit der aufgrund empirischer Beobachtung plausiblen Einsicht vereinbar, daß Überfüllung c. p. durch eine Zunahme der Faktoreinsatzmengen entsteht.

Jedoch bleibt offen, ob mit Hilfe eines „factor-augmenting public input“, also eines Produktionsfaktor, der durch Nichtrivalität in der Produktion gekennzeichnet ist, überfüllbare Güter abgebildet werden können. So werden als Beispiele für überfüllbare Zwischenprodukte insbesondere Anlagen der Verkehrsinfrastruktur, d.h. Straßen und Brücken, genannt (Barro/Sala-i-Martin, 1995; Sinn, 1997; Fisher/Turnovsky, 1998). Straßen und Brücken sind unteilbare Güter, weil sie gemäß ihrer Funktion, zur Herstellung von Transportleistungen zu dienen, eine bestimmte Länge besitzen müssen, so daß sie von mehreren Individuen bzw. Faktoreinheiten gemeinsam verwendet werden können. Da jedoch zu einem bestimmten Zeitpunkt z. B. ein Fahrzeug auf einer Straße eine bestimmte Fläche einnimmt, kann dieselbe Fläche von keinem anderen Fahrzeug verwendet werden, was dadurch zum Ausdruck kommt, daß Fahrzeuge auf einer Straße nur hintereinander oder nebeneinander fahren können. Somit rivalisieren die Fahrzeuge um die Fläche, was indessen der Annahme der Nichtrivalität im Fall des „factor-augmenting public input“ widerspricht. Daher bleibt zukünftiger Forschungstätigkeit vorbehalten, zu untersuchen, ob staatlich bereitgestellte Infrastrukturgüter, die überfüllbar sind, durch die Spezifikation eines „factor-augmenting public input“ konsistent abgebildet werden können. In jedem Fall erfaßt die Spezifikation eines „factor-augmenting public input“ nichtrivalisierende Infrastrukturgüter wie Bildung, Forschungsergebnisse und landwirtschaftliche Wettervorhersagen, die nicht überfüllbar sind.

Daneben ist ungeklärt geblieben, in welcher Weise ein „factor-augmenting public input“ auf die Produktivität privater Faktoren wirkt. Dies ist im Hinblick auf mögliche Substitutionsprozesse zwischen Arbeit und Kapital relevant, die durch eine Erhöhung des „factor-augmenting public input“ verursacht werden können. Die vorliegende Arbeit hat Substitutionsprozesse durch die vereinfachende Annahme der Hicks-neutralen Wirkung des „factor-augmenting public input“ ausgeschlossen. So bleibt im Rahmen einer empirischen Untersuchung zu ermitteln, in welcher Weise unterschiedliche nichtrivalisierende Infrastrukturgüter auf die Produktivität privater Faktoren wirken.

Bemerkenswert ist zudem die, in der vorliegenden Arbeit, aufgezeigte Analogie zwischen der theoretischen Inkonsistenz und der empirischen Irrelevanz von vertikal gemischten Zwischenprodukten.

Anhang

I. Abschnitt C.II–C.IV

Im Anhang I werden die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung der in den Abschnitten C.II–C.IV dargelegten Spezifikationen von Zwischenprodukten hergeleitet.

Der Kaizuka-Fall – ad (C.15)–(C.19)

Da das in Abschnitt C.II formulierte Maximierungsproblem (C.8)–(C.14) Grundlage für die folgenden Maximierungsprobleme der Anhänge I und II ist, wird es an dieser Stelle nochmals dargelegt:^{1,2}

$$(I.1) \quad Y = n_y f_j(A_j, K_j, G_j) \rightarrow \max.$$

Nebenbed.:³

$$(I.2) \quad n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X} = 0,$$

$$(I.3) \quad R(A_g, K_g) - G = 0,$$

$$(I.4) \quad G - G_i = 0 \quad \text{mit: } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.5) \quad G - G_j = 0 \quad \text{mit: } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.6) \quad \bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g = 0 \quad \text{mit: } A_i, A_j, A_g > 0,$$

$$(I.7) \quad \bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g = 0 \quad \text{mit: } K_i, K_j, K_g > 0.$$

Die Lagrangefunktion für dieses Maximierungsproblem lautet:

¹ Damit die hinreichenden Bedingungen für ein eindeutiges Maximum erfüllt sind, wird strenge Quasikonkavität der Produktionsfunktionen vorausgesetzt (vgl. Chiang, 1984, 398 f. u. 744 ff.; Abe et al., 1986).

² Nur, wenn die Variablen des Maximierungsproblems positiv sind, und die Nebenbedingungen keine Ungleichungen sind, kann eine ökonomisch effiziente Lösung erreicht werden. Die erste Voraussetzung impliziert positive Faktormengen, und die zweite gewährleistet Vollbeschäftigung der Faktoren und die Produktion der Mengen \bar{X} und G . Durch diese Annahmen werden Randlösungen ausgeschlossen.

³ (I.4) bzw. (I.5) stellen ein Gleichungssystem dar, das jeweils n_x - bzw. n_y -Nebenbedingungen enthält.

$$\begin{aligned}
 (I.8) \quad L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x(n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\
 & + \mu_i n_x (G - G_i) + \mu_j n_y (G - G_j) \\
 & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g).
 \end{aligned}$$

L ist eine Funktion der Variablen $A_j, K_j, G_j, A_i, K_i, G_i, A_g, K_g, G$ und der Lagrangemultiplikatoren $p_x, p_g, \mu_i, \mu_j, w, r$. Damit lauten die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung des öffentlichen Zwischenproduktes bzgl. der Variablen wie folgt:

$$(I.9) \quad \frac{\partial f_j}{\partial A_j} = w \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.10) \quad \frac{\partial f_j}{\partial K_j} = r \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.11) \quad \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = \mu_j \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.12) \quad \frac{\partial f_i}{\partial A_i} = \frac{w}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.13) \quad \frac{\partial f_i}{\partial K_i} = \frac{r}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.14) \quad \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \frac{\mu_i}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.15) \quad \frac{\partial R}{\partial A_g} = \frac{w}{p_g},$$

$$(I.16) \quad \frac{\partial R}{\partial K_g} = \frac{r}{p_g},$$

$$(I.17) \quad n_x \mu_i + n_y \mu_j = p_g.$$

Wenn die Bedingungen (I.11) und (I.14) berücksichtigt werden, kann die Kaizuka-Regel aus (I.17) abgeleitet werden:

$$(I.18) \quad p_g = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Damit ist die Gleichung (C.19) bestimmt. Jedoch entspricht (I.18) nur der Kaizuka-Regel, wenn die Bedingungen (C.17) und (C.18) erfüllt sind.

Durch Gleichsetzen von (I.9) und (I.12) bzw. (I.10) und (I.13) kann der mittlere Teil bzw. die rechte Seite von (C.17) ermittelt werden:

$$(I.19) \quad p_x = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial A_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial A_i}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial K_j}}{\frac{\partial f_i}{\partial K_i}} \quad \text{für } i, \dots, n_x; j = 1, \dots, n_y.$$

Der mittlere Teil von Gleichung (C.18) resultiert durch Gleichsetzen von (I.9) und (I.15) und die rechte Seite durch Gleichsetzen von (I.10) und (I.16):

$$(I.20) \quad p_g = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial A_j}}{\frac{\partial A_g}{\partial R}} = \frac{\frac{\partial f_j}{\partial K_j}}{\frac{\partial K_g}{\partial R}} \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y.$$

Werden jeweils die mittleren Teile von (I.19) und (I.20) für p_x und p_g in (I.18) eingesetzt, ergibt sich (C.15). Der Einsatz der linken Seiten von (I.19) und (I.20) für p_x bzw. p_g führt zu (C.16).

Ein privates Zwischenprodukt – ad (C.21)

Wenn an Stelle eines öffentlichen Zwischenproduktes ein privates Zwischenprodukt angenommen wird, müssen die Nebenbedingungen (I.4) and (I.5) durch die folgende Bedingung ersetzt werden:

$$(I.21) \quad G - n_x G_i - n_y G_j = 0.$$

Also ist die Lagrangefunktion (I.8) wie folgt zu modifizieren:

$$(I.22) \quad \begin{aligned} L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x(n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu(G - n_x G_i - n_y G_j) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g). \end{aligned}$$

Partielle Differenzierung von (I.22) nach A_j , K_j , A_i , K_i , A_g , und K_g ergibt die notwendigen Bedingungen (I.9), (I.10), (I.12), (I.13), (I.15) und (I.16). Damit sind die Bedingungen (I.19) und (I.20) ebenfalls im Fall eines privaten Zwischenproduktes gültig. Darüber hinaus können durch partielle Ableitung von (I.22) nach G_j , G_i und G die folgenden Bedingungen erster Ordnung bestimmt werden:

$$(I.23) \quad \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = \mu \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.24) \quad \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \frac{\mu}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.25) \quad \mu = p_g.$$

Durch Einsetzen von (I.23) und (I.24) für μ in (I.25) resultieren die Effizienzbedingungen für die Bereitstellung des privaten Zwischenproduktes und damit des „unpaid factor“:

$$(I.26) \quad p_g = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.27) \quad p_g = \frac{\partial f_j}{\partial G_j} \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

die in Abschnitt C.II in Gleichung (C.21) und in Abschnitt C.III in Gleichung (C.39) („unpaid factor“) zusammengefaßt sind.

Der „semi-public input“ – ad (C.24)

Stellt das Zwischenprodukt ein „semi-public input“ dar, müssen die Nebenbedingungen (I.4) und (I.5) durch folgende Gleichungen ersetzt werden (vgl. (C.22) u. (C.23)):

$$(I.28) \quad \frac{1}{n_x} G - G_i = 0 \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.29) \quad \frac{1}{n_y} G - G_j = 0 \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y.$$

Unter Berücksichtigung dieser Restriktionen ergibt sich die folgende Lagrangefunktion:

$$(I.30) \quad \begin{aligned} L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x (n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g (R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu_i n_x \left(\frac{1}{n_x} G - G_i \right) + \mu_j n_y \left(\frac{1}{n_y} G - G_j \right) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g). \end{aligned}$$

Abgesehen von (I.17) entsprechen die notwendigen Bedingungen der Lagrangefunktion (I.30) denen der Lagrangefunktion (I.8). Einzig die partielle Ableitung von (I.30) nach G unterscheidet sich:

$$(I.31) \quad p_g = \mu_i + \mu_j.$$

Einsetzen von (I.11) und (I.14) in Gleichung (I.31) ergibt die Bedingung für eine produktionseffiziente Bereitstellung des „semi-public input“ (C.24):

$$(I.32) \quad p_g = p_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Der „factor-augmenting public input“ – ad (C.48)

Entsprechend der Annahme des Abschnitts C.IV wird zur Bestimmung des produktionseffizienten Gleichgewichts im „factor-augmenting“-Fall Hicks-Neutralität unterstellt. Unter der Annahme eines Hicks-neutralen „factor-augmenting public input“ sind die Produktionsfunktionen der Unternehmen in (I.1) und (I.2) durch folgende Funktionen zu ersetzen (vgl. (C.46) u. (C.47)):

$$(I.33) \quad X_i = E(G_i)h_i(A_i, K_i),$$

$$(I.34) \quad Y_j = E(G_j)h_j(A_j, K_j),$$

mit: $G = G_i = G_j$
 $E_A = bE_K = E(G) :=$ Hicks-Neutralität des „factor-augmenting public input“.

Die Funktion $E(G)$ soll konkav sein. Im „factor-augmenting“-Fall ist die Lagrangefunktion wie folgt zu formulieren:

$$(I.35) \quad \begin{aligned} L = & n_y E(G_j)h_j(A_j, K_j) + p_x(n_x E(G_i)h_i(A_i, K_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu_i n_x(G - G_i) + \mu_j n_y(G - G_j) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g) \end{aligned}$$

Die Variablen im „factor-augmenting“-Fall entsprechen denen der Lagrangefunktion (I.8), jedoch ändern sich die Bedingungen erster Ordnung bis auf (I.15)–(I.17). Wird (I.35) nach A_j , K_j , G_j , A_i , K_i , und G_i abgeleitet, resultieren die folgenden notwendigen Bedingungen:

$$(I.36) \quad E(G_j) \frac{\partial h_j}{\partial A_j} = w \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.37) \quad E(G_j) \frac{\partial h_j}{\partial K_j} = r \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.38) \quad \frac{dE}{dG_j} h_j = \mu_j \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(I.39) \quad E(G_i) \frac{\partial h_i}{\partial A_i} = \frac{w}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.40) \quad E(G_i) \frac{\partial h_i}{\partial K_i} = \frac{r}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.41) \quad \frac{dE}{dG_i} h_i = \frac{\mu_i}{p_x} \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x.$$

Löst man (I.41) nach μ_i auf und fügt (I.38) und (I.41) in (I.17) ein, ergibt sich die Effizienzbedingung für die Bereitstellung des „factor-augmenting public input“ (C.48):

$$(I.42) \quad p_g = p_x n_x \frac{dE}{dG_i} h_i + n_y \frac{dE}{dG_j} h_j.$$

Gleichgewicht bei endogener Unternehmensanzahl – ad (C.49) et (C.50)

Wenn die Unternehmensanzahl endogen bestimmt wird, sind n , n_x und n_y zusätzliche endogene Variablen, und Gleichung (C.3) muß als weitere Nebenbedingung des Maximierungsproblems (I.1)–(I.7) berücksichtigt werden. Unter Einbezug von (C.3) ist die Lagrangefunktion wie folgt zu formulieren:

$$(I.43) \quad \begin{aligned} L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x(n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu_i n_x (G - G_i) + \mu_j n_y (G - G_j) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g) \\ & + v(n - n_x - n_y). \end{aligned}$$

Die Differenzierung von (I.43) nach n , n_x und n_y ergibt:

$$(I.44) \quad v = 0,$$

$$(I.45) \quad f_i + \underbrace{\frac{\mu_i}{p_x} (G - G_i)}_{=0} - v = \frac{w}{p_x} A_i + \frac{r}{p_x} K_i,$$

$$(I.46) \quad f_j + \underbrace{\mu_j (G - G_j)}_{=0} - v = w A_j + r K_j.$$

Durch Einsetzen von (I.12), (I.13) bzw. (I.9), (I.10) sowie (I.44) in die Bedingungen (I.45) bzw. (I.46) können die Gleichungen (C.49) bzw. (C.50) bestimmt werden:

$$(I.47) \quad X_i = \frac{\partial f_i}{\partial A_i} A_i + \frac{\partial f_i}{\partial K_i} K_i \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(I.48) \quad Y_j = \frac{\partial f_j}{\partial A_j} A_j + \frac{\partial f_j}{\partial K_j} K_j \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

die die Bedingungen für eine produktionseffiziente Unternehmensanzahl darstellen.

II. Abschnitt C.VI

Entsprechend der Vorgehensweise in Anhang I werden in den Abschnitten *ad Tabelle 2* und *ad Tabelle 4* des Anhangs II die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung der in den Tabellen 2 und 4 aufgeführten Spezifikationen von Zwischenprodukten bei exogener Unternehmensanzahl ermittelt. Anschließend wird der Überfüllungsgrad des „firm-internal public input“ bestimmt, und eine Kostenfunktion für ein überfüllbares Zwischenprodukt erläutert.

Ad Tabelle 2 Der „firm-augmenting public input II“

Wenn ein produktionseffizientes Gleichgewicht mit dem „firm-augmenting public input II“ bestimmt werden soll, müssen die Nebenbedingungen (I.4) und (I.5) des Maximierungsproblems (I.1)–(I.7) des Anhangs I durch folgende Restriktion ersetzt werden (vgl. Tabelle 2):

$$(II.1) \quad G = G_i + G_j.$$

Unter Berücksichtigung von (II.1) ist die Lagrangefunktion (I.8) wie folgt zu ändern:

$$(II.2) \quad \begin{aligned} L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x(n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu(G - G_i - G_j) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g). \end{aligned}$$

Die partiellen Ableitungen von (II.1) nach A_i , A_j , A_g , K_i , K_j , und K_g entsprechen den notwendigen Bedingungen (I.9), (I.10), (I.12), (I.13), (I.15) und (I.16) der Lagrangefunktion (I.8). Jedoch ergeben sich abweichend von (I.8) bei partieller Differenzierung von (II.1) nach G_i , G_j und G die folgenden notwendigen Bedingungen:

$$(II.3) \quad p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \mu \quad \text{für } i = 1, \dots, n_x,$$

$$(II.4) \quad n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = \mu \quad \text{für } j = 1, \dots, n_y,$$

$$(II.5) \quad p_g = \mu.$$

Durch Einsetzen von (II.3) bzw. (II.4) in Gleichung (II.5) ergeben sich die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung des „firm-augmenting public input II“ (II.6) und (II.7), die in Tabelle 2 in einer einzigen Gleichung dargestellt sind:

$$(II.6) \quad p_g = p_x n_x \frac{\partial f_i}{\partial G_i},$$

$$(II.7) \quad p_g = n_y \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Der „firm-internal public input“

Soll das Zwischenprodukt ein „firm-internal public input“ sein, müssen die Nebenbedingungen (I.4) und (I.5) des Maximierungsproblems des Anhangs I durch folgende Restriktion ersetzt werden:

$$(II.8) \quad G = n_x G_i + n_y G_j.$$

Die Lagrangefunktion entspricht der eines privaten Zwischenproduktes (vgl. (I.22)), weil der „firm-internal public input“ rivalisierend auf der Unternehmens- und Branchenebene ist, und die Gutseigenschaft auf der Faktorebene nicht durch die Restriktion (II.8) erfaßt werden können. Da die Lagrangefunktion identisch zu der eines privaten Zwischenproduktes ist, resultieren daher ebenfalls die gleichen Effizienzbedingungen für die Bereitstellung des „firm-internal public input“, also (I.26) und (I.27).

Der „semi-public input II“

Da der „semi-public input II“ entsprechend dem „semi-public input“ rivalisierend auf der Unternehmensebene und nichtrivalisierend auf der Branchenebene ist, gelten bzgl. des „semi-public input II“ die Restriktionen (I.28) und (I.29) (vgl. Tabelle 2), so daß sich die gleiche Lagrangefunktion wie im Fall des „semi-public input“ ergibt (vgl. (I.30)). Daher stimmt die Bedingung für eine produktionseffiziente Bereitstellung des „semi-public input II“ mit der des „semi-public input“ überein (vgl. (I.32)).

Der „industry congested public input“

Der „industry congested public input“ kann entsprechend dem „firm-augmenting public input II“ rivalisierend auf der Branchenebene und nichtrivalisierend auf der Unternehmensebene verwendet werden. Daher ist in diesem Fall ebenfalls die Restriktion (II.1) relevant (vgl. Tabelle 2), so daß die notwendigen Bedingungen für eine produktionseffiziente Bereitstellung des „industry congested public input“ mit (II.6) und (II.7) übereinstimmen.

Ad Tabelle 4

Zur Ermittlung des produktionseffizienten Gleichgewichts für die Spezifikationen der Zwischenprodukte aus Tabelle 4 müssen die Restriktionen (I.4) und (I.5) des Maximierungsproblems (I.1)–(I.7) durch die folgenden Nebenbedingungen ersetzt werden (vgl. (C.58)):

$$(II.9) \quad G = n_x^{d\phi} G_i,$$

$$(II.10) \quad G = n_y^{d\phi} G_j.$$

Dementsprechend ist die Lagrangefunktion (I.8) wie folgt zu ändern:

$$(II.11) \quad \begin{aligned} L = & n_y f_j(A_j, K_j, G_j) + p_x(n_x f_i(A_i, K_i, G_i) - \bar{X}) + p_g(R(A_g, K_g) - G) \\ & + \mu_i n_x (G - n_x^{d\phi} G_i) + \mu_j n_y (G - n_y^{d\phi} G_j) \\ & + w(\bar{A} - n_x A_i - n_y A_j - A_g) + r(\bar{K} - n_x K_i - n_y K_j - K_g). \end{aligned}$$

Bei partieller Ableitung von (II.11) nach A_i , A_j , A_g , K_i , K_j , und K_g ergeben sich die gleichen notwendigen Bedingungen wie bei Differenzierung der Lagrangefunktion (I.8) nach den genannten Variablen, also (I.9), (I.10), (I.12), (I.13), (I.15) und (I.16). Die Ableitung von (II.11) nach G_i , G_j und G führt zu folgenden notwendigen Bedingungen:

$$(II.12) \quad p_x n_x^{-d\phi} \frac{\partial f_i}{\partial G_i} = \mu_i,$$

$$(II.13) \quad n_y^{-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j} = \mu_j,$$

$$(II.14) \quad p_g = n_x \mu_i + n_y \mu_j.$$

Setzt man die Bedingungen (II.12) und (II.13) in (II.14) ein, resultiert die, für die in Tabelle 4 aufgeführten Spezifikationen von Zwischenprodukten geltende, notwendige Bedingung für eine produktionseffiziente Bereitstellung eines Zwischenproduktes (C.59):

$$(II.15) \quad p_g = p_x n_x^{1-d\phi} \frac{\partial f_i}{\partial G_i} + n_y^{1-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j}.$$

Überfüllungsgrad des „firm-internal public input“

Es ist zu zeigen, daß der Überfüllungsgrad des „firm-internal public input“ nicht mit dem des „semi-public input“ übereinstimmt, der dem Wert Eins entspricht (vgl. (C.56)). Im Fall des „firm-internal public input“ gilt:

$$(II.16) \quad G = n_x G_i + n_y G_j.$$

Wenn die Unternehmensanzahl, z. B. in der Branche Y , steigt, ergibt sich:

$$(II.17) \quad \frac{\partial G}{\partial n_y} = G_j.$$

Durch die Elastizität der Bereitstellungsmenge bzgl. der Unternehmensanzahl kann der Überfüllungsgrad ermittelt werden (vgl. Abschnitt C.VI.3.a)):

$$(II.18) \quad \frac{\partial G}{\partial n_y} \frac{n_y}{G} = G_j \frac{n_y}{G} = \frac{G - n_x G_i}{G} < 1.$$

Gleichung (II.18) zeigt, daß der Überfüllungsgrad im Fall des „firm-internal public input“ nicht dem Überfüllungsgrad des „semi-public input“ entspricht.

Kostenfunktion eines überfüllbaren Zwischenproduktes – ad Fn. 43

In einigen Modellen der fiskalischen Standortkonkurrenz, die überfüllbare Zwischenprodukte einbeziehen, werden Überfüllungskosten durch eine Kostenfunktion erfaßt.⁴ Diese Kostenfunktion soll im folgenden erläutert werden. Entsprechend der Vorgehensweise in diesen Modellen wird ein einziges Konsumgut, z.B. Y , angenommen.

$$(II.19) \quad C_g = C_g(n_y, G_j).$$

Gleichung (II.19) beschreibt die Bereitstellungskosten für das staatlich bereitgestellte Zwischenprodukt (G), die in Einheiten von Y gemessen werden. Der Wert der partiellen Ableitung von C_g nach n_y zeigt an, ob das öffentliche Zwischenprodukt überfüllt ist oder nicht.

$$(II.20) \quad \frac{\partial C_g}{\partial n_y} \geq 0.$$

Gleichung (II.20) gibt die Zunahme der Bereitstellungskosten im Zuge einer Steigerung der Unternehmensanzahl bei gegebener Einsatzmenge pro Unternehmen (G_j) an. Diese Kostensteigerung entspricht den Überfüllungskosten, die durch ein zusätzliches Unternehmen verursacht werden. M. a. W.: Diese Bereitstellungskosten dienen dazu, die in jedem Unternehmen durch Überfüllung entstandene Niveausenkung des überfüllbaren Zwischenproduktes zu kompensieren.⁵ Daher handelt es sich um ein überfülltes öffentliches Zwischenprodukt, wenn die Überfüllungskosten positiv sind (vgl. (II.20)). In diesem Fall kann das Zwischenprodukt nicht mehr vollständig nichtrivalisierend von den Unternehmen verwendet werden. Entstehen keine Überfüllungskosten durch ein zusätzliches Unternehmen (vgl. (II.20)), ist das Zwischenprodukt vollständig nichtrivalisierend (vgl. z.B. Wellisch, 1995, 24).

Anhand des Spezialfalls eines quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes (vgl. Abschnitt C.VI.3.a)) soll die Kostenfunktion (II.19) weiter erläutert werden. Für diesen Spezialfall ist die Kostenfunktion (II.19) wie folgt zu formulieren (vgl. Wellisch, 1995, 24):

$$(II.21) \quad C_g = n_y c_g(G_j).$$

⁴ Vgl. Richter (1994), Richter et al. (1995), Wellisch (1995), Richter/Wellisch (1996), Walz/Wellisch (1996).

⁵ Vgl. dazu Wildasin (1986, 6), der die Kostenfunktion (vgl. (II.19)) für überfüllbare Konsumgüter entwickelt hat.

Die Funktion $c_g(G_j)$ stellt die Bereitstellungskosten pro Unternehmen dar. Ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt ist dadurch gekennzeichnet, daß die Bereitstellungskosten proportional ansteigen, wenn ein zusätzliches Unternehmen dieses Zwischenprodukt zur Produktion verwendet (vgl. Wellisch, 1994, 24; (II.21)). Somit sind quasi-private öffentliche Zwischenprodukte vollständig rivalisierend (vgl. Walz/Wellisch, 1996, 177). Sind zudem die Grenzkosten für die Bereitstellung dieses Zwischenproduktes pro Unternehmen konstant:

$$(II.22) \quad \frac{\partial c_g}{\partial G_j} = \text{konst.},$$

handelt es sich gemäß Wellisch (1995, 24) um ein privates Gut.⁶ Nach Richter/Wellisch (1996, 76) zeichnet sich jedoch jedes quasi-private öffentliche Zwischenprodukt durch konstante Grenzkosten aus, so daß Definitionen i.w.S. (Wellisch, 1995) und i.e.S. (Richter/Wellisch, 1996) für ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt existieren.

Es wird nun gezeigt, daß die Annahme einer proportionalen Zunahme der Bereitstellungskosten bei Steigerung der Unternehmensanzahl konstante Grenzkosten pro Unternehmen (vgl. (II.22)) impliziert. Für ein quasi-privates öffentliches Zwischenprodukt gilt die Restriktion:

$$(II.23) \quad G = n_y G_j.$$

Angenommen die Kostenfunktion $c_g(G_j)$ sei homogen vom Grade ρ . Dann ergibt sich für die gesamten Bereitstellungskosten eines quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes:

$$(II.24) \quad C_g = n_y^\rho c_g(G_j) = C_g(\underbrace{n_y G_j}_{= G}) \quad \text{mit: } \rho > 0.$$

Die Gleichung (II.24) verdeutlicht, daß die Kostenfunktion $C_g(G)$ ebenfalls homogen vom Grade ρ ist. Der Homogenitätsgrad der Kostenfunktion $C_g(G)$ gibt

⁶ Wellisch (1995, 24) sieht ein staatlich bereitgestelltes privates Zwischenprodukt als Spezialfall eines quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes an. Damit gehören zu den quasi-privaten öffentlichen Zwischenprodukten nach Wellisch (1995, 24) private und öffentliche überfüllte Zwischenprodukte, die den gleichen Rivalitätsgrad wie private Güter aufweisen. Jedoch ist die Bezeichnung eines privaten Gutes als „quasi-privat“ semantisch unscharf. Ein Unterschied zwischen einem privaten und einem öffentlichen Zwischenprodukt, das überfüllt ist, besteht darin, daß Rivalität im Fall des privaten Gutes a priori technisch gegeben ist, während Rivalität im Fall des überfüllten öffentlichen Zwischenproduktes durch Überfüllung erzeugt wird (vgl. Abschnitt C.III.3 und Abschnitt C.VI.3.a)). So ist eine mögliche Erklärung für die Bezeichnung eines Zwischenproduktes als „quasi-privat öffentlich“, daß es sich um ein nichtrivalisierendes, überfüllbares Gut handelt, das bei Überfüllung rivalisierend wirkt. Dann kann jedoch die Bezeichnung eines privaten Gutes als „quasi-privat“ nicht begründet werden, weil die Rivalität im Fall eines privaten Gutes technisch gegeben ist.

zugleich die Kostenelastizität bzgl. der Bereitstellungsmenge (G) an. Ist $\rho \neq 1$, stellt die Funktion $c_g(G_j)$ die Kosten für die Bereitstellung der Menge G_j für das erste Unternehmen in einer Branche dar, jedoch nicht die Kosten pro Unternehmen.

$$(II.25) \quad \frac{C_g}{n_y} = n_y^{\rho-1} c_g(G_j) \quad \text{mit: } \rho \neq 1.$$

Nur für $\rho = 1$ gibt die Funktion $c_g(G_j)$ den Wert der Kosten pro Unternehmen an, womit die Kostenfunktionen der Gleichungen (II.21) und (II.24) übereinstimmen.

$$(II.26) \quad \frac{C_g}{n_y} = c_g(G_j) \quad \text{mit: } \rho = 1.$$

Daher muß im Fall des quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes $\rho = 1$ gelten. Die Annahme $\rho = 1$ impliziert konstante Grenzkosten pro Unternehmen (vgl. (II.22)), so daß lediglich die Definition i.e.S. bzgl. quasi-privater öffentlicher Zwischenprodukte gemäß Richter/Wellisch (1996) zugrunde gelegt werden kann. Allerdings erfaßt die Kostenelastizität (ρ) nicht die Wirkungen der Gutseigenschaften des quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes auf die Kostenfunktion ($C_g(\cdot)$), so daß im folgenden nach der Begründung für die implizit von den Autoren getroffene Annahme $\rho = 1$ gefragt wird.

Der Rivalitäts- bzw. Überfüllungsgrad eines Zwischenproduktes kann durch das Ausmaß, in welchem sich die Bereitstellungskosten bei Zunahme der Unternehmensanzahl erhöhen, gemessen werden. Ein quasi-privates öffentliches Gut ist durch eine proportionale Zunahme der Überfüllungskosten bei Steigerung der Unternehmensanzahl gekennzeichnet. Somit ist der Überfüllungsgrad gleich eins (vgl. Abschnitt C.VI.3.a)). Wird die Elastizität der Kosten bzgl. der Unternehmensanzahl für die Kostenfunktion der Gleichung (II.24) gebildet, ergibt sich:

$$(II.27) \quad \frac{\partial C_g}{\partial n_y} \frac{n_y}{C_g} = \rho.$$

Gleichung (II.27) zeigt, daß die Kostenelastizität der Unternehmensanzahl (linke Seite von (II.27)) identisch zur Kostenelastizität der Bereitstellungsmenge (rechte Seite von (II.27)) ist. Obwohl das quasi-private öffentliche Zwischenprodukt vollständig rivalisierend ist, können je nach Wert der Kostenelastizität die Bereitstellungskosten nicht nur proportional ($\rho = 1$), sondern ebenfalls unterproportional ($\rho < 1$) oder überproportional ($\rho > 1$) mit einer Zunahme der Unternehmensanzahl steigen. Würde $\rho \neq 1$ gelten, könnte die Zunahme der Bereitstellungskosten des quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes bei Verwendung durch ein zusätzliches Unternehmen $\left(\frac{\partial C_g}{\partial n_y} > 0 \right)$ nicht allein den Überfüllungskosten entsprechen (vgl. (II.20)). In diesen Fällen würden die Grenzkosten $\frac{\partial C_g}{\partial n_y} > 0$ ebenfalls interne Skaleneffekte der Produktion des quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes erfassen. Somit muß von $\rho = 1$ ausgegangen werden, um die Grenzkosten $\frac{\partial C_g}{\partial n_y} > 0$ als Überfüllungskosten interpretieren zu können.

Werden neben quasi-privaten öffentlichen Zwischenprodukten ebenfalls Zwischenprodukte berücksichtigt, deren Rivalitäts- bzw. Überfüllungsgrad (ϕ) kleiner als eins ist, kann eine Kostenfunktion, die sowohl unterschiedliche Werte der Kostenelastizität als auch verschiedene Überfüllungsgrade zuläßt, wie folgt lauten:^{7,8}

$$(II.28) \quad C_g = n_y^{\phi} c_g(G_j) = C_g(\underbrace{n_y^{\phi} G_j}_G) \quad \text{mit: } 0 < \phi \leq 1; \rho > 0.$$

Die Elastizität der Kosten bzgl. der Unternehmensanzahl ist dann:

$$(II.29) \quad \frac{\partial C_g}{\partial n_y} \frac{n_y}{C_g} = \phi \rho.$$

Gleichung (II.29) verdeutlicht, daß unabhängig vom Rivalitätsgrad die Grenzkosten $\frac{\partial C_g}{\partial n_y} > 0$ nur dann *allein* den Überfüllungskosten entsprechen, wenn $\rho = 1$ ist.

Also muß für die Produktion jedes überfüllten Zwischenproduktes ($\phi > 0$) $\rho = 1$ gelten, um die Überfüllungskosten bestimmen zu können. Somit kann die allgemeine Kostenfunktion (II.19) für überfüllbare Zwischenprodukte in der folgenden Weise spezifiziert werden:

$$(II.30) \quad C_g = n_y^{\phi} c_g(G_j) \quad \text{mit: } \rho = 1.$$

Im Fall von $\phi = 1$ entspricht $c_g(G_j)$ den Kosten pro Unternehmen (vgl. (II.30)), so daß der Spezialfall des quasi-privaten öffentlichen Zwischenproduktes vorliegt.

III. Abschnitt D.I.4

Ad (D.17)

Für die zur Spezifikationsmenge der „Mischungen I“ gehörenden Zwischenprodukte soll anhand der Branchenproduktionsfunktion des Gutes Y gezeigt werden, daß der in Gleichung (D.17) dargelegte Zusammenhang zwischen der Elastizität des Branchenoutputs bzgl. der Unternehmensanzahl und der Produktionselastizität eines gemischten Zwischenproduktes existiert. Entsprechend der Gleichung (D.16) lautet die Branchenproduktionsfunktion:

$$(III.1) \quad Y = F_y(A_y, K_y, n_y^{1-\phi} G).$$

⁷ Zur Erläuterung des Überfüllungsgrades (ϕ) vgl. die Abschnitte C.VI.3.a)–C.VI.3.b).

⁸ Die Kostenfunktion erfaßt aufgrund der Annahme $\phi > 0$ nur überfüllbare Zwischenprodukte, die überfüllt sind. Wenn $\phi = 0$ wäre, läge ein nicht überfüllbares öffentliches Zwischenprodukt vor (vgl. Abschnitt C.VI.3.b)).

Die partiellen Ableitungen nach G und n_y sind:

$$(III.2) \quad \frac{\partial Y}{\partial G} = \frac{\partial F_y}{\partial (n_y^{1-d\phi} G)} n_y^{1-d\phi},$$

$$(III.3) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} = (1 - d\phi) \frac{\partial F_y}{\partial (n_y^{1-d\phi} G)} G n_y^{-d\phi}.$$

Die Elastizität des Branchenoutputs bzgl. der Unternehmensanzahl ist dann:

$$(III.4) \quad \frac{\partial Y}{\partial n_y} \frac{n_y}{Y} = (1 - d\phi) \frac{\partial F_y}{\partial (n_y^{1-d\phi} G)} n_y^{1-d\phi} \frac{G}{Y}.$$

Wird (III.2) in (III.4) eingesetzt, ergibt sich Gleichung (D.17).

Ad (D.18)

Gleichung (D.18) kann hergeleitet werden, weil der Branchenoutput neben (III.1) auch als Summe der Produktionsfunktionen der Unternehmen berechnet werden kann.

$$(III.5) \quad Y = n_y f_j(A_j, K_j, \underbrace{n_y^{-d\phi} G}_{= G_j}).$$

Die partielle Ableitung nach G ergibt:

$$(III.6) \quad \frac{\partial Y}{\partial G} = n_y^{1-d\phi} \frac{\partial f_j}{\partial G_j},$$

womit die Gleichung (D.18) ermittelt werden kann.

IV. Abschnitt D.II.2–D.II.3

Im Anhang IV werden die in den Abschnitten D.II.2 und D.II.3 verwendeten Gleichungen, die sich nicht selbst erklären, hergeleitet. Abweichend vom Abschnitt D.II wird in den Anhängen IV und V auf die Kennzeichnung der exogenen Variablen mit einem Querbalken verzichtet, da die mathematische Analyse im Vordergrund steht.

Ad (D.21)

Die unter (D.21) angegebene Produktionsfunktion ist linearhomogen in Arbeit (A_i) und dem „firm-augmenting public input“ (G), so daß die Produktionsfunktion in Abhängigkeit des Faktoreinsatzverhältnisses (g) ausgedrückt werden kann:

$$(IV.1) \quad Y_i = f(A_i, G) = A_i z\left(\frac{G}{A_i}\right) = A_i z(g) \quad \text{mit: } g = \frac{G}{A_i} > 0.$$

Da Boadway (1973, 253) folgend ein Minimum der Durchschnittskosten angenommen wird, muß eine Stelle $g = g^*$ existieren, für die gilt (vgl. Abschnitt D.II.2.b), (D.39)):

$$(IV.2) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial G} = \frac{\partial f}{\partial G}(g^*) = z'(g^*) = 0.$$

Obwohl die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ Null wird (vgl. (IV.2)), produzieren rationale Unternehmen weiterhin, weil der „firm-augmenting public input“ den Unternehmen kostenlos zur Verfügung gestellt wird.

Die Gleichung (IV.2) verdeutlicht, daß für die Produktionsfunktion (IV.1) an der Stelle $g = g^*$ ein Ertragsmaximum des „firm-augmenting public input“ existiert. Werden nun zusätzliche Einheiten von G bei konstanter Arbeitseinsatzmenge pro Unternehmen zur Produktion verwendet ($g > g^*$), nimmt der Ertrag des „firm-augmenting public input“ ab, so daß die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ negativ wird. Für $g > g^*$ sind die Produktionsprozesse technisch ineffizient,⁹ weil im Bereich $g \leq g^*$ mit einer geringeren Menge des „firm-augmenting public input“ zumindest dasselbe Ertragsniveau hergestellt werden kann.

Zudem existiere an einer Stelle $g = g_u$ mit $g_u < g^*$ ein Ertragsmaximum der Arbeit (vgl. z.B. Ferguson 1969, Kap. 5.3):¹⁰

$$(IV.3) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial A_i} = \frac{\partial f}{\partial A_i}(g_u) = z(g_u) - g_u z'(g_u) = 0.$$

Da der Lohnsatz (w) und der Marktpreis (p) positiv sind, setzt kein Unternehmen soviel Arbeit ein, daß die Grenzproduktivität der Arbeit Null wird (vgl. (IV.3)).

Damit sind die Produktionsprozesse (bG_u , bA_{iu} , bY_{iu}) (mit: $g_u = \frac{bG_u}{bA_{iu}}$ und $b > 0$) an der Stelle $g = g_u$ zwar technisch effizient, jedoch aufgrund des positiven Reallohns ökonomisch nicht relevant.

Setzt ein Unternehmen, über den ertragsmaximalen Arbeitseinsatz hinaus, weitere Arbeitseinheiten ein ($g < g_u$), nimmt der Arbeitsertrag ab, so daß die Grenzproduktivität der Arbeit für $g < g_u$ negativ ist. Da zumindest dasselbe Ertragsniveau bei vorgegebenem „firm-augmenting public input“ mit einem geringeren Arbeitseinsatz, also für $g \geq g_u$, erzielt werden kann, sind die Produktionsprozesse für $g < g_u$ technisch ineffizient.

⁹ Zur Definition der technischen Effizienz vgl. Abschnitt E.I.

¹⁰ Da die unterstellte Durchschnittskostenkurve eine U-Form aufweist (vgl. Abschnitt D.II.2.b)aa), Abbildung 2) und eine linearhomogene Produktionsfunktion unterstellt ist, verläuft die Ertragskurve der Arbeit in Form eines S.

Folglich ist die Produktionsfunktion (D.21) bzw. (IV.1) für das Intervall $[g_u, g^*]$ definiert. Ökonomisch relevant ist die Produktionsfunktion allerdings nur im Intervall $]g_u, g^*]$. Darum bezieht sich die ökonomische Analyse der Eigenschaften der Produktionsfunktion auf das Intervall $]g_u, g^*]$.

Die Produktionsfunktion (D.21) bzw. (IV.1) sowie die ersten und zweiten Ableitungen der Produktionsfunktion sind stetig. Die ersten und zweiten partiellen Ableitungen haben im Intervall $]g_u, g^*]$ folgende Vorzeichen:

$$(IV.4) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial A_i} = \frac{\partial f}{\partial A_i}(g) = z(g) - gz'(g) > 0,$$

$$(IV.5) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial G} = \frac{\partial f}{\partial G} = z'(g) \geq 0,$$

$$(IV.6) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial^2 A_i} = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} = \frac{g^2}{A_i} z''(g) < 0,$$

$$(IV.7) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial^2 G} = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 G} = \frac{z''(g)}{A_i} > 0,$$

$$(IV.8) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial A_i \partial G} = \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} = -\frac{g}{A_i} z''(g) > 0.$$

Da die ersten partiellen Ableitungen in Abhängigkeit des Faktoreinsatzverhältnisses g ihre Vorzeichen wechseln können (vgl. (IV.2)–(IV.5)), und diese sowie die Durchschnittserträge $\frac{Y_i}{A_i}$ und $\frac{Y_i}{G}$ in g stetig sind, müssen die Produktionselastizitäten von Arbeit (A_i) und dem „firm-augmenting public input“ (G) variabel sein. Die Produktionselastizitäten sind aufgrund der linearen Homogenität der Produktionsfunktion (IV.1) allein vom Faktoreinsatzverhältnis g abhängig. Die Produktionselastizität des „firm-augmenting public input“ kann unter Berücksichtigung von (IV.1) und (IV.5) geschrieben werden als:¹¹

$$(IV.9) \quad \beta(g) = \frac{\frac{\partial f}{\partial G}(g)}{\frac{Y_i}{G}} = \frac{gz'(g)}{z(g)} \quad \text{mit: } \beta(g) = \begin{cases}]0, 1[& \text{für }]g_u, g^*[, \\ 0 & \text{für } g = g^*, \\ 1 & \text{für } g = g_u, \\]0, -\infty[& \text{für } g > g^*. \end{cases}$$

Damit ist die Produktionselastizität der Arbeit (α) ebenfalls von g abhängig:

¹¹ Da die Produktionsfunktion allein für das Intervall $[g_u, g^*]$ definiert ist, gilt die Bezeichnung „Produktionselastizität“ für die Variablen α und β nur für diesen Bereich. Die Angaben für $g > g^*$ sind in der weiteren mathematische Analyse notwendig (vgl. Fn. 17).

$$(IV.10) \quad \alpha = 1 - \beta(g) \Rightarrow \alpha = \alpha(g) \text{ mit: } \alpha(g) = \begin{cases}]0, 1[& \text{für }]g_u, g^*[, \\ 1 & \text{für } g = g^*, \\ 0 & \text{für } g = g_u, \\]1, \infty[& \text{für } g > g^*. \end{cases}$$

Ein Beispiel für eine Produktionsfunktion mit den beschriebenen Eigenschaften ist:

$$Y_i = \begin{cases} \frac{b_1 A_i^2 G^2}{b_2 A_i^3 + b_3 G^3} = A_i \frac{b_1 g^2}{b_2 + b_3 g^3} & \text{für } A_i, G > 0 \wedge [g_u, g^*] \text{ mit } b_{j=1, \dots, 3} > 0, \\ 0 & \text{für } A_i, G = 0. \end{cases}$$

Für $b_1 = b_3 = 1$ und $b_2 = 2$ gilt z.B. $g_u = 1$ und $g^* = 1,587$.

Ad (D.23)

Die unter (D.23) angegebenen Funktionen der Arbeitsnachfrage ($\hat{A}_i(\cdot)$) und des Güterangebots ($Y_i^s(\cdot)$) ergeben sich aus dem Gewinnmaximierungsproblem eines Unternehmens. Der Gewinn eines Unternehmens i ist:

$$(IV.11) \quad \pi_i = pf(A_i, G) - wA_i.$$

Die notwendige Bedingung lautet:

$$(IV.12) \quad \underbrace{p \frac{\partial f}{\partial A_i}(A_i, G) - w}_{= F^\pi(A_i, G, p, w)} = 0.$$

Die partiellen Ableitungen von F^π nach A_i , G , p und w sind:

$$(IV.13) \quad \frac{\partial F^\pi}{\partial A_i} = p \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} < 0,$$

$$(IV.14) \quad \frac{\partial F^\pi}{\partial G} = p \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} > 0,$$

$$(IV.15) \quad \frac{\partial F^\pi}{\partial p} = \frac{\partial f}{\partial A_i} > 0,$$

$$(IV.16) \quad \frac{\partial F^\pi}{\partial w} = -1 < 0.$$

Aus der Stetigkeit der Ableitungen (IV.4)–(IV.8) folgt, daß die ersten partiellen Ableitungen von F^π (IV.13)–(IV.15) stetig sind. Dies gilt ebenfalls für (IV.16). Da zudem eine Stelle (A_{i0}, G_0, p_0, w_0) existiert, bei dem die partielle Ableitung von F^π

nach A_i ungleich Null ist und $F^\pi = 0$ gilt, sowie für $F^\pi \neq 0$ die Variablen A_i, G, p und w unabhängig voneinander sind, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen (vgl. Courant, 1972, 104 f.) um die Stelle (G_0, p_0, w_0) ein Bereich abgegrenzt werden, in dem durch die Gleichung (IV.12) die Variable A_i eindeutig als Funktion von p, w und G bestimmt ist:

$$(IV.17) \quad \hat{A}_i = \hat{A}_i(p, w, G).$$

Die Funktion (IV.17) ist die Arbeitsnachfragefunktion eines Unternehmens i . Das Symbol „ \hat{A}_i “ wird gewählt, um anzuzeigen, daß die Arbeitsnachfragefunktion lediglich gewinnmaximale Arbeitseinsatzmengen angibt. Mit Hilfe des Satzes über implizite Funktionen lassen sich auch die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der Arbeitsnachfragefunktion (IV.17) ermitteln (vgl. Courant, 1972, 104):

$$(IV.18) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p} = - \frac{\frac{\partial F^\pi}{\partial p}}{\frac{\partial F^\pi}{\partial A_i}} = - \frac{\frac{\partial f}{\partial A_i}}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} p} > 0,$$

$$(IV.19) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial w} = - \frac{\frac{\partial F^\pi}{\partial w}}{\frac{\partial F^\pi}{\partial A_i}} = \frac{1}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} p} < 0,$$

$$(IV.20) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} = - \frac{\frac{\partial F^\pi}{\partial G}}{\frac{\partial F^\pi}{\partial A_i}} = - \frac{\frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G}}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}} = - \frac{\frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G}}{\left(-\frac{G}{\hat{A}_i}\right) \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G}} = \frac{\hat{A}_i}{G} > 0.^{12}$$

Die Arbeitsnachfragefunktion bestimmt die gewinnmaximale Arbeitseinsatzmenge (\hat{A}_i), so daß sich durch Einsatz von (IV.17) in die Produktionsfunktion eines Unternehmens (vgl. (IV.1) bzw. (D.21)) die Angebotsfunktion eines Unternehmens ergibt:

$$(IV.21) \quad Y_i^s = Y_i^s(\hat{A}_i(G, p, w), G).$$

Wenn der „firm-augmenting public input“ (G) um eine marginale Einheit erhöht wird, folgt unter Berücksichtigung von (IV.20):

$$(IV.22) \quad \frac{\partial Y_i^s}{\partial G} = \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} \frac{\hat{A}_i}{G} + \frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) > 0$$

$$\text{mit: } \frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) = \frac{\partial f}{\partial G} \quad \text{und} \quad \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} = \frac{\partial f}{\partial A_i} \quad \text{für } A_i = \hat{A}_i.$$

¹² Im Fall linearhomogener Funktionen gilt: $\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} = \left(-\frac{G}{A_i}\right) \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G}$ (vgl. z.B. Ferguson, 1969, 94).

Die Gleichung (IV.22) gibt an, in welchem Ausmaß der Unternehmensoutput bei einer marginalen Erhöhung von G steigen muß, um ein neues Gewinnmaximum zu erreichen. Damit bei konstantem Marktpreis (p) und Lohnsatz (w) die Unternehmen weiterhin gewinnmaximal produzieren können, passen sie die Arbeitseinsatzmenge entsprechend an, was der linke Summand von (IV.22) zeigt. Dies ist der indirekte Effekt auf das Angebot eines Unternehmens, den die Veränderung von G hervorruft. Da G ein Argument der Produktionsfunktion ist (vgl. (D.21)), wirkt eine Variation von G auch direkt auf die Angebotsmenge, was der rechte Summand von (IV.22) ausdrückt. Dieser entspricht der Grenzproduktivität von G , weil es sich um einen produktionstheoretischen Effekt handelt. Somit ist die Ableitung der Angebotsfunktion eines Unternehmens nach G (vgl. (IV.22)) nicht identisch zur Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“. Aufgrund der Verwendung desselben Symbols für das Funktionszeichen der Angebotsfunktion und der Angebotsmenge „ Y_i^s “ werden die partielle Ableitung der Angebotsfunktion (vgl. linke Seite von (IV.22)) und die partielle Ableitung, die den direkten Effekt von G auf Y_i^s angibt (vgl. rechte Seite, rechter Summand von (IV.22)), durch dasselbe Symbol $\frac{\partial Y_i^s}{\partial G}$ dargestellt.

Daher wird im Abschnitt D.II und im Anhang IV der rechte Summand von (IV.22), welcher der Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ entspricht, durch das Symbol $\frac{\partial f}{\partial G}$ angegeben. Zudem gilt für gewinnmaximale Arbeitseinsatzmenge $\frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} = \frac{\partial f}{\partial A_i}$, weil eine Variation von \hat{A}_i nur den Unternehmensoutput (Y_i) verändert.

Ad (D.26)

Die Marktnachfragefunktion $Y^d(p, w)$ ist streng monoton fallend und stetig differenzierbar in p . Zudem ist Y ein normales Gut und jeder Konsument von Y bietet unabhängig vom Lohnsatz genau eine Einheit Arbeit an, so daß der Lohnsatz zugleich das Einkommen jedes Konsumenten darstellt. Damit gilt: $\frac{\partial Y^d}{\partial w} > 0$.

Die Marktgleichgewichtsbedingung (D.25) läßt sich wie folgt formulieren:

$$(IV.23) \quad \underbrace{-Y^d(p, w) + nY_i^s(\hat{A}_i(p, w, G), G)}_{= F(p, n, G, w)} = 0.$$

Die ersten partiellen Ableitung von F sind aufgrund der Stetigkeit von $Y^d(p, w)$ und der Ableitungen (IV.4)–(IV.8) ebenfalls stetig.

$$(IV.24) \quad \frac{\partial F}{\partial p} = -\frac{\partial Y^d}{\partial p} + n \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p} = -\frac{\partial Y^d}{\partial p} - \frac{n}{p} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}} > 0,$$

$$(IV.25) \quad \frac{\partial F}{\partial G} = n \left(\frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} + \frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) \right) = n \left(\frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{\hat{A}_i}{G} + \frac{\partial f}{\partial G} \right) > 0,$$

$$(IV.26) \quad \frac{\partial F}{\partial n} = Y_i^s > 0,$$

$$(IV.27) \quad \frac{\partial F}{\partial w} = -\frac{\partial Y^d}{\partial w} + n \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial w} = -\frac{\partial Y^d}{\partial w} + \frac{n}{p} \frac{\frac{\partial f}{\partial A_i}}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}} < 0.$$

Die Ableitungen (IV.24), (IV.25) und (IV.27) ergeben sich unter Berücksichtigung von (IV.18)–(IV.20) und (IV.22). Da eine Stelle (p_0, G_0, n_0, w_0) existiert, für die (IV.24) ungleich null ist und an der $F = 0$ gilt, zudem die partiellen Ableitungen (IV.24)–(IV.27) von F stetig sind, sowie für $F \neq 0$ p, n, G und w unabhängig voneinander sind, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen (vgl. Courant, 1972, 104 f.) ein Bereich um die Stelle (G_0, n_0, w_0) abgegrenzt werden, so daß in ihm durch die Gleichung (IV.23) die Variable p eindeutig als Funktion von n, G und w bestimmt ist (vgl. (D.26)):

$$(IV.28) \quad p = p(n, G, w).$$

Die Funktion (IV.28) bestimmt nur Gleichgewichtspreise, weil (IV.23) die Gleichgewichtsbedingung für den Gütermarkt darstellt. Um die durch (IV.28) determinierten Preise als Gleichgewichtspreise zu identifizieren, soll $p = p^e$ geschrieben werden.

Mit Hilfe der partiellen Ableitungen (IV.24)–(IV.27) lassen sich die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der Funktion (IV.28) gemäß des Satzes über implizite Funktionen ermitteln (vgl. Courant, 1972, 104 f.):

$$(IV.29) \quad \frac{\partial p^e}{\partial n} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial n}}{\frac{\partial F}{\partial p^e}} = -\frac{Y_i^s}{\frac{\partial Y^d}{\partial p^e} + \frac{n}{p^e} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}}} < 0,$$

$$(IV.30) \quad \frac{\partial p^e}{\partial G} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial G}}{\frac{\partial F}{\partial p^e}} = -\frac{n \left(\frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{\hat{A}_i}{G} + \frac{\partial f}{\partial G} \right)}{\frac{\partial Y^d}{\partial p^e} + \frac{n}{p^e} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}}} < 0,$$

$$(IV.31) \quad \frac{\partial p^e}{\partial w} = - \frac{\frac{\partial F}{\partial w}}{\frac{\partial F}{\partial p^e}} = \frac{-\frac{\partial Y^d}{\partial w} + \frac{n}{p^e} \frac{\frac{\partial f}{\partial A_i}}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}}}{\frac{\partial Y^d}{\partial p^e} + \frac{n}{p^e} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}}} > 0.$$

Ad (D.28)

Die Maximierung des sozialen Überschusses (D.27) nach n ergibt folgende Bedingung 1. Ordnung:

$$(IV.32) \quad \frac{dS}{dn} = p^e Y_i^s - w \hat{A}_i + \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{(-Y^d + n Y_i^s)}_{=0} + n \frac{\partial p^e}{\partial n} \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \underbrace{\left(p^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} - w\right)}_{=0} = 0.$$

Da ein Marktgleichgewicht Voraussetzung für die Bildung des sozialen Überschusses ist, muß der Term in der Klammer des zweiten Summanden von (IV.32) für *beliebige* n den Wert Null annehmen. Zudem produzieren rationale Unternehmen gewinnmaximal, so daß die notwendige Bedingung für ein Gewinnmaximum (vgl. (IV.12)) erfüllt sein muß. Folglich muß ebenfalls der Ausdruck in der Klammer des dritten Summanden von (IV.32) für *beliebige* Werte von n verschwinden. Daraus folgt Bedingung (D.28). Darüber hinaus besitzt S für eine effiziente Unternehmensanzahl (n^*) ein eindeutiges Maximum:

$$(IV.33) \quad \frac{d^2 S}{dn^2} = \frac{\partial p^e}{\partial n} Y_i^s < 0.$$

Ad (D.30)

Die Kostenfunktion eines Unternehmens i (vgl. (D.30)) ist Ergebnis des folgenden Minimierungsproblems:

$$(IV.34) \quad \begin{aligned} C &= w A_i \rightarrow \min_{A_i} \\ \text{Neb.: } Y_i &= f(A_i, G). \end{aligned}$$

Da Y_i und G vorgegeben sind, wird die kostenminimale Arbeitsmenge *allein durch die Nebenbedingung bestimmt*. Daher ist die bedingte Arbeitsnachfragefunktion eines Unternehmens die Inverse der Produktionsfunktion eines Unternehmens:

$$(IV.35) \quad A_i = A_i(Y_i, G),$$

so daß eine Veränderung des Lohnsatzes keinen Einfluß auf die bedingte Arbeitsnachfrage hat. Dies wird durch die Herleitung der Kostenfunktion eines Unternehmens i deutlich.

Die Kostenfunktion kann über die notwendigen Bedingungen des Kostenminimierungsproblems (IV.34) mit Hilfe des Satzes über implizite Funktionen hergeleitet werden. Durch den Lagrangeansatz:

$$(IV.36) \quad L = wA_i + \nu(Y_i - f(A_i, G)) \quad \text{mit: } \nu := \text{Lagrangemultiplikator,}$$

können die notwendigen Bedingungen von (IV.34) ermittelt werden:

$$(IV.37) \quad \underbrace{w - \nu \frac{\partial f}{\partial A_i}}_{= F^c(A_i, \nu, w, G, Y_i)} = 0,$$

$$(IV.38) \quad \underbrace{Y_i - f(A_i, G)}_{= F^{c1}(A_i, \nu, w, G, Y_i)} = 0.$$

Da die Unternehmen die Kosten für einen vorgegebenen Output (Y_i) minimieren, der „firm-augmenting public input“ (G) und der Lohnsatz (w) aus Sicht eines Unternehmens exogen sind, bestimmen Y_i , G und w die Werte von A_i und ν :

$$(IV.39) \quad A_i = A_i(w, G, Y_i),$$

$$(IV.40) \quad \nu = \nu(w, G, Y_i).$$

Darüber hinaus sind die ersten partiellen Ableitungen von F^c und F^{c1} stetig, weil (IV.4)–(IV.8) ebenfalls stetig sind:

$$(IV.41) \quad \frac{\partial F^c}{\partial A_i} = -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} > 0,$$

$$(IV.42) \quad \frac{\partial F^c}{\partial \nu} = -\frac{\partial f}{\partial A_i} < 0,$$

$$(IV.43) \quad \frac{\partial F^c}{\partial w} = 1,$$

$$(IV.44) \quad \frac{\partial F^c}{\partial G} = -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} < 0,$$

$$(IV.45) \quad \frac{\partial F^c}{\partial Y_i} = 0,$$

$$(IV.46) \quad \frac{\partial F^{c1}}{\partial A_i} = -\frac{\partial f}{\partial A_i} < 0,$$

$$(IV.47) \quad \frac{\partial F^{c1}}{\partial \nu} = 0,$$

$$(IV.48) \quad \frac{\partial F^{c1}}{\partial w} = 0,$$

$$(IV.49) \quad \frac{\partial F^{c1}}{\partial G} = -\frac{\partial f}{\partial G} \leq 0,$$

$$(IV.50) \quad \frac{\partial F^{c1}}{\partial Y_i} = 1.$$

Mit Hilfe der partiellen Ableitungen (IV.41)–(IV.50) kann der Wert der Jakobi-Determinante ermittelt werden:

$$(IV.51) \quad |J| = \begin{vmatrix} -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial f}{\partial A_i} & 0 \end{vmatrix} = -\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2 < 0.^{13}$$

Da neben der Stetigkeit der ersten partiellen Ableitungen von F^c und F^{c1} an der Stelle $(A_{i0}, \nu_0, w_0, G_0, Y_{i0})$, $|J| \neq 0$ und $F^c = F^{c1} = 0$ gelten, sowie für $F^c \neq 0$ und $F^{c1} \neq 0$ A_i, ν, w, G und Y_i unabhängig voneinander sind, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen ein Bereich um die Stelle (w_0, G_0, Y_{i0}) abgegrenzt werden, in dem durch die Gleichungen (IV.37) und (IV.38) die Variablen A_i und ν eindeutig als Funktionen von w, G und Y_i bestimmt werden können (vgl. Chiang, 1984, 210 f.), so daß die Gleichungen (IV.39) und (IV.40) Funktionen darstellen. Die Funktion (IV.39) gibt die bedingte Arbeitsnachfrage wider.

Die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der bedingten Arbeitsnachfragefunktion können mit Hilfe des impliziten Funktionentheorems bestimmt werden

¹³ Damit ist zugleich die hinreichende Bedingung für ein Kostenminimum erfüllt (vgl. Chiang, 1984, 383 ff.).

(vgl. Chiang, 1984, 211 f.). Dazu werden die impliziten Funktionen (IV.37) und (IV.38) zunächst total differenziert:

$$(IV.52) \quad -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} dA_i - \frac{\partial f}{\partial A_i} d\nu = -dw + \nu \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} dG,$$

$$(IV.53) \quad -\frac{\partial f}{\partial A_i} dA_i = -dY_i + \frac{\partial f}{\partial G} dG.$$

Die partielle Ableitung von A_i nach G lässt sich ermitteln, indem $dw = dY_i = 0$ gesetzt werden und (IV.52) sowie (IV.53) durch dG dividiert werden, woraus folgendes Gleichungssystem resultiert:

$$(IV.54) \quad \begin{pmatrix} -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial f}{\partial A_i} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial G} \\ \frac{\partial \nu}{\partial G} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \nu \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} \\ \frac{\partial f}{\partial G} \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel folgt:

$$(IV.55) \quad \frac{\partial A_i}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} \nu \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G} & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ \frac{\partial f}{\partial G} & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = -\frac{\frac{\partial f}{\partial G}(A_i, G)}{\frac{\partial f}{\partial A_i}(A_i, G)} \leq 0.$$

In derselben Weise können die partiellen Ableitungen von $A_i(w, G, Y_i)$ nach Y_i und w ermittelt werden. Das Gleichungssystem lautet bei Annahme $dG = dw = 0$:

$$(IV.56) \quad \begin{pmatrix} -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial f}{\partial A_i} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial Y_i} \\ \frac{\partial \nu}{\partial Y_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Durch Anwendung der Cramer-Regel folgt:

$$(IV.57) \quad \frac{\partial A_i}{\partial Y_i} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ -1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{1}{\frac{\partial f}{\partial A_i}(A_i, G)} > 0.$$

Bei Annahme $dG = dY_i = 0$ ergibt sich folgendes Gleichungssystem:

$$(IV.58) \quad \begin{pmatrix} -\nu \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial f}{\partial A_i} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial w} \\ \frac{\partial \nu}{\partial w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel führt zu:

$$(IV.59) \quad \frac{\partial A_i}{\partial w} = \frac{\begin{vmatrix} -1 & -\frac{\partial f}{\partial A_i} \\ 0 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = 0.$$

Die Ableitungen (IV.55), (IV.57) und (IV.59) zeigen, daß die Gleichung (IV.35) die bedingte Arbeitsnachfragefunktion eines Unternehmens darstellt. Unter Berücksichtigung von (IV.35), (IV.55) und (IV.57) können die zweiten partiellen Ableitungen der bedingten Arbeitsnachfragefunktion ermittelt werden. Durch Einbezug von (IV.4)–(IV.10) lassen sich diese Ableitungen in Abhängigkeit von g darstellen. Der Term hinter dem letzten Gleichheitszeichen der folgenden Gleichungen gibt die von g abhängigen Funktionen an:

$$(IV.60) \quad \frac{\partial^2 A_i}{\partial^2 G} = \frac{\frac{\partial f}{\partial G} \left(2 \frac{\partial^2 f}{\partial G \partial A_i} - \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} \frac{\frac{\partial f}{\partial G}}{\frac{\partial f}{\partial A_i}} \right) - \frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{\partial^2 f}{\partial^2 G}}{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i} \right)^2} \\ = -\frac{z''(g)}{A_i z(g)^2 \alpha(g)^2} \left(z(g)(\beta(g) + 1) + \frac{gz'(g)}{\frac{1}{\beta(g)} - 1} \right) > 0,$$

$$(IV.61) \quad \frac{\partial^2 A_i}{\partial^2 Y_i} = -\frac{1}{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i} \right)^3} \frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} = -\frac{g^2 z''(g)}{A_i z(g)^3 \alpha(g)^3} > 0,$$

$$(IV.62) \quad \frac{\partial^2 A_i}{\partial Y_i \partial G} = \frac{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} \frac{\frac{\partial f}{\partial G}}{\frac{\partial f}{\partial A_i}} - \frac{\partial^2 f}{\partial G \partial A_i}}{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i} \right)^2} = \frac{gz''(g)}{A_i z(g)^2 \alpha(g)^2} \left(\frac{1}{\frac{1}{\beta(g)} - 1} + 1 \right) < 0,$$

mit: $z(g) - gz'(g) = z(g)(1 - \beta(g)) = z(g)\alpha(g)$ und:

$$z(g) - gz'(g) = gz'(g) \left(\frac{1}{\beta(g)} - 1 \right).$$

Durch Einsetzen von (IV.35) in die Zielfunktion des Kostenminimierungsproblems resultiert die Kostenfunktion eines Unternehmens:

$$(IV.63) \quad C = wA_i(Y_i, G).$$

Unter Berücksichtigung von (IV.55), (IV.57) und (IV.60)–(IV.62) ergeben sich die Vorzeichen der ersten und zweiten partiellen Ableitungen der Kostenfunktion nach Y_i bzw. G :

$$(IV.64) \quad \frac{\partial C}{\partial Y_i} = w \frac{\partial A_i}{\partial Y_i} = \frac{w}{\frac{\partial f}{\partial A_i}} > 0,$$

$$(IV.65) \quad \frac{\partial C}{\partial G} = w \frac{\partial A_i}{\partial G} = -w \frac{\frac{\partial f}{\partial G}}{\frac{\partial f}{\partial A_i}} \leq 0,$$

$$(IV.66) \quad \frac{\partial^2 C}{\partial^2 Y_i} = w \frac{\partial^2 A_i}{\partial^2 Y_i} > 0,$$

$$(IV.67) \quad \frac{\partial^2 C}{\partial^2 G} = w \frac{\partial^2 A_i}{\partial^2 G} > 0,$$

$$(IV.68) \quad \frac{\partial^2 C}{\partial Y_i \partial G} = w \frac{\partial^2 A_i}{\partial Y_i \partial G} < 0.$$

Ad (D.39)

a) Die zweite Ableitung der Durchschnittskostenfunktion (D.39) ist positiv:

$$(IV.69) \quad \frac{d^2 \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{d^2 g} = \frac{\bar{w}(2z'(g)^2 - z''(g)z(g))}{z(g)^3} > 0,$$

weil aufgrund der Annahme abnehmender Grenzertragszuwächse $z''(g) < 0$ gilt (vgl. (IV.6) u. (IV.7)).

b) Die Elastizität der Durchschnittskosten entspricht der Summe der partiellen Durchschnittskostenelastizitäten nach Y_i und G . Mit Hilfe von (IV.55) und (IV.57) können die partiellen Elastizitäten hergeleitet werden:

$$(IV.70) \quad \frac{\partial \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{\partial Y_i} \frac{Y_i}{\left(\frac{C}{Y_i} \right)} = \frac{w \frac{\partial A_i}{\partial Y_i} Y_i - w A_i}{Y_i^2} \frac{Y_i^2}{w A_i} = \frac{1}{\frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{A_i}{Y_i}} - 1 = \frac{1}{\alpha(g)} - 1,$$

$$(IV.71) \quad \frac{\partial \left(\frac{C}{Y_i} \right)}{\partial G} \frac{G}{\left(\frac{C}{Y_i} \right)} = \frac{w \frac{\partial A_i}{\partial G} \frac{Y_i G}{w A_i}}{\frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{A_i}{Y_i}} = - \frac{\frac{\partial f}{\partial G} \frac{G}{Y_i}}{\frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{A_i}{Y_i}} = - \frac{\beta}{\alpha}(g).$$

c) Es wird gezeigt, daß die Durchschnittskosten genau dann minimal sind (vgl. (D.39)), wenn die Durchschnittsproduktivität der Arbeit maximal ist. Wird (IV.1) durch A_i dividiert, ergibt sich die Durchschnittsproduktivität der Arbeit:

$$(IV.72) \quad \frac{Y_i}{A_i} = z(g).$$

Die notwendige Bedingung für die maximale Durchschnittsproduktivität ist:

$$(IV.73) \quad \frac{\partial \left(\frac{Y_i}{A_i} \right)}{\partial A_i} = - \frac{g}{A_i} z'(g) = 0.$$

Da $G > 0$ und $A_i > 0$ sind, folgt:

$$(IV.74) \quad z'(g) = \frac{\partial Y_i}{\partial G} = 0.$$

Gemäß (IV.74) ist die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ bei maximaler Durchschnittsproduktivität der Arbeit gleich Null, was ebenfalls für das Minimum der Durchschnittskosten zutrifft (vgl. (D.39)). Im Zusammenhang mit Gleichung (IV.2) verdeutlicht Gleichung (IV.74), daß die Durchschnittsproduktivität der Arbeit und die Durchschnittskosten eines Unternehmens an der Stelle $g = g^*$ optimal sind.

Ad (D.45)

Das Einsetzen der Funktion des sozialen Überschusses (D.27) in die Gleichung des Nettoüberschusses (D.43) führt zu:

$$\begin{aligned}
 (IV.75) \quad N &= \int_{p^e(n, G, w)}^{p^0} Y^d(\psi, w) d\psi \\
 &+ n[p^e(n, G, w)Y_i^s(\hat{A}_i(p^e(n, G, w), G, w), G) \\
 &- w\hat{A}_i(p^e(n, G, w), G, w)] + C_G(G) \\
 &\rightarrow \max_{n, G}.
 \end{aligned}$$

Durch partielle Differenzierung von N nach n und G ergeben sich die notwendigen Bedingungen für eine Maximierung des Nettoüberschusses (IV.75):¹⁴

$$(IV.76) \quad \frac{\partial N}{\partial n} = \frac{\partial S}{\partial n} = p^e Y_i^s - w\hat{A}_i = 0,$$

$$(IV.77) \quad \frac{\partial N}{\partial G} =$$

$$\begin{aligned}
 &\frac{\partial S}{\partial G} = \\
 &\overbrace{\frac{\partial p^e}{\partial G} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} + n \left(\frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial G} + \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \right) \underbrace{\left(p^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} - w \right)}_{=0} + np^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial G} (\cdot) - \frac{dC_G}{dG}}_{=0} = 0.
 \end{aligned}$$

Da ein Marktgleichgewicht für das Konzept des sozialen Überschusses vorausgesetzt wird und die Unternehmen gewinnmaximal produzieren (vgl. (IV.12)), müssen die Terme in den gekennzeichneten Klammern für beliebige Werte von n und G den Wert Null annehmen. Daraus folgt unter Berücksichtigung von $\frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) = \frac{\partial f}{\partial G}$ (vgl. (IV.22)) die Bedingung (D.45).

Ad (D.47)

a) Die Gleichung (D.46) läßt sich wie folgt darstellen:

$$\begin{aligned}
 (IV.78) \quad &\underbrace{p^* - p^e(n, G, w)}_{= F^*(n, G, w)} = 0.
 \end{aligned}$$

¹⁴ Die Bedingung (IV.76) entspricht der Bedingung (IV.32).

Die partiellen Ableitungen von F^* nach n und G sind:

$$(IV.79) \quad \frac{\partial F^*}{\partial n} = -\frac{\partial p^e}{\partial n} > 0,$$

$$(IV.80) \quad \frac{\partial F^*}{\partial G} = -\frac{\partial p^e}{\partial G} > 0.$$

Aus der Stetigkeit von (IV.29) und (IV.30) folgt, daß die partiellen Ableitungen (IV.79) und (IV.80) ebenfalls stetig sind. Da zudem eine Stelle (n_0, G_0) existiert, für die $\frac{\partial F^*}{\partial n} \neq 0$ und $F^* = 0$ gelten, sowie für $F^* \neq 0$ die Variablen n und G unabhängig voneinander sind, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen (vgl. Courant, 1972, 104 f.) um die Stelle G_0 ein Bereich abgegrenzt werden kann, in dem durch die Gleichung (IV.78) die Variable n eindeutig als Funktion von G bestimmt ist:

$$(IV.81) \quad n = n(G).$$

Damit entspricht (IV.81) der Gleichung (D.47). Da die Gleichung (D.47) nur für langfristige Marktgleichgewichte gültig und somit die Unternehmensanzahl effizient ist, wird $n = n^*$ geschrieben.

b) Aufgrund des impliziten Funktionentheorems lautet die Ableitung von (IV.81) unter Berücksichtigung von (IV.29) und (IV.30):

$$(IV.82) \quad \frac{dn}{dG} = -\frac{\frac{\partial F^*}{\partial G}}{\frac{\partial F^*}{\partial n}} = -\frac{\frac{\partial p^e}{\partial G}}{\frac{\partial p^e}{\partial n}} = -\frac{n}{G} < 0,$$

woraus der in der Gleichung (D.41) dargestellte „trade off“ zwischen G und n folgt.

Ad (D.50)

Durch Einsetzen der Funktion des sozialen Überschusses (D.27) in die Gleichung (D.48) des Nettoüberschusses ergibt sich:

$$(IV.83) \quad \begin{aligned} N &= \int_{p^*}^{p^0} Y^d(\psi, w) d\psi \\ &+ n^*(G)[p^* Y_i^s(\hat{A}_i(p^*, G, w), G) - w \hat{A}_i(p^*, G, w)] \\ &- C_G(G) \\ &\rightarrow \max_G. \end{aligned}$$

Die notwendige Bedingung für ein Maximum des Nettoüberschusses (IV.83) ist:

$$(IV.84) \quad \frac{dN}{dG} = (p^* Y_i^s - w \hat{A}_i) \frac{dn^*}{dG} + p^* n^*(G) \frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) + n^*(G) \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \underbrace{\left(p^* \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} - w \right)}_{=0} - \frac{dC_G}{dG} = 0.$$

Da die Unternehmen gewinnmaximal produzieren, muß der Term in der Klammer des letzten Summanden von (IV.84) für beliebige G null sein (vgl. (IV.12)). Daraus folgt unter Berücksichtigung von $\frac{\partial Y_i^s}{\partial G}(\cdot) = \frac{\partial f}{\partial G}$ (vgl. (IV.22)) die Bedingung (D.50).

Positive Grenzkosten eines „firm-augmenting public input“

Im folgenden wird gezeigt, daß die Grenzkosten von G im Falle eines positiven Lohnsatzes (w) nicht den Wert Null annehmen können.

Dazu sei angenommen, daß die staatliche Institution den „firm-augmenting public input“ mit Hilfe von Arbeit (A_G) produziert, Mengenanpasser auf dem Arbeitsmarkt ist und die Produktionskosten (C_G) des „firm-augmenting public input“ über A_G minimiert:

$$(IV.85) \quad C_G = w A_G \rightarrow \min_{A_G} \\ \text{Neb.: } G = G(A_G).$$

Die Produktionsfunktion des „firm-augmenting public input“ $G(A_G)$ sei stetig und es gilt: $\frac{dG}{dA_G} > 0$. Die Lagrangefunktion lautet:

$$(IV.86) \quad L = w A_G + \delta (G - G(A_G)) \quad \text{mit: } \delta := \text{Lagrangemultiplikator.}$$

Durch partielle Differenzierung von (IV.86) nach A_G und δ ergeben sich die Bedingungen 1. Ordnung:

$$(IV.87) \quad \underbrace{w - \delta \frac{dG}{dA_G}}_{= F^G(A_G, G, w, \delta)} = 0,$$

$$(IV.88) \quad \underbrace{G - G(A_G)}_{= F^{G1}(A_G, G, w, \delta)} = 0.$$

Da die hinreichende Bedingung erfüllt ist:

$$(IV.89) \quad \begin{vmatrix} 0 & -\frac{dG}{dA_G} \\ -\frac{dG}{dA_G} & -\delta \frac{d^2 G}{d^2 A_G} \end{vmatrix} = -\left(\frac{dG}{dA_G}\right)^2 < 0,$$

existiert an einer Stelle $(A_{G0}, G_0, w_0, \delta_0)$ ein eindeutiges Kostenminimum, wenn die Bedingungen (IV.87) und (IV.88) gelten. Da zudem die ersten partiellen Ableitungen von F^G und F^{G1} nach A_G, δ, G , und w stetige Funktionen sind,¹⁵ und die genannten Variablen unabhängig voneinander sind, wenn die notwendigen Bedingungen 1. Ordnung nicht erfüllt sind, werden gemäß des impliziten Funktionentheorems die endogenen Variablen A_G und δ durch die Gleichungen (IV.87) und (IV.88) im Bereich um die Stelle (G_0, w_0) eindeutig als Funktionen der exogenen Variablen w und G des Optimierungsproblems (IV.85) bestimmt (vgl. Chiang, 1984, 210 f. u. 376). Daraus folgt die bedingte Arbeitsnachfrage der staatlichen Institution:

$$(IV.90) \quad A_G = A_G(w, G).$$

Die partiellen Ableitungen der bedingten Arbeitsnachfragefunktion können mit Hilfe des impliziten Funktionentheorems ermittelt werden (vgl. Chiang, 1984, 211 f.). Dazu sind zunächst die notwendigen Bedingungen (IV.87) und (IV.88) total zu differenzieren:

$$(IV.91) \quad -\frac{dG}{dA_G} d\delta - \delta \frac{d^2 G}{d^2 A_G} dA_G = -dw,$$

$$(IV.92) \quad -\frac{dG}{dA_G} dA_G = -dG.$$

Die partielle Ableitung der bedingten Arbeitsnachfragefunktion nach G ergibt sich durch Division von (IV.91) und (IV.92) durch dG unter der Annahme $dw = 0$, woraus zunächst folgendes Gleichungssystem resultiert:

$$(IV.93) \quad \begin{pmatrix} -\frac{dG}{dA_G} & -\delta \frac{d^2 G}{d^2 A_G} \\ 0 & -\frac{dG}{dA_G} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial \delta}{\partial G} \\ \frac{\partial A_G}{\partial G} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel führt zu:¹⁶

¹⁵ Es wird angenommen, daß neben $G(A_G)$ ebenfalls die erste und zweite Ableitung von $G(A_G)$ stetig sind.

¹⁶ Die Jakobi Determinante $|J|$ entspricht der Determinante der geränderten Hesse-Matrix (IV.89) (vgl. Chiang, 1984, 382 f.).

$$(IV.94) \quad \frac{\partial A_G}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} -\frac{dG}{dA_G} & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{1}{\frac{dG}{dA_G}} > 0.$$

In entsprechender Weise kann die partielle Ableitung der bedingten Arbeitsnachfragefunktion $A_G(G, w)$ nach w berechnet werden. Unter der Annahme $dG = 0$ resultiert dann folgendes Gleichungssystem:

$$(IV.95) \quad \begin{pmatrix} -\frac{dG}{dA_G} & -\delta \frac{d^2 G}{d^2 A_G} \\ 0 & -\frac{dG}{dA_G} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial \delta}{\partial w} \\ \frac{\partial A_G}{\partial w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel folgt:

$$(IV.96) \quad \frac{\partial A_G}{\partial w} = \frac{\begin{vmatrix} -\frac{dG}{dA_G} & -1 \\ 0 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = 0.$$

Damit ist die bedingte Arbeitsnachfragefunktion (IV.90) wie folgt zu präzisieren:

$$(IV.97) \quad A_G = A_G(G).$$

Wird (IV.97) in die Zielfunktion von (IV.85) eingesetzt, ergibt sich die Kostenfunktion für die Bereitstellung des „firm-augmenting public input“:

$$(IV.98) \quad C_G = w A_G(G).$$

Die partielle Ableitung der Kostenfunktion $C_G(G, w)$ nach G entspricht den Grenzkosten der Bereitstellung des „firm-augmenting public input“:

$$(IV.99) \quad \frac{dC_G}{dG} = \frac{w}{\frac{dG}{dA_G}} > 0.$$

Somit ist gezeigt, daß die Grenzkosten von G im Fall von $w > 0$ positiv sind.

Zur Steigung der kurzfristigen Marktangebotsfunktion – ad Abbildung 5

Im folgenden wird gezeigt, daß die Steigung der kurzfristigen Marktangebotsfunktion ($Y^s(\cdot) \equiv nY_i^s(\cdot)$) sowohl bei einer Steigerung von G als auch von n zunimmt.

Wird die kurzfristige Angebotsfunktion partiell nach p differenziert, ergibt sich unter Berücksichtigung von (IV.18) und (IV.21) für die Steigung der Marktangebotsfunktion:

$$(IV.100) \quad \frac{\partial Y^s}{\partial p} = -\frac{n}{p} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}} > 0 \quad \text{mit: } \frac{\partial f}{\partial A_i} = \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i}.$$

Aus der partiellen Differenzierung von (IV.100) nach G folgt:

$$(IV.101) \quad \frac{\partial^2 Y^s}{\partial p \partial G} = \frac{n}{p} \left(\frac{\frac{\partial^3 f}{\partial^2 A_i \partial G} \left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\left(\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}\right)^2} - \underbrace{\frac{2 \frac{\partial f}{\partial A_i} \frac{\partial^2 f}{\partial A_i \partial G}}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}}}_{< 0} \right).$$

Das Vorzeichen von (IV.101) kann durch das Vorzeichen von $\frac{\partial^3 f}{\partial^2 A_i \partial G}$ ermittelt werden. Die unterstellte Produktionsfunktion impliziert einen streng konkaven Verlauf des Grenzertrags von Arbeit im ökonomisch relevanten Bereich, so daß gilt:¹⁷

$$(IV.102) \quad \frac{\partial^3 f}{\partial^3 A_i} < 0.$$

Aufgrund der Annahme einer linearhomogenen Produktionsfunktion folgt daraus (vgl. Ferguson, 1969, 95, (5.2.3)):

$$(IV.103) \quad \frac{\partial^3 f}{\partial^2 A_i \partial G} = -\frac{1}{G} \left(\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i} + A_i \frac{\partial^3 f}{\partial^3 A_i} \right) > 0,$$

womit der erste Summand der rechten Seite von (IV.101) positiv oder gleich Null sein kann. Damit ist das Vorzeichen von (IV.101) positiv. Folglich nimmt die Steigung der Marktangebotsfunktion mit einer Erhöhung bzw. Reduzierung des „firm-augmenting public input“ zu bzw. ab.

Wird die Steigung der kurzfristigen Angebotsfunktion partiell nach n differenziert, resultiert:

¹⁷ Wenn $g > g^*$ gilt, wächst der Ertrag mit Zunahme des Arbeitseinsatzes überproportional ($\alpha > 1$, vgl. (IV.10)). Da im Intervall $[g_u, g^*]$ der Ertrag unterproportional wächst ($\alpha < 1$, vgl. (IV.10)), hat die Ertragskurve der Arbeit einen Wendepunkt und somit der Grenzertrag von Arbeit ein Maximum im Bereich $g > g^*$. Daher muß der Grenzertrag der Arbeit im ökonomisch relevanten Definitionsbereich der Produktionsfunktion $[g_u, g^*]$ streng konkav verlaufen.

$$(IV.104) \quad \frac{\partial^2 Y^s}{\partial p \partial n} = -\frac{1}{p} \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2}{\frac{\partial^2 f}{\partial^2 A_i}} > 0,$$

woraus folgt, daß z.B. bei einer Erhöhung der Unternehmensanzahl die Steigung von Y^s zunimmt.

V. Abschnitt D.II.4

Im Anhang V werden die im Abschnitt D.II.4 verwendeten Gleichungen, die sich nicht selbst erklären, hergeleitet.

Ad (D.63)

Aufgrund der Annahme linearer Homogenität der Produktionsfunktion (D.63) läßt sich die Produktionsfunktion in Abhängigkeit der Faktoreinsatzverhältnisse g und k ausdrücken:

$$(V.1) \quad Y_i = \tilde{f}(A_i, K_i, G) = A_i \tilde{z}(k, g) \quad \text{mit: } k = \frac{K_i}{A_i}; g = \frac{G}{A_i}.$$

Entsprechend der Produktionsfunktion (IV.1) werden variable Produktionselastizitäten in Arbeit, Kapital und dem „firm-augmenting public input“ unterstellt (vgl. ad (D.21)). Damit kann die maximale Durchschnittsproduktivität der Arbeit bestimmt werden (vgl. ad (D.39)). Dieses Maximum soll eindeutig sein, so daß die Funktion $\tilde{z}(k, g)$ streng konkav ist. Dies impliziert strenge Konkavität der Ertragsfunktionen in (A_i, K_i) , (A_i, G) und (K_i, G) .

Da eine Produktionsfunktion die Menge der technisch effizienten Produktionsprozesse umfaßt, sind negative Grenzproduktivitäten der Faktoren A_i , K_i und G ausgeschlossen (vgl. ad (D.21)). Zudem bleiben Produktionsprozesse unberücksichtigt, die Nullgrenzproduktivitäten von Arbeit und Kapital verursachen, weil diese Produktionsprozesse von rationalen Unternehmen nicht gewählt werden würden (vgl. ad (D.21)). Die Grenzproduktivitäten der Faktoren und die zweiten partiellen Ableitungen der Produktionsfunktion sollen stetig sein. Unter Berücksichtigung von (V.1) gilt:

$$(V.2) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial A_i} = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} = \tilde{z} - \frac{\partial \tilde{z}}{\partial k} k - \frac{\partial \tilde{z}}{\partial g} g > 0,$$

$$(V.3) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial K_i} = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} = \frac{\partial \tilde{z}}{\partial k} > 0,$$

$$(V.4) \quad \frac{\partial Y_i}{\partial G} = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} = \frac{\partial \tilde{z}}{\partial g} \geq 0,^{18}$$

¹⁸ Zur Begründung des Gleichheitszeichens von (V.4) vgl. ad (D.21).

$$(V.5) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial^2 A_i} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} = \frac{1}{A_i} \left(k^2 \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 k} + g^2 \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 g} + 2gk \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial g \partial k} \right) < 0,$$

$$(V.6) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial^2 K_i} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} = \frac{1}{A_i} \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 k} < 0,$$

$$(V.7) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial^2 G} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 G} = \frac{1}{A_i} \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 g} < 0,$$

$$(V.8) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial K_i \partial A_i} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial A_i} = -\frac{1}{A_i} \left(k \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 k} + g \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial k \partial g} \right) > 0,$$

$$(V.9) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial G \partial A_i} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial G \partial A_i} = -\frac{1}{A_i} \left(g \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial^2 g} + k \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial g \partial k} \right) > 0,$$

$$(V.10) \quad \frac{\partial^2 Y_i}{\partial G \partial K_i} = \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial G \partial K_i} = \frac{1}{A_i} \frac{\partial^2 \tilde{z}}{\partial g \partial k} > 0.$$

Ein Beispiel für eine Produktionsfunktion mit den beschriebenen Eigenschaften ist:

$$Y_i = \begin{cases} \frac{b_1 A_i^2 K_i^2 G^2}{b_2 A_i^5 + b_3 K_i^5 + b_4 G^5} & \text{für } A_i, K_i, G > 0 \wedge \left\{ k, g > 0 \left| \frac{\partial Y_i}{\partial A_i}, \frac{\partial Y_i}{\partial K_i}, \frac{\partial Y_i}{\partial G} \geq 0 \right. \right\} \text{ mit } b_{j=1, \dots, 4} > 0, \\ 0 & \text{für } A_i, K_i, G = 0. \end{cases}$$

Ad (D.64)

Auf Grundlage der notwendigen Bedingungen des Gewinnmaximierungsproblems (D.64) werden die Faktornachfragefunktionen eines Unternehmens i für die Annahmen, daß a) die Unteilbarkeitsrestriktion des Kapitalgutes nicht gilt und b) die Unteilbarkeitsrestriktion greift, hergeleitet.

a) Variables Kapitalgut

Die notwendigen Bedingungen lauten, wenn die Unteilbarkeitsrestriktion nicht gilt, wie folgt (vgl. (D.65) u. (D.66)):

$$(V.11) \quad \underbrace{p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i}}_{= F^a(A_i, K_i, p, w, r, G)} - w = 0,$$

$$(V.12) \quad \underbrace{p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i}}_{= F^{a1}(A_i, K_i, p, w, r, G)} - r = 0.$$

Das Gewinnmaximum ist bei Gültigkeit von (V.11) und (V.12) eindeutig, weil gilt:

$$(V.13) \quad |J| = \begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} \end{vmatrix} = p^2 \left(\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} - \left(\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \right)^2 \right) > 0,^{19}$$

und der erste Hauptminor von (V.13) kleiner als Null ist. Die Jakobi-Determinante ist größer als Null, weil die Ertragsfunktion der Primärfaktoren streng konkav ist (vgl. ad (D.63)).

Die ersten partiellen Ableitungen von F^a und F^{a1} sind entweder konstant oder basieren auf den Ableitungen der Produktionsfunktion (V.2)–(V.10), so daß sie stetig sind. Da außerdem die notwendigen und hinreichenden Bedingungen (V.11)–(V.13) an einer Stelle $(A_{i0}, K_{i0}, p_0, w_0, r_0, G_0)$ gelten, kann gemäß des impliziten Funktionentheorems um die Stelle (p_0, w_0, r_0, G_0) ein Bereich abgegrenzt werden, in dem durch die Gleichungen (V.11) und (V.12) die Variablen A_i und K_i eindeutig als Funktionen von p , w , r und G bestimmt werden können (vgl. Chiang, 1984, 210 f.):

$$(V.14) \quad \hat{A}_i = \hat{A}_i(p, w, r, G),$$

$$(V.15) \quad \hat{K}_i = \hat{K}_i(p, w, r, G).$$

(V.14) und (V.15) sind die Faktornachfragefunktionen eines Unternehmens i . Um anzuzeigen, daß die Mengen A_i und K_i gewinnmaximal sind, werden die Symbole „ \hat{A}_i “ und „ \hat{K}_i “ verwendet (vgl. ad (D.23)). Setzt man (V.14) und (V.15) in die Produktionsfunktion eines Unternehmens i (vgl. (V.1)) ein, resultiert die Angebotsfunktion eines Unternehmens:

$$(V.16) \quad Y_i^s = Y_i^s(\hat{A}_i(p, w, r, G), \hat{K}_i(p, w, r, G), G).$$

Die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der Faktornachfragefunktionen lassen sich ebenfalls mit Hilfe des impliziten Funktionentheorems ermitteln (vgl. Chiang, 1984, 211 f.). Dazu werden zunächst (V.11) und (V.12) total differenziert, woraus sich folgendes Gleichungssystem ergibt:

$$(V.17) \quad J \begin{pmatrix} dA_i \\ dK_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} dp + dw - p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} dG \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} dp + dr - p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} dG \end{pmatrix}.$$

¹⁹ Die Jakobi Determinante $|J|$ entspricht der Determinante der Hesse-Matrix (vgl. Chiang, 1984, 365 f.), die zur Bestimmung der hinreichenden Bedingung eines Optimierungsproblems dient.

Zur Herleitung der ersten partiellen Ableitungen von (V.14) und (V.15) nach p muß das Gleichungssystem (V.17) durch dp dividiert und $dw = dr = dG = 0$ angenommen werden. Daraus folgt:

$$(V.18) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial p} \\ \frac{\partial K_i}{\partial p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel führt zu:

$$(V.19) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p} = \frac{\begin{vmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} + p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} > 0,$$

$$(V.20) \quad \frac{\partial \hat{K}_i}{\partial p} = \frac{\begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} + p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} > 0.$$

In derselben Weise lassen sich die ersten partiellen Ableitungen von (V.14) und (V.15) nach w, r und G ermitteln. Diese partiellen Ableitungen werden nacheinander bestimmt.

Unter der Annahme $dp = dr = dG = 0$ ergibt sich folgendes Gleichungssystem:

$$(V.21) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial w} \\ \frac{\partial K_i}{\partial w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Durch Anwendung der Cramer-Regel resultiert:

$$(V.22) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial w} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \\ 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i}}{|J|} < 0,$$

$$(V.23) \quad \frac{\partial \hat{K}_i}{\partial w} = \frac{\begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & 1 \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} < 0.$$

Bei Annahme von $dp = dw = dG = 0$ folgt:

$$(V.24) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial r} \\ \frac{\partial K_i}{\partial r} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel ergibt:

$$(V.25) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial r} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \\ 1 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} < 0,$$

$$(V.26) \quad \frac{\partial \hat{K}_i}{\partial r} = \frac{\begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & 0 \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 1 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i}}{|J|} < 0.$$

Bei Annahme von $dp = dw = dr = 0$ folgt:

$$(V.27) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial G} \\ \frac{\partial K_i}{\partial G} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} \\ -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel führt zu:

$$(V.28) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} \\ -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p^2 \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} + p^2 \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} > 0,$$

$$(V.29) \quad \frac{\partial \hat{K}_i}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{-p^2 \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} + p^2 \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{|J|} > 0.$$

b) Fixes Kapitalgut

Wenn die Unteilbarkeitsrestriktion gilt, resultieren folgende Bedingungen 1. Ordnung (vgl. (D.65)–(D.67)):

$$(V.30) \quad \underbrace{p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w}_{= F^b(A_i, K_i, \lambda, p, w, r, G, \bar{K}_i)} = 0,$$

$$(V.31) \quad \underbrace{p \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} - r + \lambda}_{= F^{b1}(A_i, K_i, \lambda, p, w, r, G, \bar{K}_i)} = 0,$$

$$(V.32) \quad \underbrace{K_i - \bar{K}_i}_{= F^{b2}(A_i, K_i, \lambda, p, w, r, G, \bar{K}_i)} = 0.$$

Das Gewinnmaximum ist bei Gültigkeit von (V.30)–(V.32) eindeutig, weil gilt (vgl. (V.5)):

$$(V.33) \quad |J| = \begin{vmatrix} p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i} > 0.$$

Die ersten partiellen Ableitungen von F^b , F^{b1} und F^{b2} sind stetig, weil sie entweder konstant sind oder auf den partiellen Ableitungen der Produktionsfunktion (V.2)–(V.10) basieren. Da zudem die Bedingungen (V.30)–(V.32) an einer Stelle $(A_{i0}, K_{i0}, \lambda_0, w_0, r_0, G_0, \bar{K}_{i0})$ erfüllt sind, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen ein Bereich um die Stelle $(w_0, r_0, G_0, \bar{K}_{i0})$ abgegrenzt werden, indem durch die Gleichungen (V.30)–(V.32) die Variable A_i eindeutig als Funktion von p, w, r, G und \bar{K}_i bestimmt ist (vgl. Chiang, 1984, 210 f.).²⁰

²⁰ Zur Begründung für die Verwendung des Symbols „ \hat{A}_i “ vgl. ad (D.64)a).

$$(V.34) \quad \hat{A}_i = \hat{A}_i(p, w, r, G, \bar{K}_i).$$

Die Gleichung (V.34) stellt die Arbeitsnachfragefunktion dar. Da die Nebenbedingung (V.32) erfüllt ist, stellt die Kapitalnachfrage keine Funktion von p, w, r und G dar, was sich aus dem Gleichungssystem (V.35) ergibt.²¹

Die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der Arbeitsnachfragefunktion (V.34) können ebenfalls mit Hilfe des impliziten Funktionentheorems ermittelt werden (vgl. Chiang, 1984, 211 f.). Dazu ist folgendes Gleichungssystem zu bestimmen, was sich durch totale Differenzierung von (V.30)–(V.32) ergibt:

$$(V.35) \quad J \begin{pmatrix} dA_i \\ dK_i \\ d\lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} dp + dw - p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} dG \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} dp + dr - p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} dG \\ d\bar{K}_i \end{pmatrix}.$$

Zur Herleitung der ersten partiellen Ableitung der Arbeitsnachfrage (V.34) nach w muß das Gleichungssystem (V.35) durch dp dividiert werden und $dw = dr = dG = d\bar{K}_i = 0$ angenommen werden. Daraus folgt:

$$(V.36) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial p} \\ \frac{\partial K_i}{\partial p} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial p} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel resultiert:

$$(V.37) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p} = \frac{\begin{vmatrix} -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ -\frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = -\frac{\frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i}}{p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i}} > 0.$$

In entsprechender Weise lassen sich die ersten partiellen Ableitungen von (V.34) nach w, r, G und \bar{K}_i bilden. Diese werden nacheinander bestimmt.

²¹ Dies ist aus der Ermittlung der ersten partiellen Ableitungen der Nachfragefunktionen ersichtlich, was für die Arbeitsnachfrage weiter unten dargelegt wird. Zur Kapitalnachfrage (vgl. (D.71)).

Bei Annahme von $dr = dG = dp = d\bar{K}_i = 0$ folgt:

$$(V.38) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial w} \\ \frac{\partial K_i}{\partial w} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial w} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel ergibt sich:

$$(V.39) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial w} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{1}{p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i}} < 0.$$

Die Annahme $dw = dG = dp = d\bar{K}_i = 0$ führt zu folgendem Gleichungssystem:

$$(V.40) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial r} \\ \frac{\partial K_i}{\partial r} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial r} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel folgt:

$$(V.41) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial r} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ 1 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = 0.$$

Bei Annahme von $dw = dr = dp = d\bar{K}_i = 0$ ergibt sich das folgende Gleichungssystem:

$$(V.42) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial G} \\ \frac{\partial K_i}{\partial G} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial G} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} \\ -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Die Anwendung der Cramer-Regel ergibt:

$$(V.43) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ -p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial K_i \partial G} & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = - \frac{\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial G}}{\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i}} > 0.$$

Die Annahme $dG = dw = dr = dp = 0$ führt zu folgendem Gleichungssystem:

$$(V.44) \quad J \begin{pmatrix} \frac{\partial A_i}{\partial \bar{K}_i} \\ \frac{\partial K_i}{\partial \bar{K}_i} \\ \frac{\partial \lambda}{\partial \bar{K}_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Bei Anwendung der Cramer-Regel folgt:

$$(V.45) \quad \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial \bar{K}_i} = \frac{\begin{vmatrix} 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i} & 0 \\ 0 & p \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 K_i} & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = - \frac{\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial A_i \partial K_i}}{\frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 A_i}} > 0.$$

Werden die Gleichungen (V.37), (V.39), (V.41), (V.43) und (V.45) berücksichtigt, läßt sich (V.34) wie folgt präzisieren:

$$(V.46) \quad \hat{A}_i = \hat{A}_i(p, w, G, \bar{K}_i).$$

Unter Berücksichtigung von (V.46) und der Produktionsfunktion eines Unternehmens (vgl. (V.1)) ergibt sich dann die Angebotsfunktion eines Unternehmens:

$$(V.47) \quad Y_i^s = Y_i^s(\hat{A}_i(p, w, G, \bar{K}_i), \bar{K}_i, G).$$

Ad (D.73)

Im folgenden wird die Kapitalnachfrage der staatlichen Institution hergeleitet. Es wird angenommen, daß der „firm-augmenting public input“ mit Arbeit (A_G) und Kapital (K_G) produziert wird. Die staatliche Institution minimiert die Produktionskosten des „firm-augmenting public input“ als Mengenanpasser auf den Faktormärkten über A_G und K_G unter Beachtung der Mindesteinsatzmenge für das Kapitalgut.

$$(V.48) \quad C_G = wA_G + rK_G$$

$$\text{Neb.: } G = R(A_G, K_G), \\ \bar{K}_G \leq K_G$$

Die entsprechende Lagrangefunktion lautet:

$$(V.49) \quad L = wA_G + rK_G + \delta_1(G - R(A_G, K_G)) + \delta_2(\bar{K}_G - K_G) \\ \text{mit: } \delta_1, \delta_2 := \text{Lagrange multiplikatoren.}$$

Die Vorzeichen der ersten und zweiten partiellen Ableitungen der Funktion $R(\cdot)$ sollen denen der entsprechenden Ableitungen von $\tilde{f}(\cdot)$ entsprechen (vgl. ad (D.63)), und diese Ableitungen sollen stetig sein. Die Funktion $R(\cdot)$ ist streng quasikonkav.

Die notwendigen Bedingungen für ein Kostenminimum sind:

$$(V.50) \quad \underbrace{w - \delta_1 \frac{\partial R}{\partial A_G}}_{= F^G(A_G, K_G, \delta_1, r, G, w)} = 0,$$

$$(V.51) \quad \underbrace{r - \delta_1 \frac{\partial R}{\partial K_G}}_{= F^{G1}(A_G, K_G, \delta_1, r, G, w)} = 0,$$

$$(V.52) \quad \underbrace{G - R(A_G, K_G)}_{= F^{G2}(A_G, K_G, \delta_1, r, G, w)} = 0.$$

Es wird angenommen, daß die kostenminimale Kapitalnachfrage bei gegebenen Faktorpreisen und geplanter Produktionsmenge G größer als die Mindesteinsatzmenge des Kapitalgutes ist, so daß die zweite Nebenbedingung nicht relevant wird. Sind die Bedingungen (V.50)–(V.52) erfüllt, liegt ein eindeutiges Kostenminimum vor, weil die folgende Jakobi-Determinante positiv definit ist:

$$\begin{aligned}
 (V.53) \quad |J| &= \begin{vmatrix} -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial^2 A_G} & -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial A_G \partial K_G} & -\frac{\partial R}{\partial A_G} \\ -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial K_G \partial A_G} & -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial^2 K_G} & -\frac{\partial R}{\partial K_G} \\ -\frac{\partial R}{\partial A_G} & -\frac{\partial R}{\partial K_G} & 0 \end{vmatrix} \\
 &= \delta_1 \frac{\partial R}{\partial A_G} \left(\frac{\partial^2 R}{\partial^2 K_G} \frac{\partial R}{\partial A_G} - \frac{\partial^2 R}{\partial A_G \partial K_G} \frac{\partial R}{\partial K_G} \right) \\
 &\quad + \delta_1 \frac{\partial R}{\partial K_G} \left(\frac{\partial^2 R}{\partial^2 A_G} \frac{\partial R}{\partial K_G} - \frac{\partial^2 R}{\partial A_G \partial K_G} \frac{\partial R}{\partial A_G} \right) \\
 &< 0.
 \end{aligned}$$

Die ersten und zweiten partiellen Ableitungen der Produktionsfunktion des „firm-augmenting public input“ sind stetig, so daß ebenfalls die ersten partiellen Ableitungen von F^G , F^{G1} und F^{G2} stetig sind. Da an einer Stelle $(A_{G0}, K_{G0}, \delta_{10}, r_0, G_0, w_0)$ ein eindeutiges Kostenminimum existiert, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen ein Bereich um die Stelle (r_0, G_0, w_0) abgegrenzt werden, in dem die folgenden bedingten Faktornachfragefunktionen eindeutig durch die Gleichungen (V.50)–(V.52) bestimmt sind (vgl. Chiang, 1984, 210 f.):

$$(V.54) \quad A_G = A_G(r, G, w),$$

$$(V.55) \quad K_G = K_G(r, G, w).$$

Da explizit in der Analyse nur die Kapitalnachfrage berücksichtigt wird und der Lohnsatz konstant ist, werden nur die Vorzeichen der ersten partiellen Ableitungen der Kapitalnachfragefunktion nach r und G bestimmt.

Diese können mit Hilfe des Satzes über implizite Funktionen ermittelt werden (vgl. Chiang, 1984, 211 f.). Dazu werden die Gleichungen (V.50)–(V.52) zunächst total differenziert, woraus sich folgendes Gleichungssystem ergibt:

$$(V.56) \quad J \begin{pmatrix} dA_G \\ dK_G \\ d\delta_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -dw \\ -dr \\ -dG \end{pmatrix}.$$

Bei Annahme von $dw = dG = 0$, der Division des Gleichungssystems (V.56) durch dr und der Anwendung der Cramer-Regel ergibt sich:

$$(V.57) \quad \frac{\partial K_G}{\partial r} = \frac{\begin{vmatrix} -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial^2 A_G} & 0 & -\frac{\partial R}{\partial A_G} \\ -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial K_G \partial A_G} & -1 & -\frac{\partial R}{\partial K_G} \\ -\frac{\partial R}{\partial A_G} & 0 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} = \frac{\left(\frac{\partial R}{\partial A_G} \right)^2}{|J|} < 0.$$

Entsprechend lässt sich die erste partielle Ableitung von K_G nach G bestimmen:

$$(V.58) \quad \frac{\partial K_G}{\partial G} = \frac{\begin{vmatrix} -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial^2 A_G} & 0 & -\frac{\partial R}{\partial A_G} \\ -\delta_1 \frac{\partial^2 R}{\partial K_G \partial A_G} & 0 & -\frac{\partial R}{\partial K_G} \\ -\frac{\partial R}{\partial A_G} & -1 & 0 \end{vmatrix}}{|J|} \\ = \frac{\delta_1 \left(\frac{\partial^2 R}{\partial^2 A_G} \frac{\partial R}{\partial K_G} - \frac{\partial R}{\partial A_G} \frac{\partial^2 R}{\partial K_G \partial A_G} \right)}{|J|} > 0.$$

Ad (D.75)

Aus der Gleichgewichtsbedingung für den Kapitalmarkt (vgl. (D.74)) kann der gleichgewichtige Zinssatz als eine Funktion von n, G und dem unteilbaren Kapitalgut bestimmt werden. Eine Variation des Lohnsatzes wird nicht berücksichtigt, weil der Lohnsatz modellexogen gegeben ist.

$$(V.59) \quad \underbrace{n\bar{K}_i + K_G(r, G, w) - \bar{K}}_{= F^K(r, G, n, w, \bar{K}_i)} = 0.$$

Die ersten partiellen Ableitungen von F^K nach n, G und \bar{K}_i lauten:

$$(V.60) \quad \frac{\partial F^K}{\partial r} = \frac{\partial K_G}{\partial r} < 0,$$

$$(V.61) \quad \frac{\partial F^K}{\partial G} = \frac{\partial K_G}{\partial G} > 0,$$

$$(V.62) \quad \frac{\partial F^K}{\partial n} = \bar{K}_i > 0,$$

$$(V.63) \quad \frac{\partial F^K}{\partial \bar{K}_i} = n > 0.$$

Die Vorzeichen von (V.60) und (V.61) ergeben sich unter Berücksichtigung von (V.57) und (V.58). Da (V.60)–(V.63) stetig sind, eine Stelle $(r_0, G_0, n_0, \bar{K}_{i0})$ existiert, an der (V.59) erfüllt ist, und (V.60) ungleich Null ist, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen ein Bereich um die Stelle (G_0, n_0, \bar{K}_{i0}) abgegrenzt werden, in dem durch (V.59) die Variable r eindeutig als Funktion von G, n und \bar{K}_i bestimmt ist (vgl. Courant, 1972, 104 f.):

$$(V.64) \quad r^e = r^e(G, n, \bar{K}_i).$$

Da (V.64) den gleichgewichtigen Zinssatz bestimmt, wird geschrieben $r := r^e$. Die ersten partiellen Ableitungen von r^e lauten:

$$(V.65) \quad \frac{\partial r^e}{\partial G} = - \frac{\frac{\partial K_G}{\partial G}}{\frac{\partial K_G}{\partial r}} > 0,$$

$$(V.66) \quad \frac{\partial r^e}{\partial n} = - \frac{\bar{K}_i}{\frac{\partial K_G}{\partial r}} > 0,$$

$$(V.67) \quad \frac{\partial r^e}{\partial \bar{K}_i} = - \frac{n}{\frac{\partial K_G}{\partial r}} > 0.$$

Ad (D.77)

Aus der Gleichgewichtsbedingung für den Gütermarkt (vgl. (D.76)) kann der Gleichgewichtspreis als Funktion von G, n und \bar{K}_i bestimmt werden:²²

$$(V.68) \quad \underbrace{Y^d(p, \bar{w}) - nY_i^s(\hat{A}_i(p, G, w, \bar{K}_i), G, \bar{K}_i)}_{= F^y(p, G, n, \bar{K}_i, w)} = 0.$$

²² Bzgl. der partiellen Ableitungen von Y_i^s nach G und \bar{K}_i vgl. die Erklärung unter (IV.22).

Unter der Annahme, daß der Lohnsatz (w) mdoellexogen gegeben ist, ergeben sich folgende erste partielle Ableitungen von F^y :

$$(V.69) \quad \frac{\partial F^y}{\partial p} = \frac{\partial Y^d}{\partial p} - n \frac{\partial Y_i^s}{\partial p} < 0,$$

$$(V.70) \quad \frac{\partial F^y}{\partial G} = -n \frac{\partial Y_i^s}{\partial G} < 0,$$

$$(V.71) \quad \frac{\partial F^y}{\partial n} = -Y_i^s < 0,$$

$$(V.72) \quad \frac{\partial F^y}{\partial \bar{K}_i} = -\frac{\partial Y_i^s}{\partial \bar{K}_i} < 0.$$

Die Vorzeichen von (V.69), (V.70) und (V.72) können durch Einbezug von (V.37), (V.43) und (V.45) ermittelt werden. Da (V.69), (V.70) und (V.72) Verknüpfungen darstellen, die aus einem Teil der Gleichungen (V.1)–(V.10) bestehen, sind sie stetige Funktionen. Da zudem an einer Stelle $(p_0, G_0, n_0, \bar{K}_{i0})$ (V.68) erfüllt ist und an dieser Stelle (V.69) ungleich Null ist, kann gemäß des Satzes über implizite Funktionen um (G_0, n_0, \bar{K}_{i0}) herum ein Bereich abgegrenzt werden, in dem durch (V.68) die Variable p eindeutig als Funktion von G, n und \bar{K}_i bestimmt ist (vgl. Courant, 1972, 104 f.):

$$(V.73) \quad p^e = p^e(G, n, \bar{K}_i).$$

Da (V.68) den gleichgewichtige Marktpreis bestimmt, wird $p := p^e$ geschrieben. Die ersten partiellen Ableitungen von (V.73) lauten:

$$(V.74) \quad \frac{\partial p^e}{\partial G} = \frac{n \frac{\partial Y_i^s}{\partial G}}{\frac{\partial Y^d}{\partial p} - n \frac{\partial Y_i^s}{\partial p}} < 0,$$

$$(V.75) \quad \frac{\partial p^e}{\partial n} = \frac{Y_i^s}{\frac{\partial Y^d}{\partial p} - n \frac{\partial Y_i^s}{\partial p}} < 0,$$

$$(V.76) \quad \frac{\partial p^e}{\partial \bar{K}_i} = \frac{\frac{\partial Y_i^s}{\partial \bar{K}_i}}{\frac{\partial Y^d}{\partial p} - n \frac{\partial Y_i^s}{\partial p}} < 0.$$

Ad (D.79)–(D.80)

a) Die Maximierung des Nettoüberschusses (D.78) nach G und n ergibt folgende notwendige Bedingungen:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{\bar{K}_i}}{\partial G} &= \frac{\partial p^e}{\partial G} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 &+ n \left(\frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial G} + \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \right) \underbrace{\left(p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ \frac{\partial r^e}{\partial G} \underbrace{(\bar{K} - n\bar{K}_i - \frac{\partial C_G}{\partial r^e})}_{=0} \\
 &+ n p^e \underbrace{\frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} - \frac{\partial C_G}{\partial G}}_{=F^{K1}(G, n, \bar{K}_i)} \\
 &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{V.77}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{\bar{K}_i}}{\partial n} &= \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 &+ n \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{\left(p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ \frac{\partial r^e}{\partial n} \underbrace{(\bar{K} - n\bar{K}_i - \frac{\partial C_G}{\partial r^e})}_{=0} \\
 &+ \underbrace{(p^e Y_i^s - w \hat{A}_i - r^e \bar{K}_i)}_{=F^{K2}(G, n, \bar{K}_i)} \\
 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{V.78}$$

Die Klammern der ersten beiden Summanden von (V.77) und (V.78) werden für *beliebige Werte von n und G* null, weil die Klammer des ersten Summanden der Marktgleichgewichtsbedingung (V.68) entspricht, und die des zweiten Summanden die Gewinnmaximierungsbedingung (V.11) darstellt. Die Klammern der dritten Summanden sind gleich Null, weil gemäß Shepards Lemma die partielle Ableitung der Kostenfunktion (C_G) nach dem Faktorpreis (r^e) gerade der bedingten Faktornachfrage (K_G) entspricht. Damit steht in den Klammern des dritten Summanden gerade die Marktgleichgewichtsbedingung des Kapitalmarktes (V.59), so daß diese Klammern für *beliebige Werte von n und G* gleich null sind.

b) Schattenpreis der Unteilbarkeitsrestriktion

Im folgenden wird mit Hilfe des impliziten Funktionentheorems gezeigt, daß n und G Funktionen von \bar{K}_i sind, wenn ein eindeutiges Maximum des Nettoüberschusses vorliegt. Unter dieser Voraussetzung gilt für die Jakobi Determinante von F^{K1} und F^{K2} :

$$(V.79) \quad |J| = \begin{vmatrix} n \frac{\partial p^e}{\partial G} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} + p^e n \frac{\partial^2 \tilde{f}}{\partial^2 G} - \frac{\partial^2 C_G}{\partial^2 G} - \frac{\partial C_G}{\partial r^e} \frac{\partial r^e}{\partial G} & n \frac{\partial p^e}{\partial n} \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} + p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} - \frac{\partial C_G}{\partial r^e} \frac{\partial r^e}{\partial n} \\ p^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial G} + \frac{\partial p^e}{\partial G} Y_i^s - \frac{\partial r^e}{\partial G} \bar{K}_i & \frac{\partial p^e}{\partial n} Y_i^s - \frac{\partial r^e}{\partial n} \bar{K}_i \end{vmatrix} > 0.$$

Da die ersten partiellen Ableitungen von F^{K1} und F^{K2} aufgrund der ihnen zugrunde liegenden Funktionen stetig sind, eine Stelle (G_0, n_0, \bar{K}_{i0}) existiert, an der (V.77) und (V.78) erfüllt sind sowie (V.79) ungleich Null ist, kann gemäß des impliziten Funktionentheorems ein Intervall um die Stelle \bar{K}_{i0} abgegrenzt werden, in dem durch (V.77) und (V.78) die Variablen n und G eindeutig als Funktionen von \bar{K}_i bestimmt sind (vgl. Chiang, 1984, 210 f.):

$$(V.80) \quad n^* = n^*(\bar{K}_i),$$

$$(V.81) \quad G^* = G^*(\bar{K}_i).$$

Damit sind die effiziente Unternehmensanzahl (n^*) und die effiziente Bereitstellungsmenge des „firm-augmenting public input“ (G^*) eine Funktion von \bar{K}_i , so daß der maximale Nettoüberschuß $N_{\bar{K}_i}^*$ eine Funktion von \bar{K}_i ist. Damit kann die partielle Ableitung des maximalen Nettobüberschusses $N_{\bar{K}_i}^*$ nach \bar{K}_i entsprechend dem Enveloppentheorem bestimmt werden (vgl. Sydsaeter/Hammond, 1995, 679 f.). Daraus folgt unter Berücksichtigung der Gewinnmaximierungsbedingung (D.70):

$$(V.82) \quad \frac{\partial N_{\bar{K}_i}^*}{d\bar{K}_i} = n^* (p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} - r^e) = -n^* \lambda.$$

Für die partielle Ableitung des Nettoüberschusses (D.78) nach \bar{K}_i ergibt sich:²³

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{\bar{K}_i}}{\partial \bar{K}_i} &= \frac{\partial p^e}{\partial \bar{K}_i} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 &\quad + n \left(\frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial \bar{K}_i} + \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial \bar{K}_i} \right) \underbrace{\left(p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 (V.83) \quad &\quad + \frac{\partial r^e}{\partial \bar{K}_i} \underbrace{(\bar{K} - n\bar{K}_i - \frac{\partial C_G}{\partial r^e})}_{=0} \\
 &\quad + n \underbrace{\left(p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} - r^e \right)}_{=-n\lambda} \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

Ad (D.89)

Die Maximierung des Nettoüberschusses (D.88) nach G ergibt folgende Bedingung erster Ordnung:

$$\begin{aligned}
 \frac{dN_{\bar{n}}}{dG} &= \frac{dp^e}{dG} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 (V.84) \quad &\quad + \bar{n} \left(\frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{dp^e}{dG} + \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \right) \underbrace{\left(p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &\quad + \bar{n} p^e \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} - \frac{dC_G}{dG} \\
 &= 0.
 \end{aligned}$$

Der Term in der Klammer des ersten Summanden von (V.84) entspricht der Gleichgewichtsbedingung für den Gütermarkt. Da diese Voraussetzung für die Maximierung des Nettoüberschusses ist, muß dieser Term für *beliebige* G den Wert Null annehmen. Der Term in der letzten Klammer des zweiten Summanden von (V.84) entspricht der notwendigen Bedingung für ein Gewinnmaximum (vgl. (V.30)), so daß dieser Term ebenfalls für *beliebige* G gleich null ist. Daraus ergibt sich die Effizienzbedingung (D.89).

²³ Zur Erklärung von (V.83) vgl. die Ausführungen zu (V.77), (V.78) und (V.82).

Ad (D.99)

Im folgenden wird gezeigt, daß ein eindeutiges Minimum der Durchschnittskosten eines Unternehmens existiert. Die Unternehmen können den Kapitaleinsatz beliebig variieren, so daß ihre Kosten aus variablen Arbeits- und Kapitalkosten bestehen. Unter Berücksichtigung von (V.1) lassen sich dann die Durchschnittskosten eines Unternehmens wie folgt darstellen:²⁴

$$(V.85) \quad c = \frac{wA_i}{Y_i} + \frac{rK_i}{Y_i} = \frac{w + rk}{\bar{z}(g, k)} \rightarrow \min_{g, k} \quad \text{mit: } \frac{C}{Y_i} = c.$$

Anhand von (V.85) wird deutlich, daß die Funktion der Durchschnittskosten bei gegebenen Faktorpreisen von den Faktoreinsatzverhältnissen g und k abhängig ist. Daher kann das Minimum der Durchschnittskosten bei gegebenen Faktorpreisen durch eine Variation von g und k bestimmt werden. Die Bedingungen erster Ordnung lauten:

$$(V.86) \quad \frac{\partial c}{\partial g} = -\frac{c}{\bar{z}} \frac{\partial \bar{z}}{\partial g} = 0,$$

$$(V.87) \quad \frac{\partial c}{\partial k} = \frac{r\bar{z} - \frac{\partial \bar{z}}{\partial k}(w + rk)}{\bar{z}^2} = 0.$$

Der Zähler von (V.87) ist gleich Null, wenn gilt:

$$(V.88) \quad \bar{z} = \frac{\partial \bar{z}}{\partial k} \left(\frac{w}{r} + k \right).$$

Unter Berücksichtigung von (V.1) und (V.3) ist (V.88) bei gewinnmaximaler Produktion (vgl. (V.11) und (V.12)) äquivalent zu:

$$(V.89) \quad Y_i = \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} A_i + \frac{\partial \tilde{f}}{\partial K_i} K_i.$$

Somit muß zur Erfüllung der notwendigen Bedingungen (V.86) und (V.87) die Grenzproduktivität des „firm-augmenting public input“ dem Wert Null entsprechen. Zur Erfüllung der hinreichenden Bedingungen müssen die zweite partielle Ableitung

²⁴ Es wird davon ausgegangen, daß die Unternehmen Arbeit und Kapital kostenminimal einsetzen, so daß (V.85) die Durchschnittskostenfunktion eines Unternehmens darstellt. Die bedingte Arbeits- und Kapitalnachfrage können durch die Kostenminimierung eines Unternehmens ermittelt werden. In dieser Arbeit wird auf eine explizite Darstellung der Kostenminimierung eines Unternehmens mit Arbeit und Kapital verzichtet, weil dies für den Fortgang der Argumentation nicht relevant ist.

von c nach g und die Determinante der Hesse-Matrix positiv sein. Dazu werden die zweiten partiellen Ableitungen von (V.85) gebildet:

$$(V.90) \quad \frac{\partial^2 c}{\partial^2 g} = -\frac{c}{\bar{z}} \frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial^2 g} + \frac{2c}{\bar{z}^2} \overbrace{\left(\frac{\partial \bar{z}}{\partial g} \right)^2}^{=0} > 0,$$

$$(V.91) \quad \frac{\partial^2 c}{\partial g \partial k} = \left(-\overbrace{\frac{\partial c}{\partial k} \frac{1}{\bar{z}}}^{=0} + \frac{c}{\bar{z}^2} \frac{\partial \bar{z}}{\partial k} \right) \overbrace{\frac{\partial \bar{z}}{\partial g}}^{=0} - \frac{c}{\bar{z}} \frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial g \partial k} < 0,$$

$$(V.92) \quad \frac{\partial^2 c}{\partial^2 k} = -\frac{c}{\bar{z}} \frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial^2 k} + \frac{1}{\bar{z}} \overbrace{\left(-\frac{r}{\bar{z}} + \frac{c}{\bar{z}} \frac{\partial \bar{z}}{\partial k} \right)}^{= -\frac{\partial c}{\partial k} = 0} > 0.$$

Die Vorzeichen von (V.90) und (V.92) lassen sich mit Hilfe von (V.3), (V.6) und (V.10) ermitteln, wenn davon ausgegangen wird, daß die notwendigen Bedingungen für ein Minimum der Durchschnittskosten erfüllt sind (vgl. (V.86) u. (V.87)).

Die Determinante der Hesse-Matrix lautet:

$$(V.93) \quad |H| = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 c}{\partial^2 g} & \frac{\partial^2 c}{\partial g \partial k} \\ \frac{\partial^2 c}{\partial g \partial k} & \frac{\partial^2 c}{\partial^2 k} \end{vmatrix} = \frac{\partial^2 c}{\partial^2 g} \frac{\partial^2 c}{\partial^2 k} - \left(\frac{\partial^2 c}{\partial g \partial k} \right)^2 \\ = \left(\frac{c}{\bar{z}} \right)^2 \underbrace{\left(\frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial^2 g} \frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial^2 k} - \left(\frac{\partial^2 \bar{z}}{\partial g \partial k} \right)^2 \right)}_{> 0} > 0.$$

Da die Funktion \bar{z} streng konkav in g und k ist (vgl. ad D.63), muß die Determinante der Hesse-Matrix positiv sein (vgl. (V.93)). Weil zudem (V.90) positiv ist, existiert ein eindeutiges Minimum der Durchschnittskosten.

Ad (D.100)

Der Wert der Determinante der Hesse-Matrix entspricht dem Wert der Jakobi-Determinante (vgl. Chiang, 1984, 365 f.). Da zudem die zweiten partiellen Ableitungen der Durchschnittskostenfunktion (V.90)–(V.92) stetig sind,²⁵ eine Stelle

²⁵ Sie sind stetig, weil sie auf der Produktionsfunktion (V.1) und ihren Ableitungen (V.2)–(V.10) basieren.

(k_0, g_0, r_0, w_0) existiert für die die Hesse-Determinante ungleich null ist (vgl. (V.93)) und für die die Gleichungen (V.86) und (V.87) erfüllt sind, kann gemäß des impliziten Funktionentheorems ein Bereich um die Stelle (r_0, w_0) abgegrenzt werden, in dem durch die Gleichungen (V.86) und (V.87) die Variablen g und k eindeutig als Funktionen von r und w bestimmt sind (vgl. Chiang, 1984, 210 f.):

$$(V.94) \quad g^* = g^*(r, w),$$

$$(V.95) \quad k^* = k^*(r, w).$$

Somit sind die Faktoreinsatzverhältnisse (g^*, k^*) , die die Durchschnittskosten minimieren, Funktionen der Faktorpreise, so daß entsprechend die minimalen Durchschnittskosten (c^*) eine Funktion der Faktorpreise darstellen. Gemäß des Enveloppentheorems gilt für die partiellen Ableitung von c^* nach r und w (vgl. Sydsaeter/Hammond, 1995, 679 f.):

$$(V.96) \quad \frac{\partial c^*}{\partial r} = \frac{\partial c}{\partial r} + \underbrace{\frac{\partial c}{\partial g} \frac{\partial g^*}{\partial r}}_{=0} + \underbrace{\frac{\partial c}{\partial k} \frac{\partial k^*}{\partial r}}_{=0} = \frac{k^*}{\bar{z}^*} \quad \text{mit: } \bar{z}^* = \bar{z}(g^*, k^*),$$

$$(V.97) \quad \frac{\partial c^*}{\partial w} = \frac{\partial c}{\partial w} + \underbrace{\frac{\partial c}{\partial g} \frac{\partial g^*}{\partial w}}_{=0} + \underbrace{\frac{\partial c}{\partial k} \frac{\partial k^*}{\partial w}}_{=0} = \frac{1}{\bar{z}^*}.$$

Die rechten Seiten von (V.96) und (V.97) ergeben sich unter Berücksichtigung von (V.85)–(V.87) und Sheppards Lemma.

In der langen Frist entsprechen die minimalen Durchschnittskosten dem Marktpreis (vgl. (D.100)), so daß gilt:

$$(V.98) \quad \underbrace{p - c^*(r, w)}_{= F^{c^*}(p, r)} = 0.$$

Da der Lohnsatz modellexogen gegeben ist, kann F^{c^*} als eine Funktion von r und p dargestellt werden. Im folgenden wird gezeigt, daß eine reziproke funktionale Beziehung zwischen r und p besteht.

Dazu werden die ersten partiellen Ableitungen von F^{c^*} nach p und r gebildet.

$$(V.99) \quad \frac{\partial F^{c^*}}{\partial r} = -\frac{k^*}{\bar{z}^*} < 0,$$

$$(V.100) \quad \frac{\partial F^{c^*}}{\partial p} = 1.$$

Da (V.99) und (V.100) stetig sind, eine Stelle (p_0, r_0) existiert, an der die Gleichung (V.98) erfüllt ist und (V.99) ungleich null ist, kann gemäß des impliziten Funktionentheorems ein Intervall um die Stelle p_0 abgegrenzt werden, in dem durch die Gleichung (V.98) die Variable r eindeutig als Funktion von p bestimmt ist (vgl. Courant, 1972, 101):

$$(V.101) \quad r = r(p) \quad \text{mit: } \frac{dr}{dp} = \frac{\tilde{z}^*}{k^*} > 0.$$

Da die Funktion $r(p)$ streng monoton ist, existiert die Umkehrfunktion $p(r)$.

Ad (D.107)

Aus der Gleichgewichtsbedingung (D.106) kann die effiziente Unternehmensanzahl (n^*) als Funktion des „firm-augmenting public input“ (G) ermittelt werden.

$$(V.102) \quad \underbrace{Y^d(p, w) - Y_l^s(p^*, r^*, n^*, G, w)}_{= F^{y1}(n, G)} = 0.$$

Da der Lohnsatz modellexogen ist, wird eine Variation des Lohnsatzes im folgenden vernachlässigt. Die ersten partiellen Ableitungen von F^{y1} lauten:

$$(V.103) \quad \frac{\partial F^{y1}}{\partial n^*} = - \frac{\partial Y_l^s}{\partial n^*} < 0,$$

$$(V.104) \quad \frac{\partial F^{y1}}{\partial G} = - \frac{\partial Y_l^s}{\partial G} < 0.$$

Die Ableitungen (V.103) und (V.104) basieren auf der Produktionsfunktion (D.63), so daß sie stetig sind. Da zudem eine Stelle (n_0^*, G_0) existiert, an der (V.102) erfüllt ist, und (V.103) ungleich null ist, kann gemäß des impliziten Funktionentheorems um die Stelle G_0 ein Intervall abgegrenzt werden, indem durch (V.102) die Variable n^* eindeutig als Funktion von G bestimmt ist (vgl. Courant, 1972, 101):

$$(V.105) \quad n^* = n^*(G).$$

Die Ableitung von (V.105) ist:

$$(V.106) \quad \frac{dn^*}{dG} = - \frac{\frac{\partial Y_l^s}{\partial G}}{\frac{\partial Y_l^s}{\partial n^*}} < 0.$$

Ad (D.109)

Die notwendige Bedingung für die Maximierung des Nettoüberschusses (D.108) ist:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{s_i}}{\partial G} &= n \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \underbrace{\left(p^* \frac{\partial \tilde{f}}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ n \frac{\partial \hat{s}_i}{\partial G} \bar{K}_i \underbrace{\left(p^* \frac{\partial \tilde{f}}{\partial (\hat{s}_i \bar{K}_i)} - r^* \right)}_{=0} \\
 &+ \frac{dn^*}{dG} (p^* Y_i^s - w \hat{A}_i - r \hat{s}_i \bar{K}_i) \\
 &+ np \frac{\partial \tilde{f}}{\partial G} - \frac{\partial C_G}{\partial G} \\
 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{V.107}$$

Die Klammern der ersten beiden Summanden von (V.107) sind für *beliebige* G gleich null, weil sie die Gewinnmaximierungsbedingungen darstellen (vgl. (D.96) u. (D.97)).

Ad (D.111)

Die notwendige Bedingung für die Maximierung des Nettoüberschusses (D.110) bzgl. G entspricht der Gleichung (IV.77) und die notwendige Bedingung bzgl. n lautet:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{C_0}}{\partial n} &= \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{(-Y^d + n Y_i^s)}_{=0} \\
 &+ n \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{\left(p^e \frac{\partial f}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ (p Y_i^s - w \hat{A}_i - C_0) \\
 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{V.108}$$

Da die Gleichgewichtsbedingung des Gütermarktes für die Maximierung des Nettoüberschusses erfüllt sein muß, und die Unternehmen gewinnmaximal produzieren, sind die Klammern der ersten beiden Summanden von (V.108) gleich null.

Ad (D.118)

Die notwendigen Bedingungen des Nettoüberschusses (D.116) lauten:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{\bar{T}}}{\partial G} &= a_{\bar{T}} \frac{\partial p^e}{\partial G} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 &+ a_{\bar{T}} n \left(\frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial G} + \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial G} \right) \underbrace{\left(p^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial \hat{A}_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ a_{\bar{T}} \left(np^e \frac{\partial Y_i^s}{\partial G} (\cdot) - \frac{dC_G}{dG} \right) \\
 &= 0,
 \end{aligned}
 \tag{V.109}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial N_{\bar{T}}}{\partial n} &= a_{\bar{T}} \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{(-Y^d + nY_i^s)}_{=0} \\
 &+ a_{\bar{T}} n \frac{\partial \hat{A}_i}{\partial p^e} \frac{\partial p^e}{\partial n} \underbrace{\left(p^e \frac{\partial f}{\partial A_i} - w \right)}_{=0} \\
 &+ (a_{\bar{T}}(p^e Y_i^s - w \hat{A}_i) - C_0) \\
 &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{V.110}$$

Zur Erklärung der Vorzeichen der Terme in den gekennzeichneten Klammern vgl. ad (D.111).

Literaturverzeichnis

- Altenburg, L.* (1987), Production Possibilities with a Public Intermediate Good, in: Canadian Journal of Economics, 4, 715–34.
- Arnold, V.* (1992), Theorie der Kollektivgüter, München.
- (1980), Steigende Skalenerträge bei der Bereitstellung öffentlicher Zwischenprodukte, in: Finanzarchiv, 38, 256–73.
- Aschauer, D. A.* (1989), Is Public Expenditure Productive?, in: Journal of Monetary Economics, 23, 177–200.
- (1990), Why is Infrastructure Important?, in: Munnell, Alicia H. (Hrsg.): Is there a Shortfall in Public Capital Investment?, Conference Series, Band 34, 21–50.
- Barro, R. J.* (1990), Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth, in: Journal of Political Economy, 98, 103–25.
- Barro, R. J./Sala-i-Martin, X.* (1992), Public Finance in Models of Economic Growth, in: Review of Economic Studies, 59, 645–61.
- (1995), Economic Growth, New York.
- Baumol, W. J.* (1968), Entrepreneurship in Economic Theory, in: American Economic Review, Papers and Proceedings, 58, 64–71
- (1987), Indivisibilities, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): The New Palgrave. A Dictionary of Economics, Band 2, 793–95.
- Baumol, W. J./Willig, R. D.* (1981), Fixed Costs, Sunk Costs, Entry Barriers, and Sustainability of Monopoly, in: Quarterly Journal of Economics, 96, 405–31.
- Blümel, W./Pethig, R./Hagen, O. v.d.* (1986), The Theory of Public Goods: A Survey of Recent Issues, in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, 142, 241–309.
- Boadway, R.* (1973), Similarities and Differences between Public Goods and Public Factors, in: Public Finance, 28, 245–57.
- Bohm, P.* (1987), External Economies, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): The New Palgrave. A Dictionary of Economics, Band 2, 261–63
- Bowen, H. R.* (1943), The Interpretation of Voting in the Allocation of Economic Resources, in: Quarterly Journal of Economics, 58, 27–48.
- Braeutigam, R. R.* (1989), Optimal Policies for Natural Monopolies, in: Schmalensee, R.; Willig, R. D., Handbook of Industrial Organization, Band II, Kap. 23, 1290–346.
- Buchanan, J. M.* (1968), The Demand and Supply of Public Goods, Chicago.

- Burnside, C.* (1996), Production Function Regressions, Returns to Scale, and Externalities, in: *Journal of Monetary Economics*, 37, 177–201.
- Burnside, C./Eichenbaum, M./Rebelo, S.* (1995), Capital Utilization and Returns to Scale, in: *Bernanke, Ben S./Rotemberg, Julio J. (Hrsg.): NBER Macroeconomics Annual 1995*, Cambridge, Massachusetts, 67–109.
- Carlson, S.* ([1909] 1974), *A Study on the Pure Theory of Production*, 6th ed., New Jersey.
- Cassels, J. M.* (1936), On the Law of Variable Proportions, in: *Explorations in Economics: Notes and Essays in Honor of F.W. Taussig*, New York, 223–36.
- Cheung, S. N. S.* (1973), The Fable of the Bees: An Economic Investigation, in: *Journal of Law and Economics*, 16, 11–33.
- Chiang, A. C.* (1984), *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, Auckland.
- Cohen, A. J.* (1983), „The Laws of Return under Competitive Conditions“: Progress in Microeconomics since Sraffa (1926)?, in: *Eastern Economic Journal*, 9, 213–20.
- Collrepp, F. von* (1998), *Handbuch Existenzgründung; für die ersten Schritte in die dauerhaft erfolgreiche Selbstständigkeit*, Stuttgart.
- Colombier, C.* (1995), Der „firm-augmenting public input“ – ein öffentliches Gut?, in: *FISK-Diskussionsbeitrag, Band 1*, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal.
- (1997), Zwei Formen eines „factor-augmenting public input“: Kapitalgut und Dienstleistung, *FISK-Diskussionsbeitrag, Band 9*, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal.
 - (1999), The Welfare Effects of a firm-augmenting public input, in: *FISK-Diskussionsbeitrag, Band 20*, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, präsentiert auf dem 55. Kongreß des International Institute of Public Finance 1999 in Moskau, Rußland.
- Colombier, C./Pickhardt, M.* (1998), Die Bedeutung der Gutseigenschaften für die Modellierung von Zwischenprodukten und Konsumgütern, *FISK-Diskussionsbeitrag, Band 12*, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal.
- (1999a), Public Inputs – some Clarifications and a Taxonomy, *FISK-Diskussionsbeitrag, Band 17*, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal, präsentiert auf dem 47. Kongreß der International Atlantic Economic Society 1999 in Wien, Österreich, und auf dem 55. Kongreß des International Institute of Public Finance 1999 in Moskau, Rußland.
 - (1999b), Public Inputs – some Clarifications and a Taxonomy, *Research Note*, in: *International Advances in Economic Research*, 5, 513–14.
- Courant, R.* (1972), *Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung*, Band 2, 4. Aufl., Berlin.
- Demsetz, H.* (1995), *The Economics of the Business Firm*, Cambridge, USA.

- (1997), The Firm in Economic Theory: A Quiet Revolution, in: American Economic Review, Papers and Proceedings, 87, 426–29.
- Dose, N./Drexler, A.* (1988), Technologieparks: Voraussetzungen, Bestandsaufnahme und Kritik, Opladen.
- Eatwell, J.* (1987), Returns to Scale, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): The New Palgrave. A Dictionary of Economics, Band 4, 165–66.
- Feehan, J. P.* (1989). Pareto-Efficiency with three Varieties of Public Input, in: Public Finance, 44, 237–48.
- (1997), Public Inputs and Optimal Provision of the Hicksian Variety, first version, St. Johns, Canada: Memorial University of Newfoundland.
- (1998), Public Investment: Optimal Provision of Hicksian Public inputs, in: Canadian Journal of Economics, 31, 693–707.
- Ferguson, C. E.* (1969), The Neoclassical Theory of Production and Distribution, London.
- Fisher, W. H./Turnovsky, S. J.* (1995), The Composition of Government Expenditure and its Consequences for Macroeconomic Performance, in: Journal of Economic Dynamics and Control, 19, 747–86.
- (1998), Public Investment, Congestion, and Private Capital Accumulation, in: Economic Journal, 108, 399–413.
- Frisch, R.* (1965), Theory of Production, Dordrecht.
- Futagami, K./Mino, K.* (1995). Public Capital and Patterns of Growth in the Presence of Threshold Externalities, in: Journal of Economics, 61, 123–146.
- Futagami, K./Morita, Y./Shibata, A.* (1993), Dynamic Analysis of an Endogenous Growth Model with Public Capital, in: Scandinavian Journal of Economics, 95, 607–27.
- Glomm, G./Ravikumar, B.* (1994), Public Investment in Infrastructure in a simple Growth Model, in: Journal of Economic Dynamics and Control, 18, 1173–87.
- Gramlich, E. M.* (1994), Infrastructure Investment: A Review Essay, in: Journal of Economic Literature, 32, 1176–96.
- Haß, O./Reichel, R.* (1996), Das Gesetz von der fallenden Grenzrate der Substitution und das Gesetz vom fallenden Ertragszuwachs bei homogenen bzw. homothetischen Produktionsfunktionen, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 95, 629–33.
- Hedtkamp, G.* (1995), Die Bedeutung der Infrastruktur in makroökonomischer Sicht, in: Oberhauser, A. (Hrsg.): Finanzierungsprobleme der deutschen Einheit III. Aufbau der Infrastruktur und kommunaler Finanzausgleich, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 229, Berlin, 10–69.
- Henderson, J. E./Quandt, R. E.* (1983), Mikroökonomische Theorie, 5., überarb. Aufl., München.
- Henderson, J. V.* (1974), A Note on the Economics of Public Intermediate Inputs, in: Economica, 41, 123, 323–27.

- Hesse, H./Linde, R.* (1976), Gesamtwirtschaftliche Produktionstheorie. Band 1, Würzburg/Wien.
- Hicks, J.* (1973), Capital and Time. A Neo-Austrian Theory, Oxford.
- Hillman, A. L.* (1978), Symmetries and Asymmetries between Public Input and Public Good Equilibria, in: Public Finance, 33, 269–79.
- Homburg, S.* (1993), Eine Theorie des Länderfinanzausgleichs, in: Finanzarchiv, 50, 458–86.
- Jha, R./Murty, M. N./Rao Bhaskara, B.* (1993). An Analysis of Technical Change, Factor Substitution and Economies of Scale in Manufacturing Industries in India, in: Applied Economics, 25, 1337–43.
- Johnson, D.B.* (1973), Meade, Bees, and Externalities, in: Journal of Law and Economics, 16, 35–66.
- Kaizuka, K.* (1965), Public Goods and Decentralization of Production, in: Review of Economics and Statistics, 47, 118–20.
- Kaldor, N.* (1934), The Equilibrium of the Firm, in: Economic Journal, 44, 60–76
– (1972), The Irrelevance of Equilibrium Economics, in: Economic Journal, 82, 1237–55.
- Kaufer, E.* (1980), Industrieökonomik. Eine Einführung in die Wettbewerbstheorie, München.
- Kistner, K.-P.* (1993), Produktions- und Kostentheorie, 2. vollständ. überarb. u. erw. Aufl., Wien.
- Kohli, U.* (1985), Technology and Public Goods, in: Journal of Public Economics, 26, 379–400.
- Koopmans, T. C.* (1957), Three Essays on the State of Economic Science, New York.
- Koutsoyiannis, A.* (1976), Modern Microeconomics, London.
- Krelle, W.* (1969), Produktionstheorie. Teil I der Preistheorie, 2. Aufl., Tübingen.
- Larson, B.* (1991). A Dilemma in the Theory of Short-Run Production and Cost, in: Southern Economic Journal, 58, 465–74.
- Lehmann-Grube, U.* (1994), Firm- und Factor-Augmenting Public Input – Revisited, Diskussionsbeiträge zum regionalen Standortwettbewerb, Band 4, Hamburg: Universität Hamburg – Institut für Allokation und Wettbewerb.
- Leibenstein, H.* (1966), Allocative Efficiency vs. „X-Efficiency“, in: American Economic Review, 56, 392–415.
- Malkin, J./Wildavsky, A.* (1991), Why the traditional Distinction between Public and Private Goods should be abandoned, in: Journal of Theoretical Politics, 3, 355–78.
- Manning, R./McMillan, J.* (1979), Public Intermediate Goods, Production Possibilities, and International Trade, in: Canadian Journal of Economics, 12, 243–57.

- (1982), The Scale Effect of Public Goods on Production-Possibility Sets, in: Kemp, M. C. (Hrsg.): *Production Sets, Economic Theory, Econometrics, and Mathematical Economics*, New York, 119–32.
- Mansfield, E.* (1994), *Applied Microeconomics*, New York.
- Matsumoto, M.* (1998), A Note on Tax Competition and Public Input Provision, in: *Regional Science and Urban Economics*, 28, 465–73.
- Maußner, A./Klump, R.* (1996), *Wachstumstheorie*, Berlin.
- McMillan, J.* (1979), A Note on the Economics of Public Intermediate Goods, in: *Public Finance*, 34, 293–99.
- Meade, J. E.* (1952), External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation, in: *Economic Journal*, 62, 54–67.
- (1973), *The Theory of Economic Externalities*, International Economics Series, Vol. 2, Leiden.
- Mohring, H.* (1976), *Transportation Economics*, Cambridge. Massachussets.
- Moritz, K. H./Schuhknecht, B./Spielkamp, A.* (1994). *Mikroökonomische Theorie der Unternehmung*, München.
- Munnell, A. H.* (1990), How does Public Infrastructure affect Regional Economic Performance?, in: Munnell, Alicia H. (Hrsg.): *Is there a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series, Band 34, 69–103.
- (1992), Infrastructure Investment and Economic Growth, in: *Journal of Economic Perspectives*, 6, 189–98.
- Musgrave, R. A.* (1959), *The Theory of Public Finance*, Tokyo.
- (1969), Provision for Social Goods, in: Margolis, J.; Guitton, H. (Hrsg.): *Public Economics*, London, 124–44.
- Musgrave, R./Musgrave, P./Kullman, L.* (1994), *Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis*, Band 1, 6. Aufl., Tübingen.
- Negishi, T.* (1973), The Excess of Public Expenditures on Industries, in: *Journal of Public Economics*, 2, 231–40.
- (1976), The Excess of Productive Public Expenditures, in: *Zeitschrift für Nationalökonomie*, 36, 85–94.
- Oakland, W. H.* (1987), Theory of Public Goods, in: Auerbach, A. J./Feldstein, M. (Hrsg.), *Handbook of Public Economics*, 485–535.
- Panico, C./Petri, F.* (1987), Long-Run and Short-Run, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, Band 3, 238–40.
- Penrose, E. T.* (1980), *The Theory of the Growth of the Firm*, 2. Aufl., Oxford.
- Pfähler, W./Hofmann, U./Lehmann-Grube, U.* (1995), *Infrastruktur und Wirtschaftsentwicklung. Kritische Bestandsaufnahme, Erweiterungen und Fallstudien*, in: Oberhauser, A. (Hrsg.): *Finanzierungsprobleme der deutschen Einheit III. Aufbau der Infrastruktur und kommunaler Finanzausgleich*, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 229, Berlin, 71–187.

- Pfähler, W./Lorz, J. O.* (1994/95), Optionen der deutschen Standortpolitik, in: Kantzenbach, Erhard/Mayer, Otto G. (Hrsg.): Deutschland im internationalen Standortwettbewerb, 1. Aufl., Baden-Baden, 119–64.
- Pickhardt, M.* (1997), Was sind öffentliche Güter?, FISK-Diskussionsbeitrag, Band 8, Bergische Universität Gesamthochschule Wuppertal.
- (1998), Hochschulbildung: Gutseigenschaften und Bereitstellungsmöglichkeiten, in: Das Wirtschaftsstudium, 27, 44–46.
- Podrecca, E.* (1993), Recent Growth Theories: An Assessment, in: Rivista Internazionale di Scienze Economiche e Commerciali, 40, 411–22.
- Richter, W.* (1994), The Efficient Allocation of Local Public Factors in Tiebout's Tradition, in: Regional Science and Urban Economics, 24, 323–40.
- Richter, W./Seitz, H./Wiegard, W.* (1996), Steuern und unternehmensbezogene Staatsausgaben als Standortfaktoren, in: Siebert, H. (Hrsg.): Steuerpolitik und Standortqualität. Expertisen zum Standort Deutschland, Tübingen, 13–47.
- Richter, W./Wellisch, D.* (1996), The Provision of Local Public Goods and Factors in the Presence of Firm and Household Mobility, in: Journal of Public Economics, 60, 73–93.
- Roloff, O.* (1998), A Theory of Public Input Provision, FISK Diskussionsbeitrag, Band 14, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Bergische Universität-Gesamthochschule Wuppertal, präsentiert auf dem 53. Kongreß des International Institute of Public Finance 1997 in Kyoto, Japan.
- Romer, P. M.* (1990), Are Non-Convexities Important for Understanding Growth?, in: American Economic Review, 80, 97–103.
- (1994), The Origins of Endogenous Growth, in: Journal of Economic Perspectives, 8, 3–22.
- Samuelson, P. A.* (1954), The Pure Theory of Public Expenditure, in: Review of Economics and Statistics, 36, 387–89.
- (1955), Diagrammatic Exposition of a Theory of Public Expenditure, in: The Review of Economics and Statistics, 37, 350–56.
- (1969), Pure Theory of Public Expenditure and Taxation, in: Margolis, J.; Guitton, H. (Hrsg.): Public Economics. London, 98–123.
- Sandmo, A.* (1972), Optimality Rules for the Provision of Collective Factors of Production, in: Journal of Public Economics, 1, 149–57.
- Schuke, A.* (1977), Theorie des Unternehmens. Eine Untersuchung des approximativen Erklärungswertes des traditionellen ökonomischen Modells, Frankfurt/New York.
- Seitz, H.* (1994), Lokale Infrastrukturversorgung, Besteuerung und interregionaler Wettbewerb. Theoretische Aspekte und empirische Befunde, hektographiert, Habilitationsschrift, Universität Mannheim.
- Silvestre, J.* (1987), Economies and Diseconomies of Scale, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): The New Palgrave. A Dictionary of Economics, Band 2, 80–4.

- Sinn, H.-W. (1997), The Selection Principle and Market Failure in Systems Competition, in: *Journal of Public Economics*, 66, 247–74.
- Smith, A. ([1789] 1993), *Der Wohlstand der Nationen*, 6. Aufl., München.
- Söllner, F. (1997), Öffentliche Güter, in: *Das Wirtschaftsstudium*, 26, 35–38.
- Sraffa, P. ([1925] 1986), Über die Beziehungen zwischen Kosten und produzierter Menge, in: Schefold, B. (Hrsg.): *Ökonomische Klassik im Umbruch*. Frankfurt, 137–93.
- Stiglitz, J. E./Schönfelder, B. (1989), *Finanzwissenschaft*, 2. Aufl., München.
- Stobbe, A. (1991), *Mikroökonomik*, 2., rev. Aufl., Heidelberg.
- Sturm, J.-E./Haan, J. de/Kuper, G. H. (1998). Modelling Government Investment and Economic Growth: A Review and Some Evidence, in: Shibata, H./Ihori, T. (Hrsg.): *The Welfare State, Public Investment, and Growth*, 61–83, Tokyo.
- Sydsaeter, K./Hammond, P. J. (1995), *Mathematics for Economic Analysis*, New Jersey.
- Tatom, J. A. (1991), Public Capital and Private Sector Performance, in: *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 73, 3–15.
- Tausch, C. (1999). Non-identical Regions, Congestible Public Factors, and Fiscal Competition, in: *Finanzarchiv*, 55, 328–42.
- Tawada, M. (1980), The Production Possibility Set with Public Intermediate Goods, in: *Econometrica*, 48, 1005–12.
- Tawada, M./Okamoto, H. (1983), International Trade with a Public Intermediate Good, in: *Journal of International Economics*, 15, 101–15.
- Turnovsky, S. J. (1996), Optimal Tax, Debt, and Expenditure Policies in a growing Economy, in: *Journal of Public Economics*, 60, 21–44.
- Varian, H. R. (1985), *Mikroökonomie*, 2., völlig überarb. u. stark erw. Aufl., München.
- (1996), *Intermediate Microeconomics*, 4. Aufl., New York.
- Vickrey, W. S. (1969), Congestion Theory and Transport Investment, in: *American Economic Review*, 59, 251–60.
- Walters, A. A. (1987), Congestion, in: Eatwell, John et al. (Hrsg.): *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, Band 1, 570–73.
- Walz, U./Wellisch, D. (1996), Strategic Provision of Local Public Inputs for Oligopolistic Firms in the Presence of Endogenous Locational Choice, in: *International Tax and Public Finance*, 3, 175–89.
- Wellisch, D. (1995), *Dezentrale Finanzpolitik bei hoher Mobilität*, Tübingen.
- Wildasin, D. E. (1986), *Urban Public Finance*, New York.
- Ziesemer, T. (1995). Endogenous Growth with Public Factors and Heterogenous Human Capital Producers, in: *Finanzarchiv*, 52, 1–20.

Sachwortverzeichnis

- Aggregationsebene 39, 43, 47
- Anbieterrente 116, 128
- Angebot
 - kurzfristiges 91
 - langfristiges 90
- Anreizmechanismus
 - marktlicher 159–160
 - unternehmensinterner 159–160
- Anteilkoeffizient 125
- Arbeitsnachfrage, bedingte 89
- Arbeitsteilung 151

- Beeinträchtigungen, inputmengenmäßige 34
- Boadway-Regel 101, 109, 116, 122, 130

- creation of atmosphere 43

- diseconomies of scale 149, 155–156
- Durchschnittsertrag, maximaler 46, 155
- Durchschnittserträge 46–47, 74, 152, 157, 164
- Durchschnittskosten
 - fallende 91, 123, 149–150, 153
 - konstante 151, 157
 - minimale 89, 94, 107, 126–127
 - steigende 149, 155–156
- Durchschnittskostenelastizität 149
- Durchschnittskostenkurve
 - L-förmige 143, 162
 - U-förmige 143
- Durchschnittskostenverlauf, U-förmiger 162

- economies of scale 149–152, 154
- Effekt, unternehmensexterner 50

- Effizienz
 - brancheninterne 76
 - gesamtwirtschaftliche 74, 76, 78
 - intersektorale *siehe* Effizienz, gesamtwirtschaftliche
 - intrasektorale *siehe* Effizienz, unternehmensspezifische
 - privater Faktoren 44
 - technische 145
 - unternehmensspezifische 74, 76
- Effizienzbedingung
 - eines „factor-augmenting public input“ *siehe* Kaizuka-Regel
 - eines „firm-augmenting public input II“ 54
 - eines „firm-internal public input“ 54
 - eines „firm-augmenting public input“ *siehe* Kaizuka-Regel
 - eines „industry congested public input“ 54
 - eines „semi-public input“ 35
 - eines „semi-public input II“ 54
 - eines „unpaid factor“ 41
 - eines maximalen Nettoüberschusses 100
 - eines maximalen sozialen Überschusses 88
 - für die Unternehmensanzahl 109, 116, 131, 134
 - für ein horizontal und vertikal gemischtes Zwischenprodukt 63
 - für ein öffentliches Zwischenprodukt 24
 - für ein privates Zwischenprodukt 32
- Effizienzfaktor 44
- Effizienzregel 49, 53
- Existenzdauer 133

- factor-augmenting public input 44
- Faktor
 - eingeschränkt variierbarer 156
 - fixer 46, 113, 150, 154, 157
 - freier 155
 - homogener 148
 - langfristig fixer 113
- Faktorebene 44
- Faktorkoeffizient *siehe* Produktionskoeffizient
- firm-augmenting public input 33, 39
- firm-augmenting public input II 51
- firm-internal public input 51
- Fiski, regionale 15, 19
- Fortschritt, technischer 27, 147
- Fusion 97

- Gegenwartswert des Gewinns 133
- Gleichgewicht
 - der Marktperiode 145
 - kurzfristiges 145
 - langfristiges 146
 - produktionseffizientes 31, 109
- Gleichgewichtskonzepte 145
- Gleichgewichtsmodell, allgemeines 28, 98, 143
- Gründungskosten 131
 - irreversible 136
- Gründungsleistungen 131
- Güterkontinuum 48, 62, 65, 67
- Gütermarktangebot, vollkommen preiselastisches 127
- Gütermarktgleichgewicht 115
 - langfristiges 90, 95, 121, 128
- Gutseigenschaft 26, 43

- Hicks-Neutralität 45
- Homogenitätsgrad 146

- industry congested public input 52
- Ineffizienz, technische 147
- Infrastruktur 15–17
 - Theorie der 15
- Infrastrukturforschung, neue theoretische 15, 18, 20
- Institution, staatliche 29, 84
- Internationaler Handel 166

- Kaizuka-Regel 32, 45–46, 99
- Kapitalbestand 124–125
- Kapitalgut
 - fixed in acquisition 150
 - fixed in use 150
 - rationiertes 118
 - unteilbares 111–113, 117, 120, 124, 149–151
 - variable in acquisition 151
 - variable in use 150
- Kapitalleistung 124
- Kapitalleistungen, Angebot an 125
- Kapitalmarktangebot, vollkommen preiselastisches 114
- Kapitalmarktgleichgewicht 120
 - langfristiges 115, 128
- Kapitalmarktnachfrage
 - kurzfristige 129
 - langfristige 127, 129
 - vollkommen preisunelastische 120
- Kapitalnachfrage der staatlichen Institution 115
- Kapitalnachfrage eines Unternehmens 126
- Kapitalvariation
 - diskrete 118, 120, 125
 - kontinuierliche 118, 124
 - marginale 117
- Klassifikation
 - vertikaler Mischgüter 53
 - von Konsumgütern und Zwischenprodukten 140
 - von Zwischenprodukten 47, 54
- Konkurrenz, vollständige 84, 164
- Konsumentenrente 86
- Kontrolle 158
- Kontrollfunktion der Unternehmensleistung 158
- Kontrollkosten 158

- Koordination 160
- Koordinationskosten 160
- Kosten
 - fixe 150
 - irreversible 111
 - kurzfristig fixe 136
 - langfristig fixe 111, 113
- Kostenelastizität 148
- Kreditlaufzeit 132

- lump-sum-Finanzierung 23

- Management 157
- Marktgleichgewicht, stabiles 106
- Mindesteinsatzmenge eines Kapitalgutes 118
- Mindestgröße eines Kapitalgutes 117
- Mindestmenge eines Kapitalgutes 111, 114, 117, 149
- Mischgut
 - horizontales 48
siehe auch Zwischenprodukt, horizontal gemischtes
 - vertikales *siehe* Zwischenprodukt, vertikal gemischtes
- Mischungen I 63, 77
- Mischungen II 63, 70
- Monopol 163–164
 - natürliches 123

- Nachfragerrente 116
 - kurzfristige 128
 - langfristige 128
- Nachfragerrente der staatlichen Institution 116
- Nettoüberschuß 98, 116, 122, 128, 130, 134
- Nichtausschluß 28
- Nichtrivalität 28
- Nichtrivalität auf der Branchenebene 33, 35, 50
- Nichtrivalität auf der Faktorebene 43, 71

- Nichtrivalität auf der Unternehmensebene 33, 38, 51, 62, 71
- Nichtrivalität durch Rationierung 36
- Nichtrivalität im Konsum 26
- Nichtrivalität in der Produktion 26, 167

- Opportunitätskosten eines Freizeitsverzehrs 159
- Output, technisch mindestopimaler 163

- Pareto-Effizienz 87, 89, 102
- Pareto-optimal 28
- Pareto-Optimalität 26
- Partialanalyse 98
- Preisausschluß 26–27
- Preistheorie, neoklassische 144, 162
- Primärfaktor 29
- Produktionseffizienz 28
- Produktionselastizität 38, 43
 - variable 107
- Produktionsfunktion 145, 147
 - allgemeine Spezifikation der 164
 - homogene 29, 146
 - homothetische 147, 162
 - linearhomogene 50, 81, 84, 93, 107, 164
 - Wechsel der 147
- Produktionskoeffizient 144
- Produktionsprozeß 144
 - unteilbarer 151
- Produktionsprozeß, technisch effizienter 145
- Produktionstechnologie *siehe* Technologiemenge
- Produktionstheorie, neoklassische 144
- Produzentenrente 86

- Quasivervielfachungskonzept, des technischen Fortschritts 44

- Randlösung 110, 113
- Rationierung, ökonomische 118

- Rente 123
 - ökonomische 105, 108, 113, 135, 137
- Ressourcen, erschöpfbare 155
- Rivalität auf der Branchenebene 52
- Rivalität auf der Faktorebene 47
- Rivalität auf der Unternehmensebene 34–35
- Rivalität im Konsum 26
- Rivalität in der Produktion 26
- Rivalitätsgrad 58

- Samuelson-Bedingung 28, 35
- Selbstausschluß 29
- semi-public input 33
- semi-public input II 51
- Skaleneffekte, unternehmensinterne 142
- Skalenelastizität 146–147
- Skalenerträge 146
 - unternehmensinterne 166
- Sozialer Überschuß 86, 88, 99, 116
- Spezialisierung der Arbeit 151
- Standortkonkurrenz, fiskalische 15, 25, 166

- Technologiemenge 144
- Technologiewechsel 148
- Theorie öffentlicher Güter 67
- Theorie öffentlicher Zwischenprodukte 18
- „trade off“ im „firm-augmenting“-Fall 38, 105, 128

- Überfüllbarkeit 61
- Überfüllung zwischen Branchen 73
- Überfüllung zwischen Unternehmen einer Branche 34, 65
- Überfüllung zwischen Unternehmen verschiedener Branchen 52
- Überfüllungsgrad 58, 61

- Überfüllungskosten 68
- Unmöglichkeit eines Preisausschlusses 26
- unpaid factor 40
- Unteilbarkeitsrestriktion 112
 - Schattenpreis der 112
- Unternehmensleitung *siehe* Management
- Unternehmer *siehe* Management

- Wachstumstheorie, endogene 15, 25, 166
- Wechsel eines Produktionsprozesses
 - nicht reversibler 147
 - reversibler 148
- Wohlfahrt, gesellschaftliche 87, 110
- Wohlfahrtsmaximum 98, 100, 117, 122, 131, 135
- Wohlfahrtsoptimum *siehe* Wohlfahrtsmaximum
- Wohlfahrtsverluste 110, 137

- X-Ineffizienzen 162

- Zwei-Drittel-Regel 153
- Zwischenprodukt
 - horizontal gemischtes 61–62
 - nichtrivalisierendes *siehe* Zwischenprodukt, öffentliches
 - öffentliches 30, 167
 - privates 32
 - quasi-privates öffentliches 60
 - rivalisierendes *siehe* Zwischenprodukt, privates
 - staatlich bereitgestelltes 24
 - überfüllbares 42, 58
 - überfülltes 42
 - vertikal gemischtes 43, 48, 52, 54, 62, 64