

**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. nicht-privat, 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 nicht-privat 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

<b>A. Einleitung</b> .....	9
<b>B. Spezifikationen von Produktionsfunktionen mit einem staatlich bereitgestellten Zwischenprodukt in der neueren Literatur</b> .....	14
I. Begriffliche Abgrenzung der Infrastruktur .....	16
II. Die Infrastruktur als öffentliches Zwischenprodukt .....	18
<b>C. Die Bedeutung der Gutseigenschaften von Zwischenprodukten für die Spezifikation einer Produktionsfunktion</b> .....	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
<b>D. Begründung einer Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt</b> .....	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
<b>E. Eine allgemeine Spezifikation der Produktionsfunktion mit einem öffentlichen Zwischenprodukt .....</b>	<b>142</b>
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
<b>F. Fazit und offene Fragen .....</b>	<b>166</b>

**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

<b>Literaturverzeichnis</b> .....	225
-----------------------------------	-----

<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	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 Skalanelastizitäten 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.