Diskussionsbeiträge / Discussion Paper Series

Volkswirtschaftliches Seminar / Department of Economics
Universität Göttingen / University of Goettingen, Germany

Beitrag Nr. 119 / Issued No. 119

Regionale Verteilungseffekte der Hochschulfinanzierung und ihre Konsequenzen

Thies Büttner
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
Robert Schwager
Georg-August Universität Göttingen

Oktober 2003

ISSN 1611-7522

Regionale Verteilungseffekte der Hochschulfinanzierung und ihre Konsequenzen

Thiess Büttner
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung*

Robert Schwager
Georg-August-Universität Göttingen†
und Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

28. Oktober 2003

Zusammenfassung

Eine theoretische Analyse beleuchtet die strategische Investitionsentscheidung zweier Länder in die Ausbildung ihrer Abiturienten im Kontext von freier Studienortwahl und gebührenfreiem Studium. Die freie Inanspruchnahme des Bildungsangebots durch Abiturienten anderer Länder verursacht eine regionale Verteilungswirkung mit negativen Anreizeffekten für das Bildungsangebot - letztlich resultiert eine Unterversorgung mit Bildungsleistungen. Die Einführung einer Studiengebühr in dieser Situation erzielt eine Effizienzverbesserung. Eine empirische Analyse der Hochschulausgaben der deutschen Bundesländer zeigt, dass in der Tat umfangreiche Hochschulausgaben in der Nachbarschaft eines Landes mit geringen eigenen Bildungsausgaben einhergehen, und umgekehrt. Demnach ist die empirische Verteilung der Hochschulausgaben mit der vom theoretischen Modell postulierten strategischen Interaktion in der Bereitstellung von Bildungsleistungen vereinbar. Dies bestätigt die Vermutung, dass das steuerfinanzierte deutsche Hochschulsystem aufgrund von regionalen Verteilungseffekten zu einer Unterversorgung mit Bildungsleistungen führt.

---

*L7,1, 68161 Mannheim, Tel: 0621/1235-160, email: buettner@zew.de

†Volkswirtschaftliches Seminar, Platz der Göttinger Sieben 3, 37073 Göttingen, Tel: 0551/39-7293, email: rschwag@uni-goettingen.de

1 Einleitung

Die Diskussion um die Ausgestaltung des deutschen Hochschul- und Universitätssystems hat nicht nur eine bildungspolitische Dimension, sondern ist zugleich auch eng mit dem deutschen Föderalismus verbunden. Die Länder sind im Rahmen der föderalen Kompetenzverteilung formell verantwortlich für die Hochschulpolitik und bestimmen über ihre Rolle im Bundesrat die bundesweite Diskussion. Auch betonen viele Reformvorschläge für das Bildungssystem die Bedeutung einer dezentralen Ausgestaltung mit Wettbewerb und Eigenverantwortung der Hochschulen. Die Hochschulpolitik steht zudem in einem engen Zusammenhang mit den zentralen Kritikpunkten an der Finanzverfassung, nämlich der Politikverflechtung und dem weitgehend nivellierenden Finanzausgleich. So wird die Gemeinschaftsaufgabe Hochschulbau (Art. 91a Abs.1 Nr.1 GG) aufgrund der Mischfinanzierung seit langem kritisiert und im Hinblick auf eine Entflechtung deren Abschaffung gefordert. Schließlich spielt der Finanzausgleich eine Rolle, da die Finanzierung der Hochschulen aus den allgemeinen Finanzmitteln der Länder erfolgt, die durch den Finanzausgleich maßgeblich bestimmt werden.

Neben diesen bekannten Argumenten eröffnet eine konsequente Betrachtung der Debatte um das deutsche Hochschulsystem aus einer föderalen Perspektive darüber hinaus den Blick auf eine weitgehend vernachlässigte Konsequenz der gebührenfreien Hochschulfinanzierung: indem die Universitäten nicht nur dem Nachwuchs der Bürger des eigenen Landes zur Verfügung stehen sondern in einem erheblichen Umfang auch vom Nachwuchs der Bürger anderer Länder genutzt werden, ohne dass eine substanzielle Eigenbeteiligung fällig wird, fallen der Nutzen und die Zahllast der Ausgaben für die Hochschulbildung in regionaler Hinsicht auseinander. Hier ergibt sich neben der üblicherweise im Kontext von Studiengebühren diskutierten personellen Verteilungswirkung der Hochschulfinanzierung (z.B. Grüske, 1994, und Barbaro, 2002) eine regionale Verteilungswirkung mit möglicherweise bedeutsamen negativen Anreizeffekten auf das Bildungsangebot. Denn während eine begrenzte Umverteilung innerhalb lokaler Gebietskörperschaften nach dem bekannten Argument von Pauly (1973) durchaus auch im Sinne der Bürger sein kann, wiegt eine Umverteilung zugunsten von Ortsfremden doppelt schwer.

Tabelle 1 gibt einen Eindruck von der Bedeutung der regionalen Verteilungwirkung. In den Spalten (1) und (2) ist die Zahl der Studierenden differenziert nach dem Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung abgetragen – im folgenden wird das Land des Erwerbs der Hochschulzugangsberechtigung vereinfachend als das Heimatland des Abiturienten bezeichnet. Spalte (3) zeigt die Zahl

Tabelle 1: Studierende mit Erwerb der Hochschulzugangsberechtigung im eigenen oder fremden Land an eigenen oder fremden Universitäten

	Erwerb der Berechtigung im eigenen Land und Studium an eigenen Universitäten	fremden Land und Studium an eigenen Universitäten	eigenen Land und Studium an fremden Universitäten	Selbst-ausbil-dungs quote	Ange-bots-koef-fizient
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Schleswig Holstein	13356	11126	19889	0.40	0.74
Hamburg	22298	24975	9366	0.70	1.49
Niedersachsen	65408	38517	50188	0.57	0.90
Bremen	8109	9843	6853	0.54	1.20
Nordrhein-Westfalen	214301	63492	58427	0.79	1.02
Hessen	53027	36069	36218	0.59	1.00
Rheinland-Pfalz	24042	31866	28248	0.46	1.07
Baden-Württemberg	69423	43614	43145	0.62	1.00
Bayern	105243	46536	22136	0.83	1.19
Saarland	17916	15822	5604	0.76	1.43
Berlin	46933	56138	8554	0.85	1.86
Brandenburg	8122	11816	13933	0.37	0.90
Mecklenburg-Vorpommern	10863	7039	7838	0.58	0.96
Sachsen	33119	22373	11192	0.75	1.25
Sachsen Anhalt	13216	7457	12901	0.51	0.79
Thüringen	15484	10754	10347	0.60	1.02

Definitionen siehe Text. Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Studierendenstatistik. Studierende an Universitäten.

der Abiturienten eines Landes, die in einem anderen Land studieren, Spalte (4) gibt den zugehörigen Anteil an allen studierenden Abiturienten eines Landes an. Hier zeigen sich erhebliche Unterschiede: Während 85 % der Berliner Abiturienten im eigenen Land studieren, liegt der zugehörige Anteil in Brandenburg lediglich bei 37 %. Eine nicht in der Tabelle aufgeführte Auswertung zeigt denn auch, dass der Anteil der in Berlin Studierenden an allen studierenden Abiturienten aus Brandenburg, nicht weniger als 31 % beträgt. Nun gibt Spalte (4) nur einen Eindruck von der Inanspruchnahme der Bildungsleistungen eines anderen Landes. Die Leistung eines Landes an andere wird dagegen durch den Angebotskoeffizient in Spalte (5) angezeigt. Er gibt das Verhältnis der Zahl der im Land insgesamt Studierenden zu der Zahl der studierenden Abiturienten eines Landes an. Für einige Länder mit Berlin an der Spitze zeigen sich Werte deutlich über Eins, wonach mehr Bildungsleistungen angeboten werden als von den Abiturienten dieser Länder insgesamt in Anspruch genommen werden. Für eine Reihe von Ländern zeigen sich aber auch Koeffizienten deutlich unterhalb von Eins; sie bieten weniger Bildungsleistungen an als deren Abiturienten ingesamt nachfragen. Obschon sie nur eine grobe Quantifizierung liefern verdeutlichen diese Zahlen die erhebliche Bedeutung der überregionalen Inzidenz der Hochschulausgaben. Offenbar überlassen einige Länder die Ausbildung derer, die in ihrem Land die Hochschulzugangsberechtigung erworben haben, zu einem teilweise erheblichen Teil anderen Ländern. Zugleich bieten einige Länder ingesamt erheblich weniger Bildungsleistungen an als die Studenten nachfragen, die in diesen Ländern die Hochschulzugangsberechtigung erworben haben.

Der freie Hochschulzugang und die Mobilität der Studenten führen offenbar zu substanziellen regionalen Verteilungseffekten: vor allem Länder in der Nachbarschaft von bedeutenden Hochschulorten kommen in den Genuß zusätzlicher Bildungsangebote ohne zu der Finanzierung beitragen zu müssen, die eigenen Hochschulausgaben der Länder kommen demgegenüber auch den Bürgern anderer Länder zu Gute. Diese Situation ist aus finanzwissenschaftlicher Sicht bedenklich, unterminiert die positive fiskalische Externalität doch den Anreiz der Länder, eigene Bildungsanstrengungen zu tätigen. Das Auftreten dieser fiskalischen Externalität ist aber keineswegs zwangsläufig sondern vielmehr Ergebnis der bestehenden Form der Hochschulfinanzierung, die keine substanzielle Eigenbeteiligung der Studenten vorsieht. Eine Änderung der Finanzierung hin zu Gebühren könnte von daher durchaus geeignet sein, eine Effizienzverbesserung zu erzielen.

Vor diesem Hintergrund zielt die vorliegende Arbeit auf eine theoretische und empirische Analyse der Bereitstellung von Hochschulbildung durch die Länder im Kontext mobiler Studenten. Im Rahmen einer theoretischen Analyse wird die strategische Investitionsentscheidung in die Ausbildung der Bürger eines Landes untersucht. Zunächst wird das unter einer Nash-Annahme resultierende Gleichgewicht in der Bereitstellung von Hochschulbildung bestimmt. Danach wird das Gleichgewicht durch den Vergleich mit einer effizienten Lösung bewertet und die Einführung von Studiengebühren diskutiert. Im Anschluß an die theoretische Analyse wird untersucht, inwieweit die Aussagen des theoretischen Modells geeignet sind, die tatsächlichen Ausgaben der Länder im Bereich der Hochschulen zu erklären.

2 Ein strategisches Modell der Hochschulpolitik

Es gibt zwei Länder $i = 1, 2$, die Hochschulen in der Qualität $q_i \in [0, \overline{q}]$ anbieten. Ein Student, der eine Hochschule mit Qualität q_i besucht hat, erzielt auf dem weltweit integrierten Arbeitsmarkt einen Lohn in Höhe von $w(q_i)$. Bessere Ausbildung erhöht den Lohn, $w'(q_i) > 0$, allerdings mit abnehmendem Grenzertrag, $w''(q_i) < 0$.

Um die Hochschulqualität q_i bereitzustellen, muss Land i Kosten in Höhe von $c_i(q_i) \equiv \gamma_i c(q_i)$ aufwenden. Die Kostenfunktion $c(q_i)$ weist positive, nicht fallende Grenzkosten auf, d.h. $c'(q_i) > 0$, $c''(q_i) \geq 0$. Die Parameter $\gamma_i > 0$ drücken landesspezifische Kostenunterschiede aus. So ist es beispielsweise denkbar, dass es in Ballungszentren teurer ist, eine Universität zu betreiben, oder dass die niedrigere Lebensqualität in manchen Regionen durch eine bessere Ausstattung oder ein höheres Gehalt der Professoren kompensiert werden muss.

Eine gute Hochschule schlägt sich nicht nur in höheren Löhnen der Absolventen nieder, sondern bringt dem Land, in dem sie angesiedelt ist, weitere Vorteile. Beispielsweise können die Unternehmen der Region von der Forschungskompetenz einer Universität profitieren, oder die Landespolitik kann durch kompetente wirtschaftswissenschaftliche Beratung verbessert werden. Insbesondere ist an allfällige Humankapitalexternalitäten zu denken, die durch eine gut ausgebildete Arbeitnehmerschaft entstehen und nicht in den Löhnen vergütet werden. Derartige Erträge werden kurz als Forschungsertrag bezeichnet. Sie sind für jedes Land in der Funktion $s_i(q_i) \equiv \sigma_i s(q_i)$ zusammengefasst, mit $s'(q_i) \geq 0$ und $s''(q_i) \leq 0$. Diese Funktion wird ebenso wie $c_i(\cdot)$ durch einen für beide Länder gemeinsamen Term $s(\cdot)$ und einen landesspezifischen Lageparameter $\sigma_i > 0$ definiert. Unterschiede in den Forschungserträgen können zum Beispiel daraus resultieren, dass wissenschaftliche Erkenntnisse in Ballungsgebieten auf Grund einer innovationsorientierten Branchenstruktur zu größeren Produktivitätssteigerungen führen als in ländlichen Regionen.

In jedem Land lebt ein Kontinuum von Familien der Masse 1 mit je einem Kind, das Abitur hat und studieren wird. Die Familien unterscheiden sich durch die individuellen Migrationskosten $\mu \in [\underline{\mu}, \overline{\mu}]$, die das jeweilige Kind auf sich nehmen muss, wenn es im anderen Land studiert. Diese Kosten beziehen nicht nur Transportkosten oder Kosten der doppelten Haushaltsführung mit ein, sondern drücken auch die nicht-monetären Nutzeneinbußen aus, die durch ein Leben fern vom Heimatort entstehen. Da der letzte Aspekt vielleicht von manchen jungen Erwachsenen durchaus geschätzt wird, sind auch negative Werte von μ zugelassen, d.h. $\underline{\mu}$ muss nicht positiv sein. In beiden Ländern ist μ gemäß derselben Verteilungsfunktion $F(\mu)$ verteilt, deren Dichte mit $f(\mu)$ bezeichnet wird. Der obere Rand des Trägers $[\underline{\mu}, \overline{\mu}]$ darf unendlich sein, solange der Erwartungswert von μ endlich ist. Daneben gibt es landesspezifische Migrationskosten δ_i, die für alle Individuen aus demselben Herkunftsland i gleich sind, sich aber zwischen den Herkunftsländern unterschieden können.

Ein Abiturient aus Land 1 entscheidet sich für ein Studium im Land 2, wenn der Lohn, der durch die dortige Hochschulqualität möglich wird, abzüglich beider Arten von Umzugskosten größer ist als der Lohn, der nach einem Studium an der heimischen Universität erwartet werden kann. Formal bedeutet dies, dass für ein Studium im anderen Land $w(q_2) - \delta_1 - \mu \geq w(q_1)$ bzw.

$$\mu \leq \mu_1(q_1, q_2) \equiv w(q_2) - w(q_1) - \delta_1 \tag{1}$$

gelten muss. Der Abiturient aus Land 1 mit den individuellen Migrationskosten $\mu_1(q_1, q_2)$ ist gerade indifferent zwischen beiden Studienorten, wenn die Hochschulen im Land 1 bzw. 2 die Qualität q_1 bzw. q_2 aufweisen und der landesweite Umzugskostenparameter im Land 1 den Wert δ_1 annimmt. Analog dazu gibt

$$\mu_2(q_1, q_2) \equiv w(q_1) - w(q_2) - \delta_2 \tag{2}$$

den höchsten Migrationskostenparameter an, mit dem ein Abiturient aus Land 2 zum Studium ins Land 1 zieht. Die Anzahl der Abiturienten des Landes i, die im eigenen Land i studieren, ist dann $1 - F(\mu_i(q_1, q_2))$, während $F(\mu_i(q_1, q_2))$ Abiturienten aus i zum Studium in das Land j ziehen.

Die Hochschulpolitik des Landes $i, j = 1, 2,\ j \neq i$ wird an der Zielfunktion

$$\begin{aligned} W_i(q_1, q_2) \;\; &\equiv \;\; \int_{\underline{\mu}}^{\mu_i(q_1,q_2)} \Big[w(q_j) - \delta_i - \mu\Big] dF(\mu) \\ &\quad + \Big[1 - F(\mu_i(q_1, q_2))\Big] w(q_i) \; + \; \sigma_i s(q_i) \; - \; \gamma_i c(q_i) \end{aligned} \tag{3}$$

ausgerichtet. Der erste Term auf der rechten Seite von (3) gibt den aggregierten Lohn abzüglich der Migrationskosten von all denjenigen Abiturienten des

Landes i wieder, die im anderen Land j studieren. Der zweite Term drückt den gesamten Lohn der aus Land i stammenden Abiturienten aus, die im eigenen Land studieren. Die beiden letzten Ausdrücke sind der Forschungsertrag und die Hochschulausgaben. In dieser Zielfunktion werden die Löhne bzw. Umzugskosten der ins Land i einwandernden Studenten nicht berücksichtigt. Dies lässt sich damit begründen, dass die Politik im Land i von den als immobil angesehenen Eltern der einheimischen Abiturienten bestimmt wird. Diese sind ausschließlich am Nutzen ihrer eigenen Kinder interessiert, jedoch unabhängig von deren Studienort.

Für die Analyse des Modells werden zwei Annahmen auferlegt, die Mobilität und Ausbildungsertrag in Beziehung setzen.

Annahme 1

(i) $w(0) = 0,\ w'(0) = \infty,$

(ii) $2w'(\overline{q}) + \sigma_i s'(\overline{q}) < \gamma_i c'(\overline{q}) \quad$ *für* $i = 1, 2,$

(iii) $F(\mu_1(0, \overline{q})) < 1,\ F(\mu_2(\overline{q}, 0)) < 1.$

Gemäß der ersten Aussage in Annahme 1 erreicht ein Student mit der denkbar schlechtesten Ausbildung einen auf null normierten Lohn, während die erste Einheit Hochschulinvestition zu einer unendlichen marginalen Lohnsteigerung führt. Teil (*ii*) fordert, dass ausgehend von der maximal möglichen Hochschulqualität eine marginale Senkung der Qualität den aggregierten Lohn aller Studenten -die insgesamt das Maß 2 haben- und den Forschungsertrag weniger senkt als die Kosten. Annahme 1(*iii*) schließlich besagt, dass selbst dann noch Studenten im Land verbleiben, wenn die heimische Universität den maximal möglichen Qualitätsrückstand gegenüber der Universität des anderen Landes aufweist. Da es vermutlich einige Studenten gibt, für die ausschließlich persönliche Umstände und nicht die Qualität der Ausbildung bei der Studienortwahl von Bedeutung sind, erscheint diese Einschränkung der Mobilität der Studentenschaft nicht unrealistisch. Annahme 1 insgesamt stellt innere Lösungen für die optimalen Qualitätsentscheidungen der Länder sicher.

Für die zweite Annahme werden zunächst die Elastizitäten

$$\begin{aligned}
\eta_i(q_1, q_2) &\equiv \frac{f(\mu_i(q_1, q_2))w'(q_i)q_i}{1 - F(\mu_i(q_1, q_2))} \\
\omega_i(q_1, q_2) &\equiv \frac{[f(\mu_i(q_1, q_2)) + f(\mu_j(q_1, q_2))]w'(q_i)q_i}{1 - F(\mu_i(q_1, q_2)) + F(\mu_j(q_1, q_2))} \\
\epsilon(q_i) &\equiv -\frac{w''(q_i)q_i}{w'(q_i)}
\end{aligned}$$

definiert. Die Größe $\eta_i(q_1, q_2)$ setzt die relative Veränderung der Zahl der im Land i verbliebenen Abiturienten dieses Landes, $1 - F(\mu_i)$, ins Verhältnis zur relativen Erhöhung der Universitätsqualität q_i im eigenen Land. Diese Elastizität drückt somit aus, wie stark die einheimischen Abiturienten in ihrer Studienortwahl auf Veränderungen der Qualität der heimischen Universität reagieren. Mit $\omega_i(q_1, q_2)$ ist der entsprechende Zusammenhang für die Gesamtzahl der im Land i eingeschriebenen Studenten, unabhängig von ihrer Herkunft, bezeichnet. Hier wird die relative Veränderung der Studentenzahl im Land i, $1 - F(\mu_i) + F(\mu_j)$, in Beziehung zur relativen Verbesserung der Qualität der Universität des Landes i gesetzt. Der Ausdruck $\epsilon(q_i)$ schließlich ist die (als positive Zahl definierte) Elastizität der Funktion $w'(q_i)$ in Bezug auf die Hochschulqualität q_i. Die Zahl $\epsilon(q_i)$ gibt somit an, wie schnell die durch Qualitätssteigerung erreichten Lohnzuwächse abnehmen.

Annahme 2

Für alle $0 < q_1, q_2 < \overline{q}$ *und* $i = 1, 2$ *gilt*

(i) $2\eta_i(q_1, q_2) < \epsilon(q_i)$,

(ii) $2\omega_i(q_1, q_2) < \epsilon(q_i)$.

Diese Annahme besagt, dass die Elastizität des marginalen Lohneffekts einer Qualitätssteigerung doppelt so groß sein muss wie die Elastizität der Zahl der im Land bleibenden (*i*) bzw. insgesamt eingeschriebenen (*ii*) Studenten. Inhaltlich bedeutet dies, dass nach einer Steigerung der Hochschulqualität der erreichbare Lohnzuwachs deutlich schneller abnimmt als die Studentenzahl zunimmt. Auch mit dieser Annahme wird eine nur moderate Mobilitätsbereitschaft der Studenten gefordert, während die marginale Bildungsrendite sehr rasch sinkt. Annahme 2(*i*) induziert Konkavität der Zielfunktion W_i in der eigenen Hochschulqualität q_i und stellt darüber hinaus die Eindeutigkeit des nichtkooperativen Gleichgewichts sicher. Annahme 2(*ii*) leistet entsprechendes für die gesamtwirtschaftliche Optimierungsaufgabe.

3 Hochschulqualität im Gleichgewicht

In diesem Abschnitt wird analysiert, wie die beiden Länder ihre jeweilige Hochschulqualität wählen, wenn sie nur an ihrer eigenen Zielfunktion interessiert sind. Beide Länder entscheiden simultan über q_i und antizipieren die Mobilitätsentscheidung der Abiturienten. Für gegebene Hochschulqualität q_j des anderen Landes j erfüllt eine optimale Enscheidung q_i, die positiv aber niedriger als der maximal mögliche Wert $\overline{q}$ ist, die Bedingung erster Ordnung

$$\begin{aligned}
0 &= \frac{\partial W_i(q_1, q_2)}{\partial q_i} \\
&= \Big\{[w(q_j) - \delta_i - \mu_i(q_1, q_2)] - w(q_i)\Big\} f(\mu_i(q_1, q_2)) \frac{\partial \mu_i(q_1, q_2)}{\partial q_i} \\
&\quad + \Big[1 - F(\mu_i(q_1, q_2))\Big] w'(q_i) + \sigma_i s'(q_i) - \gamma_i c'(q_i).
\end{aligned}$$

Durch Ersetzen von $\mu_i(q_1, q_2)$ gemäß (1) bzw. (2) erkennt man, dass der erste Summand auf der rechten Seite dieser Gleichung null ist. Somit lautet die Bedingung erster Ordnung

$$\Phi_i(q_1, q_2) + \sigma_i s'(q_i) - \gamma_i c'(q_i) = 0. \tag{4}$$

Hierbei ist

$$\Phi_i(q_1, q_2) \equiv \Big[1 - F(\mu_i(q_1, q_2))\Big] w'(q_i) \tag{5}$$

der durch Ausbildung der Landeskinder erreichte Grenzertrag einer Verbesserung der Hochschulqualität aus Sicht des Landes i. Dieser ergibt sich aus dem marginalen Lohnzuwachs $w'(q_i)$, den ein Absolvent der Universität des Landes i durch die Qualitätssteigerung erfährt, multipliziert mit der Anzahl der im eigenen Land studierenden Abiturienten des Landes i, $1 - F(\mu_i(q_1, q_2))$. Dieser Ausbildungsgrenzertrag muss im Optimum zusammen mit dem Forschungsgrenzertrag $\sigma_i s'(q_i)$ so groß sein wie die Grenzkosten $\gamma_i c'(q_i)$ einer Verbesserung der Hochschulqualität.

Die optimale Entscheidung eines Landes kann niemals $q_i = 0$ oder $q_i = \overline{q}$ sein. Dies sieht man zum einen daran, dass $[1 - F(\cdot)]w'(\overline{q}) \leq 2w'(\overline{q})$, weshalb nach Annahme 1(ii) die linke Seite in (4) negativ sein muss, wenn $q_i = \overline{q}$. Zum anderen ist gemäß Annahme 1(iii) $1 - F(\cdot) > 0$, selbst wenn $q_i = 0$ gilt. Deshalb und wegen Aussage (i) sind an der Stelle $q_i = 0$ der Ausbildungsgrenzertrag, und damit auch die linke Seite von (4) unendlich.

Ableiten von (5) liefert

$$\frac{\partial \Phi_i(q_1, q_2)}{\partial q_i} = [1 - F(\mu_i)] w''(q_i) + f(\mu_i)[w'(q_i)]^2 \ < \ 0. \tag{6}$$

Das Vorzeichen dieses Ausdrucks folgt aus Annahme 2(i), da $\partial \Phi_i / \partial q_i$ genau dann negativ ist, wenn $\eta_i(q_1, q_2) < \epsilon(q_i)$. Da auch $\sigma_i s''(q_i) \leq 0$ und $-\gamma_i c''(q_i) \leq 0$ sind, beschreibt die Bedingung erster Ordnung ein Maximum der Zielfunktion des Landes i für gegebene Hochschulqualität des Landes j.

Gleichung (4) definiert deshalb implizit die Reaktionsfunktion $q_i = Q_i(q_j)$ des Landes i auf die Qualitätsentscheidung des Landes j.

Die Konkavität der Zielfunktion W_i folgt im vorliegenden Modell noch nicht alleine aus der Konkavität der Lohnfunktion $w(q_i)$. Dies liegt daran, dass eine Erhöhung der Hochschulqualität die Zahl der im Land verbliebenen Studenten erhöht. Der marginale Lohneffekt $w'(q_i)$ kommt nun mehr Abiturienten zu Gute, was für sich genommen den Ausbildungsgrenzertrag steigert. Annahme 2(*i*) begrenzt diesen Effekt verglichen mit dem Ausmaß der Konkavität von w, so dass der Ausbildungsgrenzertrag dennoch in der eigenen Hochschulqualität abnimmt.

Mit Hilfe der Ableitung des Ausbildungsgrenzertrages (5) nach der Hochschulqualität des anderen Landes $j \neq i$,

$$\frac{\partial \Phi_i(q_1, q_2)}{\partial q_j} = -f(\mu_i)w'(q_i)w'(q_j) < 0, \tag{7}$$

folgt

Satz 1 *Die Hochschulqualitäten beider Länder sind strategische Substitute,*

$$Q_i'(q_j) = -\frac{\partial \Phi_i / \partial q_j}{(\partial \Phi_i / \partial q_i) + \sigma_i s''(q_i) - \gamma_i c''(q_i)} < 0.$$

Ein Nash-Gleichgewicht ist ein Paar (q_1, q_2), so dass $q_1 = Q_1(q_2)$ und $q_2 = Q_2(q_1)$. Zur Charakterisierung der Nash-Gleichgewichte des Modells erweist sich das folgende Lemma als hilfreich.

Lemma 1 *Es seien zwei Paare* $(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2) \in (0, \overline{q})^2$ *und* $(q_1, q_2) \in (0, \overline{q})^2$ *gegeben und Annahme 2(i) sei erfüllt. Dann gilt für* $i, j = 1, 2$ *und* $j \neq i$*:*

$$\begin{aligned} & q_j > \tilde{q}_j \quad \textit{und} \quad \Phi_j(q_1, q_2) = \Phi_j(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2) \\ \Longrightarrow \quad & q_i < \tilde{q}_i \quad \textit{und} \quad \Phi_i(q_1, q_2) > \Phi_i(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2). \end{aligned}$$

Beweis: Siehe Anhang.

In Lemma 1 wird eine Erhöhung der Hochschulqualität eines Landes j, beispielsweise des Landes 2, betrachtet, die von einer Veränderung der Qualität im Land 1 begleitet wird, so dass der Ausbildungsgrenzertrag im Land 2 gerade unverändert bleibt. Da der Ausbildungsgrenzertrag des Landes 2 in der eigenen Qualität fällt, muss die neue Qualität im Land 1 kleiner sein als in der

Ausgangslage. Darüberhinaus besagt Lemma 1, dass diese Veränderung der Hochschulqualitäten den Ausbildungsgrenzertrag des Landes 1 erhöht. Für dieses Land schlägt also die grenzertragsteigernde Wirkung der Absenkung der eigenen Qualität stärker durch als die grenzertragserhöhende Wirkung der Steigerung der Qualität des anderen Landes.

Satz 2 *Unter den Annahmen 1 und 2(i) gibt es ein eindeutiges Nash-Gleichgewicht* (q_1^*, q_2^*) *mit* $0 < q_1^*, q_2^* < \overline{q}$. *Wenn* $\delta_1 = \delta_2$, $\sigma_1 = \sigma_2$, $\gamma_1 = \gamma_2$ *gelten, dann ist das Gleichgewicht symmetrisch,* $q_1^* = q_2^* = q^*$.

Beweis: Siehe Anhang.

Die Eindeutigkeit des Nash-Gleichgewichts wird durch Annahme $2(i)$ gewährleistet. Ohne eine solche Annahme könnte es auch im symmetrischen Modell ($\delta_1 = \delta_2$, $\sigma_1 = \sigma_2$, $\gamma_1 = \gamma_2$) zu asymmetrischen Gleichgewichten kommen, in denen ein Land eine sehr gute, das andere Land eine sehr schlechte Universität anbietet. Dies ist dadurch zu erklären, dass bei einer sehr guten Universität zwar die Grenzkosten hoch und der Forschungsgrenzertrag niedrig sind. Der Ausbildungsgrenzertrag könnte aber ebenfalls sehr hoch sein, wenn gleichzeitig das andere Land eine sehr schlechte Universität anbietet, da in diesem Falle sehr viele einheimische Abiturienten im eigenen Land studieren. Umgekehrt lohnt es sich für das andere Land trotz der dortigen niedrigen Grenzkosten und hohen Forschungsgrenzerträge nicht, seine Universität zu verbessern, da ohnehin kaum noch Studenten dort geblieben sind und somit der Ausbildungsgrenzertrag sehr niedrig ist. Annahme $2(i)$ beschränkt die Mobilitätsbereitschaft und sorgt so dafür, dass auch bei stark unterschiedlichen Hochschulqualitäten die Zahlen einheimischer Studierender nicht zu weit auseinanderliegen.

Zum Abschluss dieses Abschnittes wird gezeigt, wie sich das Gleichgewicht verändert, wenn die Mobilitätsbereitschaft, der Forschungsertrag oder die Kosten steigen.

Satz 3 *Die gleichgewichtige Hochschulqualität steigt im Land* i *und sinkt im Land* $j \neq i$, *wenn* δ_i *oder* σ_i *steigen oder wenn* γ_i *fällt.*

Beweis: Siehe Anhang.

Wie zu erwarten ist, investiert ein Land mehr in seine Hochschulen, wenn deren Grenzkosten sinken oder wenn Forschung nützlicher wird. Darüber hinaus erhöht ein Land aber auch dann seine Hochschulqualität, wenn die Mobilität der eigenen Abiturienten zurückgeht. Dies liegt daran, dass das Land mit seinen

Hochschulinvestitionen nur den Lohn von denjenigen Abiturienten beeinflussen kann, die im Heimatland studieren. Deren Zahl nimmt zu, wenn die Mobilitätskosten steigen, so dass eine Verbesserung der Hochschulqualität lohnender erscheint.

Ein Land reagiert auf eine Kosten- oder Ertragsveränderung im anderen Land mit einer gegenläufigen Anpassung seiner eigenen Hochschulinvestitionen. Dies wird durch die Mobilität der Studenten verursacht. Wenn beispielsweise im Land 1 auf Grund einer Kostensenkung die Qualität der Hochschule verbessert wird, dann wird diese Universität auch für Abiturienten aus Land 2 attraktiver. Da dann weniger Abiturienten aus Land 2 zum Studium in ihrem Heimatland bleiben, lohnen sich Hochschulinvestitionen des Landes 2 nicht mehr so wie zuvor.

4 Effiziente Hochschulqualität und Studiengebühren

Im folgenden wird das im vorigen Abschnitt analysierte Nash-Gleichgewicht (q_1^*, q_2^*) mit der effizienten Allokation verglichen. Dazu gehört neben einem Paar $(\widehat{q}_1, \widehat{q}_2)$ von Hochschulqualitäten eine Regel, die besagt, welche Abiturienten in welchem Land studieren sollen. Bedingt auf ein beliebiges Paar (q_1, q_2) von Hochschulqualitäten folgt die effiziente Studienortvergabe offensichtlich der Regel (1) und (2). Dementsprechend ist die effiziente Hochschulpolitik durch ein Paar $(\widehat{q}_1, \widehat{q}_2)$ gegeben, das bedingt auf diese Regel das gesamte Nettoeinkommen der Studenten beider Länder abzüglich der Migrationskosten, zuzüglich dem Forschungsertrag und abzüglich der Kosten beider Universitäten maximiert. Dies führt auf die Zielfunktion

$$\begin{aligned} W(q_1, q_2) \equiv & \sum_{\substack{i=1,2 \\ j\neq i}} \int_{\underline{\mu}}^{\mu_i(q_1,q_2)} \Big[w(q_j) - \delta_i - \mu \Big] \, dF(\mu) \\ & + \sum_{\substack{i=1,2 \\ j\neq i}} \Big[1 - F(\mu_i(q_1, q_2)) \Big] w(q_i) \; + \sum_{\substack{i=1,2 \\ j\neq i}} \sigma_i s(q_i) \; - \sum_{\substack{i=1,2 \\ j\neq i}} \gamma_i c(q_i). \end{aligned} \tag{8}$$

Wir definieren in Analogie zu Φ_i in (5) den bundesweiten Ausbildungsgrenzertrag einer Steigerung der Qualität der Hochschule im Land $i = 1, 2$, $j \neq i$ durch

$$\Psi_i(q_1, q_2) \equiv \Big[1 - F(\mu_i(q_1, q_2)) + F(\mu_j(q_1, q_2)) \Big] w'(q_i). \tag{9}$$

Ein inneres Maximum von (8) erfüllt die Gleichungen

$$\Psi_i(q_1, q_2) + \sigma_i s'(q_i) - \gamma_i c'(q_i) = 0. \tag{10}$$

Satz 4 *Unter den Annahmen 1 und 2(ii) ist die wohlfahrtsmaximierende Kombination* $(\widehat{q}_1, \widehat{q}_2)$ *eindeutig. Sie erfüllt* $0 < \widehat{q}_1, \widehat{q}_2 < \overline{q}$ *und (10).*

Beweis: Siehe Anhang.

Das im vorigen Abschnitt charakterisierte nichtkooperative Gleichgewicht ist nicht effizient. Im Nash-Gleichgewicht gilt nämlich wegen (4)

$$\begin{aligned}\frac{\partial W(q_1^*, q_2^*)}{\partial q_i} &= \Psi_i(q_1^*, q_2^*) + \sigma_i s'(q_i^*) - \gamma_i c'(q_i^*) \\ &= \Psi_i(q_1^*, q_2^*) - \Phi_i(q_1^*, q_2^*) \\ &= F(\mu_j(q_1^*, q_2^*))w'(q_i^*). \end{aligned} \tag{11}$$

Es folgt

Satz 5 *Ausgehend vom Nash-Gleichgewicht* (q_1^*, q_2^*) *führt eine Erhöhung der Hochschulqualität des Landes* $i = 1, 2$ *zu einer Wohlfahrtssteigerung, wenn im Nash-Gleichgewicht eine positive Zahl von Abiturienten aus Land* $j \neq i$ *im Land* i *studieren, d.h. wenn* $F(\mu_j(q_1^*, q_2^*)) > 0$.

Laut Satz 5 führt das Nash-Gleichgewicht (lokal) zu einer Unterversorgung mit Hochschulqualität. Dies liegt an einem fiskalischen externen Effekt. Eine Verbesserung der Ausbildung im Land i erhöht das Einkomen sowohl der im Lande gebliebenen einheimischen Abiturienten als auch der aus dem Land j stammenden Studenten der Universität von i. Die Lohnsteigerung $w'(q_i)$ wird deshalb in (9) mit der Gesamtzahl der Studenten im Land i, $1 - F(\mu_i) + F(\mu_j)$, gewichtet, unabhängig von ihrer Herkunft. Im Ausbildungsgrenzertrag aus Landessicht (5) zählen dagegen nur die einheimischen Abiturienten, $1 - F(\mu_i)$. Deshalb erscheint eine Qualitätsverbesserung aus Landessicht weniger lohnend als in bundesweiter Betrachtung.

Die in Satz 5 festgestellte ineffizient niedrige Bereitstellung von Hochschulqualität durch die Länder entsteht dadurch, dass gebietsfremde Abiturienten die heimische Universität kostenlos nutzen können. Folgerichtig ist zu erwarten, dass die Unterversorgung mit Hochschulqualität abgemildert wird, wenn für die bereitgestellte Leistung bezahlt werden muss. Im verbleibenden Teil dieses Abschnittes wird untersucht, unter welchen Bedingungen diese Erwartung im vorliegenden Modell zutrifft.

Wir betrachten die einfachste Art von Studiengebühren. Es wird eine einheitliche Gebühr in Höhe eines geringen, exogen festgelegten Betrages t eingeführt, den jeder Student an seine Universität zahlen muss. Wenn es Studiengebühren gibt, entscheiden sich manche Studenten möglicherweise für einen anderen

Studienort, oder sie verzichten sogar ganz auf die Aufnahme eines Studiums. Diese beiden Reaktionen werden in der vorliegenden Analyse ausgeblendet. Ein Studium im Heimatland i lohnt sich nämlich immer, wenn $t \leq w(q_i)$, was bei einer geringen Studiengebühr erfüllt sein wird. Zudem beeinflusst eine in beiden Ländern einheitliche Gebühr die Wahl des Studienortes nicht. Somit ist die Allokation der Studenten auf beide Hochschulstandorte auch nach der Einführung der Studiengebühr durch die kritischen Umzugskostenparameter $\mu_i(q_1, q_2)$ gemäß (1) und (2) beschrieben.

Die Zielfunktion eines Landes i weicht von (3) ab, da neben dem Nettoeinkommen der Landeskinder, dem Forschungsertrag und den Kosten der Hochschule auch noch die Einnahmen aus Studiengebühren $t[1 - F(\mu_i) + F(\mu_j)]$ berücksichtigt werden. Es ergibt sich

$$\begin{aligned} V_i(q_1, q_2; t) \quad &\equiv \quad \int_{\underline{\mu}}^{\mu_i} \Big[w(q_j) - t - \delta_i - \mu \Big] \, dF(\mu) \; + \; [1 - F(\mu_i)][w(q_i) - t] \\ &\quad + t[1 - F(\mu_i) + F(\mu_j)] \; + \; \sigma_i s(q_i) - \gamma_i c(q_i), \end{aligned} \tag{12}$$

wobei $\mu_i = \mu_i(q_1, q_2)$ und $\mu_j = \mu_j(q_1, q_2)$ gemäß (1) und (2). Die Hochschulqualität q_i, die V_i für gegebene Hochschulqualität q_j des anderen Landes maximiert, ist die beste Antwort $Q_i(q_j; t)$ des Landes i auf dieses q_j, gegeben der Gebührensatz t. Ein Nash-Gleichgewicht zum Gebührensatz t ist ein Paar $(q_1(t), q_2(t))$ von Hochschulqualitäten, die jeweils beste Antworten auf die Hochschulqualität des anderen Landes sind, $Q_1(q_2(t); t) = q_1(t)$ und $Q_2(q_1(t); t) = q_2(t)$. Offensichtlich gilt $(q_1(0), q_2(0)) = (q_1^*, q_2^*)$.

Ein Nash-Gleichgewicht mit Studiengebühren erfüllt die notwendigen Bedingungen

$$\frac{\partial V_i}{\partial q_i} \; = \; \Phi_i(q_1, q_2) \; + \; t[f(\mu_1) + f(\mu_2)]w'(q_i) + \sigma_i s'(q_i) - \gamma_i c'(q_i) \; = \; 0. \tag{13}$$

Vergleicht man die Bedingung (13) mit (4), so erkennt man, dass die Einführung von Studiengebühren einen zusätzlichen Ertrag einer verbesserten Hochschulqualität generiert. Eine Verbesserung der Qualität der Ausbildung, etwa im Land 1, führt zu einer Lohnsteigerung der dortigen Absolventen in Höhe von $w'(q_1)$. Dadurch wird das Land 1 als Studienort attraktiver, so dass mehr auswärtige Abiturienten einwandern und weniger einheimische Abiturienten ins Land 2 abwandern. Jede Einheit Lohnzuwachs erhöht die Zahl der im Land 1 studierenden Abiturienten des Landes 2 bzw. 1 gemäß der Dichte $f(\mu_2)$ bzw. $f(\mu_1)$. Da jeder von diesen zusätzlichen Studenten die Gebühr t zahlt, erhöhen sich die Einnahmen auf Grund der Qualitätsverbesserung um $t[f(\mu_1) + f(\mu_2)]w'(q_1)$. Die Reaktionsfunktionen $Q_i(q_j; t)$ verschieben sich also nach außen, wenn die Studiengebühr erhöht wird.

Im folgenden wird untersucht, wie sich ausgehend vom gebührenfreien Nash-Gleichgewicht eine Einführung von (niedrigen) Studiengebühren $dt > 0$ auf die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt $W(q_1(t), q_2(t))$ auswirkt. MIt Hilfe von (8) und (11) lässt sich diese Wirkung als

$$\begin{aligned} \frac{dW(q_1(0), q_2(0))}{dt} &= \frac{\partial W(q_1^*, q_2^*)}{\partial q_1}\frac{dq_1(0)}{dt} + \frac{\partial W(q_1^*, q_2^*)}{\partial q_2}\frac{dq_2(0)}{dt} \\ &= F(\mu_2(q_1^*, q_2^*))w'(q_1^*)\frac{dq_1(0)}{dt} + F(\mu_1(q_1^*, q_2^*))w'(q_2^*)\frac{dq_2(0)}{dt} \end{aligned} \tag{14}$$

berechnen.

Satz 6 *Ausgehend vom gebührenfreien Nash-Gleichgewicht erhöht eine Einführung von Gebühren die Wohlfahrt, $dW/dt > 0$, wenn Annahme 2(i) gilt und wenn die regionale Verteilung der Studenten im gebührenfreien Nash-Gleichgewicht*

$$\Big[F(\mu_2(q_1^*, q_2^*)) - F(\mu_1(q_1^*, q_2^*))\Big]\Big[f(\mu_2(q_1^*, q_2^*)) - f(\mu_1(q_1^*, q_2^*))\Big] \geq 0 \tag{15}$$

erfüllt.

Beweis: Siehe Anhang.

Da gemäß Satz 5 im Nash-Gleichgewicht ohne Gebühren die Hochschulqualität zu niedrig ist, führt die Studiengebühr zu einer Wohlfahrtssteigerung, wenn sie die Hochschulqualität in beiden Ländern erhöht, d.h. wenn $dq_i/dt > 0$ für beide Länder. Auf Grund des fiskalischen Ertrages der Gebühr würde in der Tat jedes Land bei unveränderter Qualität des anderen Landes seine eigene Qualität erhöhen. Nun sind aber die Hochschulqualitäten strategische Substitute. Deshalb kann in einem asymmetrischen Modell nicht ausgeschlossen werden, dass im neuen Gleichgewicht mit Gebühren ein Land eine niedrigere Qualität anbietet, wenn das andere Land seine Qualität stark erhöht. So wird Land 1 möglicherweise eine niedrigere Qualität anbieten, wenn der Wert der Dichte $f(\mu_1(q_1^*, q_2^*))$ relativ groß ist im Verhältnis zum entsprechenden Wert $f(\mu_2(q_1^*, q_2^*))$ für die Abiturienten des Landes 2. In diesem Fall führt nämlich eine Erhöhung der Qualität im Lande 2 zu einer besonders starken zusätzlichen Abwanderung von Abiturienten aus Land 1, so dass Land 1 seine Qualität möglicherweise verringert.

Die Bedingung (15) stellt sicher, dass selbst in so einem Fall die Wohlfahrt durch die Gebühr steigt. Das Ausmaß der Unterversorgung mit Hochschulqualität im Land 1 wird, wie man an (11) erkennt, durch die Anzahl $F(\mu_2)$ der bei der Qualitätsentscheidung nicht berücksichtigten gebietsfremden Studenten beschrieben. Gemäß (15) muss $F(\mu_2) \leq F(\mu_1)$ sein, wenn $f(\mu_2) \leq f(\mu_1)$ ist. Somit besagt diese Bedingung, dass ein allfälliger Rückgang der Qualität nicht gerade in dem Land erfolgt, das besonders gravierende Unterversorgung mit Hochschulqualität aufweist.

Die Bedingung (15) ist offensichtlich in einem symmetrischen Modell oder bei gleichverteiltem Umzugskostenparameter μ erfüllt. Bei allgemeineren Verteilungen verlangt (15), dass das Land mit der größeren Zahl an auswandernden Abiturienten auch eine stärkere marginale Wanderungsreaktion zeigt, wenn sich die Qualitäten ändern. Dies gilt beispielsweise dann, wenn f ein eindeutiges Maximum hat und das Gleichgewicht ohne Gebühren zu kritischen Werten μ_1 und μ_2 des Umzugskostenparameters führt, an denen die Dichte noch ansteigt. Dies ist angesichts der hier durchgängig angenommenen und empirisch beobachteten mäßigen Studentenmobilität nicht unplausibel.

Das in Satz 6 festgehaltene Ergebnis legt die Frage nahe, ob es eine Studiengebühr gibt, die die effiziente Allokation implementiert. Im asymmetrischen Modell ist jedoch eine in beiden Ländern identische Gebühr nicht in der Lage, den Spillover $F(\mu_j)w'(q_i)$ vollständig zu internalisieren, da dieser sich zwischen beiden Ländern unterscheidet. Umgekehrt kann zwar eine nach Ländern unterschiedene Gebühr genau an dem jeweiligen Spillover ausgerichtet werden. Dies führt aber zu einer Veränderung der räumlichen Allokation der Studenten, die selbst Wohlfahrtseinbußen hervorruft, da sich die Studienortwahl nicht mehr alleine an Migrationskosten und Qualitätsunterschieden, sondern auch an Gebührenunterschieden orientiert.

Es verwundert nicht, dass Studiengebühren hier im allgemeinen nicht zu einer erst-besten Allokation führen. Der allokative Zweck von Studiengebühren besteht darin, dem Nutzer eines Studienplatzes die durch ihn verursachten Grenzkosten in Rechnung zu stellen. Im Sinne der Clubgütertheorie führt eine Gebühr in Höhe der durch einen Studenten verursachten marginalen Überfüllungskosten zu einer effizienten Verteilung der Studenten auf die Hochschulen. Im vorliegenden Ansatz gibt es jedoch keine Überfüllungskosten, da die Kostenfunktion $c(q_i)$ nicht von der Studentenzahl abhängt. Der hier untersuchte fiskalische externe Effekt geht dagegen von der *Qualität* der Hochschule aus, so dass eine Gebühr *pro Student* nicht von vornherein das geeignete Instrument der Internalisierung darstellt. Wie Satz 6 zeigt, steigert eine Gebühr dennoch unter plausiblen Bedingungen die Wohlfahrt. Somit erfüllen Studiengebühren selbst dann eine hochschulpolitische Funktion, wenn in der Nutzung der Universität keine Rivalität besteht.

5 Empirische Analyse der Hochschulausgaben

Im Rahmen einer Analyse der Hochschulausgaben der Bundesländer soll im folgenden überprüft werden, inwieweit das zentrale Resultat der strategischen Subsitutionalität der angebotenen Hochschulqualität mit den empirisch beobachtbaren Fakten vereinbar ist. Die Bedingung erster Ordnung (4) der theoretischen Analyse bildet den Ausgangspunkt. Umformung liefert bei gegebenen Parameterwerten $\sigma_i, \gamma_i, \delta_i$ die folgende Reaktionsfunktion in der Qualitätsvariablen

$$q_i = Q\,(\,q_j\,;\,\sigma_i\,,\,\gamma_i\,,\,\delta_i)\,.$$

Die theoretische Analyse hat zwar die angebotene Bildungsqualität in den Vordergrund gestellt, aufgrund der Messproblematik erscheint es aber für Zwecke der empirischen Analyse eher sinnvoll, auf Ausgaben abzustellen. Da Ausgaben und Qualität über die Kostenfunktion $c_i = \gamma_i c\,(q_i)$ verbunden sind, die eine landesspezifische Kostenkomponente γ_i beinhaltet, ergibt sich folgende Funktion der Ausgaben

$$c_i \;\; = \;\; \widetilde{Q}\,(q_j\,;\,\sigma_i\,,\,\gamma_i\,,\,\delta_i)\,.$$

Nun ist auch die Qualität der Bildungsleistungen in Land j nicht beobachtbar. Gegeben γ_j lässt sich die obige Reaktionsfunktion aber in Ausgaben transformieren

$$c_i \;\; = \;\; C\,(c_j\,;\,\gamma_j\,,\,\sigma_i\,,\,\gamma_i\,,\,\delta_i)\,. \tag{16}$$

Mit Satz 1 und Satz 3 gilt[1]

$$\frac{\partial c_i}{\partial c_j} < 0,\; \frac{\partial c_i}{\partial \gamma_j} > 0,\; \frac{\partial c_i}{\partial \sigma_i} > 0,\; \frac{\partial c_i}{\partial \gamma_i} \lesseqgtr 0,\; \frac{\partial c_i}{\partial \delta_i} > 0.$$

Zwar hat γ_i einen eindeutigen Effekt auf die Qualität q_i, der Effekt auf die Ausgabenvariable als Produkt von γ_i und q_i lässt sich aber nur bei genauerer Kenntnis der Kostenfunktion bestimmen.

Während das theoretische Modell sich auf den Fall zweier Länder bezieht, ist die konkrete Situation der Bundesländer komplexer - sie sehen sich jeweils

[1]Bei der Ableitung ist zu berücksichtigen, dass

$$q_i \;\; = \;\; c^{-1}\,(c_i)\,\gamma_i^{-1}.$$

15 anderen Anbietern von Bildungsleistungen gegenüber. Unter Beibehaltung der Nash-Annahme kann die Analyse zwar im Prinzip auch auf eine größere Zahl von Ländern ausgeweitet werden, für eine überzeugende Identifikation des Effektes der strategischen Interaktion ist aber zu berücksichtigen, dass die Mobilitätskosten in aller Regel distanzabhängig sind. So wird eine Inanspruchnahme von Bildungsleistungen eines anderen Landes eher dann erfolgen, wenn die Distanz geringer ist.[2] Dies impliziert, dass insbesondere die Hochschulausgaben benachbarter Länder von Bedeutung sind.

In der empirischen Analyse wird die Nachbarschaftsstruktur der Daten durch spezielle räumliche Gewichte berücksichtigt, die es erlauben, die Bildungsausgaben in benachbarten Gebietskörperschaften zu erfassen. Formal wird eine räumliche Transformation durchgeführt

$$\overline{x}_i = \sum_j \mathsf{W}\,[i,j]\,x_j,$$

wobei x_j ein Indikator des Landes j ist, beispielsweise also ein Indikator der Bildungsausgaben des Landes j. Die Literatur zur räumlichen Ökonometrie (z.B., Anselin, 1988) bezeichnet $\overline{x}_j$ auch als eine räumlich-verzögerte Variable oder ein räumliches "Lag". Die Gewichte sind so definiert, dass sie im Falle von benachbarten Ländern i und j den Wert Eins annehmen $\mathsf{W}\,[i,j] = 1$, im Falle weiter entfernter Länder aber den Wert Null. Zugleich ist das eigene Gewicht stets Null. In der Literatur zur räumlichen Ökonometrie wird alternativ oft eine Zeilenstandardisierung der Gewichte angenommen, so dass $\sum_j \mathsf{W}\,[i,j] = 1$. Mit dieser Restriktion wäre die Stärke des Nachbarschaftseinflusses für alle Länder gleich. Dies hat Vorteile für die Interpretation der Nachbarschaftseffekte, ist aber nur unter sehr restriktiven Symmetrieannahmen zu rechtfertigen.

Neben der Bildungsqualität der jeweils anderen Gebietskörperschaft ist gemäß der Reaktionsfunktion ein Einfluss der Mobilität der Studenten eines Landes, der Kosten der Bereitstellung und der Wertschätzung von Ausgaben für die Hochschulbildung aus anderen Gründen, wie beispielsweise der Wachstumspolitik, zu erwarten. Alle diese Determinanten sind aber nicht einfach zu operationalisieren. Es liegt nahe, dass Mobilität und Kosten eine Funktion der Größe und Verstädterung - beispielsweise operationalisiert durch die Siedlungsdichte - eines Landes sind. Für große und stärker verdichtete Länder wird die Ausbildung in anderen Ländern tendenziell weniger attraktiv sein, da die Mobilitätskosten in andere Länder für die überwiegende Zahl der Bürger relativ hoch sind. Eine geringe Bevölkerungszahl könnte wegen der Kostendegression

[2]Empirische Evidenz für diese Distanzwirkung zwischen Herkunftsort und Studienort auf die Studienortwahl liefern Büttner, Kraus und Rincke (2003).

Tabelle 2: Deskriptive Statistiken

	Mittelw.	Std.abw.	Min.	Max.
Hochschulausgaben (pro Kopf in 1000 €)	.324	.128	.056	.736
Bevölkerung (in Mill.)	5.09	4.55	.676	18.0
Siedlungsdichte (in Einw. pro km^2)	2.27	1.17	1.12	5.80
Ostdeutschland	.313	.466	0	1

Ausgaben in Preisen von 1997. Beobachtungen umfassen 16 Länder im Zeitraum 1992-1997.

aber auch höhere Kosten implizieren - wie auch ein höherer Grad der Verstädterung. Siedlungsdichte und Bevölkerungszahl sind aber ebenso relevant für die Wertschätzung der Ausgaben für Hochschulbildung, so sind die hochverdichteten Regionen im Rahmen einer zentrale Orte-Hierarchie tendenziell Träger von Innovation und Wachstum und insofern besonders an Forschungsausgaben interessiert. Zudem ist die Siedlungsdichte aufgrund der "Einwohnerveredelung" im Finanzausgleich eine zentrale Determinante der Finanzausstattung. Insofern ist kaum eine eindeutige Prognose über die Wirkungsrichtung von Siedlungsdichte und Bevölkerungszahl zu liefern. Die folgende Analyse verwendet zusätzlich eine Indikatorvariable für die neuen Länder, um der besonderen Aufbausituation nach der Wiedervereinigung Rechnung zu tragen. Für diese Variable erscheint ein negatives Vorzeichen denkbar, da sich die Hochschullandschaft im Beobachtungszeitraum noch im Aufbau befand.

Die empirische Analyse verwendet die Ausgaben der Länder im Aufgabenbereich Hochschulen gemäß der Finanzstatistik im Zeitraum 1992 bis 1997.[3] Die Siedlungsdichte misst die Einwohnerzahl pro Siedlungs- und Verkehrsfläche.[4] Tabelle 2 zeigt deskriptive Statistiken. Die Verwendung mehrerer Jahre erlaubt das Herausfiltern von gemeinsamen Effekten. Aus Gründen der Vergleichbarkeit werden die Ausgaben in pro Kopf-Größen spezifiziert.

Unter Verwendung einer log-linearen Spezifikation lautet die Schätzgleichung

$$\begin{aligned} \ln c_{i,t} &= \rho \overline{\ln c}_{i,t} + a_0 + a_1 Ost_i \\ &+ a_2 \ln Bev_{i,t} + a_3 \ln Sied_{i,t} + a_t + u_{i,t}, \end{aligned} \tag{17}$$

[3]Quelle: Sonderaufbereitung des Statistischen Bundesamtes (StBA) für 1992-97 entsprechend Fachserie 14, "Finanzen und Steuern", Reihe 3.1, Rechnungsergebnisse des öffentlichen Gesamthaushalts. Die Bevölkerungszahlen sind die entsprechenden Jahresdurchschnittswerte des Statistischen Bundesamtes.

[4]Quelle: Statistisches Bundesamt.

bzw. unter Berücksichtigung der Bedingungen in der Nachbarschaft

$$\begin{aligned} \ln c_{i,t} &= \rho \overline{\ln c}_{i,t} + a_0 + a_1 Ost_i \\ &+ a_2 \ln Bev_{i,t} + a_3 \ln Sied_{i,t} + a_4 \overline{\ln Bev}_{i,t} + a_5 \overline{\ln Sied}_{i,t} + a_t + u_{i,t}, \end{aligned} \tag{18}$$

wobei "Bev" die Bevölkerungszahl, "Sied" die Siedlungsdichte und "Ost" die Dummy-Variable für ostdeutsche Länder bezeichnet. Die mit Balken gekennzeichneten Variablen sind die zugehörigen Werte in der Nachbarschaft. Aufgrund der in der theoretischen Analyse abgeleiteten strategischen Substitutionalität ist für den Koeffizienten der räumlich verzögerten abhängigen Variablen ρ ein negativer Wert zu erwarten.

Die Schätzgleichung wirft nun allerdings ein ökonometrisches Problem auf, da die zentrale Annahme der Regressionsanalyse, dass die erklärenden Variablen mit dem Fehlerterm unkorreliert sind, nur unter der Hypothese $\rho = 0$ gilt. Mit von Null verschiedenem Wert für ρ ergibt sich ein für die räumliche Ökonometrie charakteristisches Simultanitätsproblem. Die Simultanität kann nun entweder im Rahmen eines Maximum-Likelihood Ansatzes explizit in der Schätzung berücksichtigt werden, oder durch geeignete Instrumentvariablen neutralisiert werden (vgl. zur Schätzmethodik, Anselin, 2003). Dieses zweite Vorgehen scheitert indessen am Fehlen geeigneter Instrumentvariablen, da die räumlichen Lags von Siedlungsdichte und Bevölkerungszahl als erklärende Variablen aufgrund der Transformation der Qualität in Ausgaben ohnehin in der Schätzgleichung auftauchen können. Bei der Suche nach räumlichen Interaktionseffekten ist darüber hinaus sicherzustellen, dass die verzögerte abhängige Variable nicht eine ggf. vorhandene residuelle Korrelation auffängt. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, auch die konkurriende Spezifikation mit räumlicher Autokorrelation der Residuen zu schätzen und die Ergebnisse mittels Spezifikationstests zu vergleichen (Case, 1991).

Tabelle 3 gibt eine Übersicht der Ergebnisse. Spalte (1) zeigt das Ergebnis einer gewöhnlichen Regression ohne Berücksichtigung der räumlichen Abhängigkeit. Es zeigt sich eine Signifikanz von Siedlungsdichte, Bevölkerungszahl und der Dummy-Variablen für die ostdeutschen Länder. Allerdings zeigt die Lagrange-Multiplikator (LM) Statistik eine hohe Signifikanz von räumlicher Autokorrelation. Spalte (2) zeigt die Ergebnisse einer Maximum-Likelihood (ML) Schätzung des räumlichen Modells. Während sich die erklärenden Variablen bei unverändertem Vorzeichen auch in dieser Schätzung als signifikant erweisen, zeigt sich eine starke negative Beziehung zu der räumlich verzögerten abhängigen Variable. Für eine zusätzliche räumliche Abhängigkeit in den Residuen finden sich demgegenüber keine Hinweise. Spalte (3) zeigt die alternative Spezifikation eines Modells mit räumlicher residueller Autokorrelation. Nach

Tabelle 3: Regressionsergebnisse für Hochschulausgaben der Länder

Spezifikation Schätzmethode	(1) OLS	(2) ML(LAG)	(3) ML(ERR)	(4) ML(LAG)	(5) ML(ERR)
$\overline{\text{Hochschulausgaben}}$		-.130 *		-.130 *	
		(.027)		(.036)	
Konstante	-.636 *	-.331	-.354	-.238	-.089
	(.308)	(.261)	(.242)	(.231)	(.233)
Siedlungsdichte	.664 *	.692 *	.500 *	.385 *	.393 *
	(.075)	(.066)	(.069)	(.079)	(.081)
Bevölkerung	-.052	-.127 *	-.070 *	-.095 *	-.106 *
	(.034)	(.031)	(.026)	(.029)	(.031)
$\overline{\text{Siedlungsdichte}}$				-.242 *	-.360 *
				(.058)	(.062)
$\overline{\text{Bevölkerung}}$				.014 *	.031 *
				(.006)	(.005)
Ostdeutschland	-.152 *	-.285 *	-.228 *	-.455 *	-.378 *
	(.069)	(.061)	(.047)	(.063)	(.053)
Jahr=1993	.058	.083	.059	.083	.058
	(.094)	(.080)	(.049)	(.069)	(.050)
Jahr=1994	.093	.137	.134	.137	.095
	(.094)	(.080)	(.049)	(.070)	(.050)
Jahr=1995	.131	.192 *	.096 *	.192 *	.134 *
	(.094)	(.080)	(.049)	(.070)	(.050)
Jahr=1996	.160	.231 *	.160 *	.231 *	.160 *
	(.094)	(.081)	(.049)	(.071)	(.050)
Jahr=1997	.167	.241 *	.167 *	.240 *	.166 *
	(.094)	(.081)	(.050)	(.071)	(.050)
λ (räumliche Autokorrelation)			-.176 *		-.121 *
			(.037)		(.040)
R^2	.623				
σ^2	.071	.051	.051	.038	.040
Likelihood	-4.73	4.56	1.64	18.3	15.9
LM(error)	.010	.237		.818	
LM(lag)			.005		.004

Schätzergebnisse auf Basis der Hochschulausgaben pro-Kopf, in Preisen von 1997 für 16 Bundesländer im Zeitraum 1992-1997. Standardfehler in Klammern. Ein Stern kennzeichnet die Signifikanz auf dem 5 % Niveau. Der Balken kennzeichnet räumlich verzögerte Variablen. Ausgaben, Bevölkerung und Siedlungsdichte in Logarithmen. Spezifikation (1) verwendet eine einfache lineare Regression, Spezifikationen (2)-(5) verwenden Modelle mit räumlich verzögerter abhängiger Variable (ML(LAG)) und räumlicher Autokorrelation der Residuen (ML(ERR)). λ ist der Koeffizient der räumlichen residuellen Autokorrelation.

der LM Statistik zu urteilen, kann die hier berücksichtigte räumliche Autokorrelation die Präsenz einer räumlich verzögerten abhängigen Variablen nicht ersetzen.

Der gleiche Befund gilt für die Spezifikation unter Berücksichtigung räumlich verzögerter Werte für Siedlungsdichte und Bevölkerungszahl, worin der mögliche direkte Einfluss der Kosten in der Nachbarschaft zum Ausdruck kommt. Auch hier hat die Schätzung mit räumlich verzögerter abhängiger Variable eine bessere Anpassungsgüte und eine darüber hinaus gehende räumliche Autokorrelation der Residuen ist nicht zu konstatieren. Auf Basis der unstandardisierten Nachbarschaftsgewichte findet sich also eine recht deutliche Bestätigung der im Lichte der theoretischen Analyse erwarteten negativen Interaktion in den Hochschulausgaben. Schätzungen mit dem alternativen Nachbarschaftskonzept mit standardisierten Gewichten (nicht ausgewiesen) zeigen qualitativ ähnliche Werte. Allerdings führt die veränderte Gewichtung zu einer etwas geringeren Trennschärfe zwischen räumlicher Interaktion und räumlicher Autokorrelation der Residuen. Angesichs der erheblichen Asymmetrie in der Größe und räumlichen Struktur der Bundesländer erscheint die a-priori Annahme der Zeilenstandardisierung aber eher problematisch.

6 Schlussfolgerungen

Während in der Diskussion um ein steuer- oder gebührenfinanziertes Hochschulsystem zumeist personelle Verteilungseffekte im Vordergrund stehen konzentriert sich der vorliegende Beitrag auf die regionale Verteilungswirkung. Die Kombination einer weitgehend gebührenfreien Hochschulausbildung in Zusammenhang mit freiem Hochschulzugang und der Mobilität der Studenten schafft nämlich eine Situation, in der Nutzen und Zahllast der Ausgaben für die Hochschulbildung in regionaler Hinsicht auseinanderfallen. Wie die eingangs aufgeführte Auswertung der Studierendenstatistik belegt, erfahren die Abiturienten eines Landes in unterschiedlichem aber durchweg substanziellem Umfang eine Hochschulausbildung in einem anderen Land. Mitunter studiert sogar der überwiegende Anteil der Abiturienten in anderen Ländern und zudem zeigt sich in einzelnen Fällen eine erhebliche Diskrepanz zwischen der insgesamt in Anspruch genommenen und bereitgestellten Hochschulbildung.

Die theoretische Analyse der strategischen Investitionsentscheidung in die Ausbildung der Abiturienten eines Landes zeigt die Konsequenzen dieser regionalen Verteilungswirkung in einem zwei-Länder Modell. Die betrachteten Länder sehen sich spezifischen Kosten, Mobilitätskosten der Studenten und unmittelbar aus den Bildungsausgaben resultierenden Forschungserträgen gegenüber, zugleich berücksichtigen sie bei der Bestimmung der Bildungsangebots das Angebot des jeweils anderen Landes. Unter vergleichsweise allgemeinen Annahmen ist die im Nash-Gleichgewicht bereitgestellte Hochschulbildung durch eine strategische Substitutionalität gekennzeichnet: Jedes Land reagiert auf die Ausweitung des Bildungsangebotes des anderen Landes mit einer Reduktion des eigenen Angebotes.

Die empirische Analyse anhand der Hochschulausgaben der Bundesländer findet in der Tat Belege für die theoretisch vermutete strategische Bereitstellung von Bildungsangeboten. Bei Kontrolle für Bevölkerungsgröße und Siedungsdichte der Bundesländer zeigt sich im Rahmen eines räumliches Interaktionsmodells der Hochschulausgaben, dass die Ausgaben benachbarter Länder entsprechend der theoretischen Reaktionsfunktion in einem signifikant negativem Verhältnis stehen. Umfangreiche Hochschulausgaben in der Nachbarschaft eines Landes gehen demnach mit geringen eigenen Bildungsausgaben einher. Obschon die empirische Analyse aufgrund der schwachen Datenlage und der Messproblematik bei der Bildungsqualität nicht überbewertet werden darf, sind die empirischen Ergebnisse als Bestätigung dafür zu werten, dass die regionale Verteilungswirkung des gegenwärtigen steuerfinanzierten Hochschulsystems signifikante Effizienzprobleme verursacht.

Die theoretische Analyse zeigt, dass, im Vergleich zur effizienten Lösung, im nichtkooperativen Gleichgewicht eine Unterversorgung mit Bildungsleistungen resultiert: da ein Teil der Studenten nicht in der Zielfunktion der Landes berücksichtigt ist, wird der Grenzertrag der Bildungsausgaben unterschätzt. Die Unterversorgung steht dabei unmittelbar im Zusammenhang mit dem gebührenfreien Hochschulzugang. Dementsprechend führt die Einführung einer einheitlichen Studiengebühr zu einer Effienzverbesserung. Dass eine einheitliche Studiengebühr modelliert wurde, ist dabei lediglich der Vereinfachung der Analyse geschuldet.

Nach den Ergebnissen der theoretischen Analyse haben Studiengebühren in dieser Situation eine positive Effizienzwirkung auch ohne dass eine Rivalität in der Nutzung der Hochschulbildung besteht. Sie bieten zwar keine perfekte Lösung des Angebotsproblems, da sie in erster Linie der Internalisierung der Kosten bei den Nutzern dienen. Aber sie schaffen Anreize zur Angebotsausweitung. Studiengebühren sind nun nicht das einzige Instrument zur Angebotsausweitung und zur Internalisierung von Spillovers. So wird die regionale Verteilungswirkung mitunter als Argument für einen Finanzausgleich zwischen den Ländern angeführt. Allerdings kann diese Argumentation nicht überzeugen, da ein steuerkraftbasierter Finanzausgleich für eine Internalisierung der

Externalitäten im Hochschulbereich kaum geeignet ist. Allenfalls wären spezifische Ausgleichszahlungen auf Basis der Migrationszahlen zwischen den Ländern geeignet, die Fehlanreize zu kompensieren.

In diesem Zusammenhang kommt auch ein Gutscheinsystem in Frage, in dem jeder Abiturient von seinem Heimatland Studiumsgutscheine bekommt. Diese berechtigen zum Studium überall in Deutschland. Das Land, in dem der Student immatrikuliert ist, legt den Gutschein dem Herkunftsland vor und und erhält von diesem eine Zahlung. Im Modell ist dieses Verfahren zwar identisch zu den Studiengebühren, weil das Budget der Familien der Studenten und das Landesbudget konsolidiert sind. Ein Vorteil mag dennoch darin gesehen werden, dass ein Gutscheinsystem ganz ähnlich wie Studiengebühren die Externalität tendenziell behebt, ohne dass die Kosten konkret von den Studierenden bzw. deren Familien getragen werden müssen.

Gebühren oder entsprechende Gutscheinsysteme sind darüberhinaus auch mit einer weiteren Dezentralisierung der Kompetenzen auf Hochschulebene vereinbar. Hier bietet sich über die Korrektur der Fehlanreize aus einer regionalen Verteilungswirkung hinaus eine Chance, die Mobilität der Studenten für einen effizienzorientierten Qualitätswettbewerb zwischen den Hochschulen zu nutzen.

Anhang

Beweis von Lemma 1. Auf Grund der Symmetrie der Aussagen genügt es, den Beweis für $j = 2$ und $i = 1$ zu führen. Man schreibe zudem kurz $\phi = \Phi_2(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2)$ sowie $\mu_1 = \mu_1(q_1, q_2)$ und $\mu_2 = \mu_2(q_1, q_2)$.

Wenn die Hochschulqualität des Landes 2 auf $q_2 > \tilde{q}_2$ erhöht wird, sinkt wegen (6) der Ausbildungsgrenzertrag des Landes 2 auf $\Phi_2(\tilde{q}_1, q_2) < \phi$. Um Φ_2 wie in der Voraussetzung gefordert wieder auf ϕ zu erhöhen, muss wegen (7) q_1 unter $\tilde{q}_1$ abgesenkt werden.

Nun betrachte man zu allen $\tilde{q}_2 \leq r_2 \leq q_2$ den Wert $R_1(r_2)$ der Hochschulqualität des Landes 1, für den $\Phi_2(R_1(r_2), r_2) = \phi$ gilt. Es gilt $R_1(\tilde{q}_2) = \tilde{q}_1$ und $R_1(q_2) = q_1$. Auch für $r_2 \in (\tilde{q}_2, q_2)$ existiert ein solches $R_1(q_2)$, da wegen (6) $\Phi_2(\tilde{q}_1, r_2) < \phi$ und $\Phi_2(q_1, r_2) > \phi$ gelten. Wegen (7) ist $R_1(r_2)$ eindeutig und liegt zwischen q_1 und $\tilde{q}_1$. Implizites Ableiten von (5) liefert

$$R_1'(r_2) = \frac{[1 - F(\mu_2)]w''(q_2) + f(\mu_2)[w'(q_2)]^2}{f(\mu_2)w'(q_1)w'(q_2)} \tag{A.1}$$

Im nächsten Schritt wird die totale Veränderung von Φ_1 berechnet, die sich aus einer Erhöhung der Qualität in Land 2 ergibt, wenn die Qualität im Land 1 gemäß R_1 angepasst wird. Dies ist

$$\frac{d\,\Phi_1(R_1(r_2), r_2)}{d\,r_2} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial q_1} R_1'(r_2) + \frac{\partial \Phi_1}{\partial q_2}.$$

Mit (6), (7) und (A.1) folgt

$$\begin{aligned} \frac{d\,\Phi_1}{d\,r_2} &= \{[1 - F(\mu_1)]w''(q_1) + f(\mu_1)[w'(q_1)]^2\} \\ &\quad \cdot \frac{[1 - F(\mu_2)]w''(q_2) + f(\mu_2)[w'(q_2)]^2}{f(\mu_2)w'(q_1)w'(q_2)} - f(\mu_1)w'(q_1)w'(q_2). \end{aligned}$$

Wegen $f(\mu_2)w'(q_1)w'(q_2) > 0$ ist $d\Phi_1/dr_2 > 0$ äquivalent zu

$$\begin{aligned} &\{[1 - F(\mu_1)]w''(q_1) + f(\mu_1)[w'(q_1)]^2\}\{[1 - F(\mu_2)]w''(q_2) + f(\mu_2)[w'(q_2)]^2\} \\ &\qquad > f(\mu_2)f(\mu_1)[w'(q_1)w'(q_2)]^2 \end{aligned}$$

oder zu

$$\begin{aligned} [1 - F(\mu_1)]f(\mu_2)w''(q_1)[w'(q_2)]^2 &+ [1 - F(\mu_2)]f(\mu_1)w''(q_2)[w'(q_1)]^2 \\ &+ [1 - F(\mu_1)][1 - F(\mu_2)]w''(q_1)w''(q_2) > 0\,. \end{aligned} \tag{A.2}$$

Aus Annahme 2(i) folgt nun $f(\mu_1)[w'(q_1)]^2 + (1/2)[1 - F(\mu_1)]w''(q_1) < 0$ und weiter, wegen $[1 - F(\mu_2)]w''(q_2) < 0$,

$$\begin{aligned}
&[1 - F(\mu_2)]f(\mu_1)w''(q_2)[w'(q_1)]^2 \\
&\quad + \frac{1}{2}[1 - F(\mu_1)][1 - F(\mu_2)]w''(q_1)w''(q_2) \;>\; 0.
\end{aligned} \tag{A.3}$$

Ebenso folgt aus Annahme 2(i)

$$\begin{aligned}
&[1 - F(\mu_1)]f(\mu_2)w''(q_1)[w'(q_2)]^2 \\
&\quad + \frac{1}{2}[1 - F(\mu_1)][1 - F(\mu_2)]w''(q_1)w''(q_2) \;>\; 0.
\end{aligned} \tag{A.4}$$

Addieren der beiden Ungleichungen (A.3) und (A.4) führt auf (A.2), so dass $d\Phi_1/dr_2 > 0$ gilt.

Um den Beweis abzuschließen, wird $\Phi_1(q_1, q_2)$ mit Hilfe von $R_1(r_2)$ als

$$\Phi_1(q_1, q_2) = \Phi_1(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2) + \int_{\tilde{q}_2}^{q_2} \frac{d\,\Phi_1(R_1(r_2), r_2)}{d\,r_2}\, dr_2$$

geschrieben. Da $d\Phi_1/dr_2 > 0$ für alle r_2 im Integrationsbereich gilt, folgt $\Phi_1(q_1, q_2) > \Phi_1(\tilde{q}_1, \tilde{q}_2)$. ■

Beweis von Satz 2. *Existenz.* Man betrachte zuerst ein q_1 nahe bei null und den dazugehörigen Wert $Q_2(q_1)$ auf der Reaktionsfunktion des Landes 2. Dazu sei $Q_1^{-1}(q_1)$ die Hochschulqualität q_2 des Landes 2, zu der q_1 die beste Antwort des Landes 1 ist. Wegen Annahme 1 gilt $0 < Q_2(q_1) < \overline{q}$, während $\Phi_1(q_1, Q_2(q_1)) \to \infty$ wenn $q_1 \to 0$. Wegen (7) verläuft deshalb für $q_1 \to 0$ die inverse Reaktionsfunktion des Landes 1 oberhalb der Reaktionsfunktion des Landes 2, $Q_1^{-1}(q_1) > Q_2(q_1)$. In analoger Weise lässt sich zeigen, dass für $q_1 = Q_1(q_2)$ mit q_2 nahe bei 0 die inverse Reaktionsfunktion des Landes 1 unter der Reaktionsfunktion des Landes 2 verläuft, $Q_1^{-1}(q_1) < Q_2(q_1)$. Da die Reaktionsfunktionen stetig sind, gibt es ein Gleichgewicht.

Eindeutigkeit. Es seien (q_1^*, q_2^*) und (q_1, q_2) beides Nash-Gleichgewichte, wobei o.B.d.A. $q_2 > q_2^*$ gelten soll. Da die individuellen Optimierungsaufgaben keine Randlösungen haben, gelten die notwendigen Bedingungen (4) in beiden Gleichgewichten. Für Land 2 implizieren diese zusammen mit $c'' \geq 0$ und $s'' \leq 0$

$$\begin{aligned}
\Phi_2(q_1, q_2) &= \gamma_2 c'(q_2) - \sigma_2 s'(q_2) \\
&\geq \gamma_2 c'(q_2^*) - \sigma_2 s'(q_2^*) \\
&= \Phi_2(q_1^*, q_2^*).
\end{aligned}$$

Ähnlich wie im Beweis von Lemma 1 lässt sich zeigen, dass es $R_1(q_2)$ gibt, so dass $\Phi_2(R_1(q_2), q_2) = \Phi_2(q_1^*, q_2^*)$. Auf Grund von Lemma 1 gilt $q_1 \leq R_1(q_2) \leq q_1^*$ und darüber hinaus

$$\Phi_1(q_1, q_2) \geq \Phi_1(R_1(q_2), q_2) > \Phi_1(q_1^*, q_2^*). \tag{A.5}$$

Aus (4), $c'' \geq 0$ und $s'' \leq 0$ folgt dagegen

$$\begin{aligned} \Phi_1(q_1^*, q_2^*) &= \gamma_1 c'(q_1^*) - \sigma_1 s'(q_1^*) \\ &\geq \gamma_1 c'(q_1) - \sigma_1 s'(q_1) \\ &= \Phi_1(q_1, q_2). \end{aligned} \tag{A.6}$$

Der Widerspruch zwischen (A.5) und (A.6) beweist die Eindeutigkeit des Gleichgewichts.

Symmetrie. Wenn $\delta_1 = \delta_2 = \delta$, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ und $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$ gelten und beide Länder die gleiche Qualität $q_1 = q_2 = q$ bereitstellen, dann fallen die Bedingungen (4) für beide Länder zusammen und lauten

$$[1 - F(-\delta)]w'(q) + \sigma s'(q) - \gamma c'(q) = 0.$$

Die Lösung q^* dieser Gleichung definiert das symmetrische Gleichgewicht. ■

Beweis von Satz 3. Differenziation des Systems (4) liefert

$$\begin{bmatrix} \dfrac{\partial \Phi_1}{\partial q_1} + \sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c''(q_1) & \dfrac{\partial \Phi_1}{\partial q_2} \\ \dfrac{\partial \Phi_2}{\partial q_1} & \dfrac{\partial \Phi_2}{\partial q_2} + \sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dq_1 \\ dq_2 \end{bmatrix} \tag{A.7}$$

$$= \begin{bmatrix} -\dfrac{\partial \Phi_1}{\partial \delta_1} d\delta_1 - s'(q_1)\, d\sigma_1 + c'(q_1)\, d\gamma_1 \\ -\dfrac{\partial \Phi_2}{\partial \delta_2} d\delta_2 - s'(q_2)\, d\sigma_2 + c'(q_2)\, d\gamma_2 \end{bmatrix}.$$

Die Determinante dieses Systems ist

$$D = \left[\frac{\partial \Phi_1}{\partial q_1} + \sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c_1''(q_1)\right] \left[\frac{\partial \Phi_2}{\partial q_2} + \sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2)\right] - \frac{\partial \Phi_1}{\partial q_2} \frac{\partial \Phi_2}{\partial q_1} > 0,$$

wobei das Vorzeichen ebenso wie (A.2) aus Annahme 2(i) abgeleitet wird. Damit kann für $i = 1, 2$, $j \neq i$ berechnet werden:

$$\begin{aligned}
\frac{dq_i^*}{d\delta_i} &= -\frac{1}{D} \cdot \frac{\partial \Phi_i}{\partial \delta_i} \left[\frac{\partial \Phi_j}{\partial q_j} + \sigma_j s''(q_j) - \gamma_j c''(q_j) \right] \\
&= -\frac{1}{D} f(\mu_i(q_1, q_2)) w'(q_i) \left[\frac{\partial \Phi_j}{\partial q_j} + \sigma_j s''(q_j) - \gamma_j c''(q_j) \right] \;\geq\; 0, \\
\frac{dq_j^*}{d\delta_i} &= \frac{\partial \Phi_j / \partial q_i}{D} \cdot f(\mu_i(q_1, q_2)) w'(q_i) \;\leq\; 0.
\end{aligned}$$

Ebenso ergibt sich

$$\begin{aligned}
\frac{dq_i^*}{d\sigma_i} &= -\frac{s'(q_i)}{D} \left[\frac{\partial \Phi_j}{\partial q_j} + \sigma_j s''(q_j) - \gamma_j c''(q_j) \right] \;\geq\; 0, \\
\frac{dq_j^*}{d\sigma_i} &= \frac{s'(q_i)}{D} \frac{\partial \Phi_j}{\partial q_i} \;\leq\; 0, \\
\frac{dq_i^*}{d\gamma_i} &= \frac{c'(q_i)}{D} \left[\frac{\partial \Phi_j}{\partial q_j} + \sigma_j s''(q_j) - \gamma_j c''(q_j) \right] \;\leq\; 0, \\
\frac{dq_j^*}{d\gamma_i} &= -\frac{c'(q_i)}{D} \frac{\partial \Phi_j}{\partial q_i} \;\geq\; 0.
\end{aligned}$$

■

Beweis von Satz 4. Für $q_1 \to 0$ folgt aus Annahme 1(i) und (iii) $\Psi_1(q_1, q_2) \to \infty$, so dass $\widehat{q}_1 > 0$ gelten muss. Aus Annahme 1(ii) folgt wegen $1 - F(\mu_1) + F(\mu_2) \leq 2$, dass $\Psi_1(\overline{q}, q_2) + \sigma_1 s'(\overline{q}) - \gamma_1 c'(\overline{q}) < 0$, weshalb auch $\widehat{q}_1 < \overline{q}$ sein muss. Die entsprechenden Ungleichungen für Land 2 werden ebenso gezeigt.

Die Optimierungsaufgabe hat ein eindeutiges Maximum, das durch (10) beschrieben wird, wenn $W(q_1, q_2)$ streng konkav ist. Um dies zu sehen, wird

$$\frac{\partial^2 W}{\partial q_i^2} = \frac{\partial \Psi_i}{\partial q_i} + \sigma_i s''(q_i) - \gamma_i c''(q_i), \tag{A.8}$$

$$\frac{\partial^2 W}{\partial q_i \partial q_j} = \frac{\partial \Psi_i}{\partial q_j} \tag{A.9}$$

berechnet. Zudem gilt

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Psi_i}{\partial q_i} &= \Big[1 - F(\mu_i) + F(\mu_j)\Big] w''(q_i) + \Big[f(\mu_i) + f(\mu_j)\Big] [w'(q_i)]^2, \\
\frac{\partial \Psi_i}{\partial q_j} &= -\Big[f(\mu_i) + f(\mu_j)\Big] w'(q_i) w'(q_j).
\end{aligned}$$

Aus Annahme 2(*ii*) folgt $\partial\Psi_i/\partial q_i < 0$. Da $s'' \geq 0$ und $c'' \leq 0$ gelten, folgt weiter $\partial^2 W/\partial q_i^2 < 0$. Damit genügt es für strenge Konkavität von W, wenn die Determinante der Hesse-Matrix von W positiv ist. Dies bedeutet wegen (A.8) und (A.9)

$$\begin{aligned} &\frac{\partial\Psi_1}{\partial q_1}\cdot\frac{\partial\Psi_2}{\partial q_2} + \frac{\partial\Psi_1}{\partial q_1}\Big[\sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2)\Big] + \frac{\partial\Psi_2}{\partial q_2}\Big[\sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c''(q_1)\Big] \\ &\quad + \Big[\sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c''(q_1)\Big]\Big[\sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2)\Big] - \left(\frac{\partial\Psi_2}{\partial q_1}\right)^2 > 0. \end{aligned}$$

Weil $\partial\Psi_i/\partial q_i < 0$ und $\sigma_i s''(q_i) - \gamma_i c''(q_i) < 0$ sind, ist dafür $(\partial\Psi_1/\partial q_1)\cdot(\partial\Psi_2/\partial q_2) - (\partial\Psi_2/\partial q_1)^2 > 0$ hinreichend. Dies zeigt man mit Hilfe von Annahme 2(*ii*) analog zur Herleitung der Ungleichung (A.2) aus Annahme 2(*i*) im Beweis von Lemma 1. ■

Beweis von Satz 6. Differenziation des Systems (13) ergibt für $t = 0$

$$\begin{bmatrix} \dfrac{\partial\Phi_1}{\partial q_1} + \sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c''(q_1) & \dfrac{\partial\Phi_1}{\partial q_2} \\[2ex] \dfrac{\partial\Phi_2}{\partial q_1} & \dfrac{\partial\Phi_2}{\partial q_2} + \sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} dq_1 \\[2ex] dq_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -[f(\mu_1)+f(\mu_2)]w'(q_1)\,dt \\[2ex] -[f(\mu_1)+f(\mu_2)]w'(q_2)\,dt \end{bmatrix}.$$

Die Determinante dieses Systems ist wie in (A.7) $D > 0$. Es ergibt sich

$$\begin{aligned} \frac{dq_1}{dt} &= -\frac{[f(\mu_1)+f(\mu_2)]w'(q_1)}{D} \\ &\quad \cdot\Big\{[1-F(\mu_2)]w''(q_2) + [f(\mu_1)+f(\mu_2)][w'(q_2)]^2 + \sigma_2 s''(q_2) - \gamma_2 c''(q_2)\Big\}, \\ \frac{dq_2}{dt} &= -\frac{[f(\mu_1)+f(\mu_2)]w'(q_2)}{D} \\ &\quad \cdot\Big\{[1-F(\mu_1)]w''(q_1) + [f(\mu_1)+f(\mu_2)][w'(q_1)]^2 + \sigma_1 s''(q_1) - \gamma_1 c''(q_1)\Big\}. \end{aligned}$$

Mit (14), $s'' \leq 0$ und $c'' \geq 0$ folgt, dass $dW/dt > 0$ impliziert wird von

$$\begin{aligned} 0 \;>\; & F(\mu_1)[w'(q_2)]^2\Big\{[1-F(\mu_1)]w''(q_1) + [w'(q_1)]^2 f(\mu_1)\Big\} \\ & + F(\mu_2)[w'(q_1)]^2\Big\{[1-F(\mu_2)]w''(q_2) + [w'(q_2)]^2 f(\mu_2)\Big\} \qquad \text{(A.10)} \\ & + [w'(q_1)]^2[w'(q_2)]^2\Big[F(\mu_2)f(\mu_1) + F(\mu_1)f(\mu_2)\Big]. \end{aligned}$$

Wegen Annahme 2(i) gilt für beide $i = 1, 2$:

$$[1 - F(\mu_i)]w''(q_i) + [w'(q_i)]^2 f(\mu_i) < -[w'(q_i)]^2 f(\mu_i),$$

so dass die rechte Seite von (A.10) kleiner ist als

$$-[w'(q_1)]^2[w'(q_2)]^2[f(\mu_2) - f(\mu_1)][F(\mu_2) - F(\mu_1)].$$

An der Stelle $(q_1, q_2) = (q_1^*, q_2^*)$ ist dies negativ, wenn Bedingung (15) gilt. ■

Literatur

Anselin, L. 1988. *Spatial Econometrics - Methods and Models*, Dordrecht et al.

Anselin, L. 2003. Spatial externalities, spatial multipliers and spatial econometrics, *International Regional Science Review* 26, 153–166.

Barbaro, S. 2002. The distributional impact of subsidies to higher education - empirical evidence from Germany. Discussion Paper 114, Volkswirtschaftliches Seminar der Universität Göttingen, erscheint in *Finanzarchiv.*

Büttner, T., Kraus, M. und J. Rincke. 2003. Hochschulranglisten als Qualitätsindikatoren im Wettbewerb der Hochschulen. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 72, 252–270.

Case, A. C. 1991. Spatial patterns in household demand, *Econometrica* 59, 953–965.

Grüske, K.-D. 1994. Verteilungseffekte der öffentlichen Hochschulfinanzierung in der Bundesrepublik Deutschland – Personale Inzidenz im Querschnitt und Längsschnitt, in: Lüdecke, R. (Hrsg.), *Bildung, Bildungsfinanzierung und Einkommensveretilung*, Bd.2, Berlin, 71–147.

Pauly M. V. 1973. Income redistribution as a local public good, *Journal of Public Economics* 2, 35–58.

Recent Discussion Papers

95. Onozaki, Tamotsu / Sieg, Gernot / Yokoo, Masanori: Complex dynamics in a cobweb model with adaptive production adjustment. May 1998
96. Hennighausen, Axel: Die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe: Verkehrsverlagerung oder Steuerexport? 1998
97. Möller, Herbert: Geldumlaufgeschwindigkeit und Stabilität. January 1999
98. Gerloff, Axel: Stabilization during the Early Years of Transition - Some Stylized Facts. March 1999
99. Ahrens, Joachim: Governance, Conditionality and the Transformation of Post-Socialist Countries. April 1999
100. Mohsen, Fadi: Technischer Fortschritt und Humankapitalbildung in der Neuen Wachstumstheorie. September 1999
101. Sieg, Gernot: A political business cycle with boundedly rational agents. March 2000
102. Jarchow, Hans-Joachim: Geldpoltik bei extrapolativen, semirationalen und rationalen Inflationserwartungen. June 2000
103. Georgopoulos, Antonios / Salavrakos, Ioannis-Dionysios: Griechische Joint-Ventures in Ost-Europa - Ein erfolgversprechendes Kooperationsmodell? November 2000
104. Haufler, Andreas / Schjelderup, Guttorm / Stähler, Frank: Commodity Taxation and International Trade in Imperfect Markets. January 2001
105. Barbaro, Salvatore: Gibt es eine Umverteilung von den *Armen* zu den *Reichen* durch die öffentliche Hochschulfinanzierung? Tragen Akademiker die Kosten ihres Studiums? Einige methodologische Anmerkungen zum Forschungsstand über die Verteilungswirkungen der öffentlichen Hochschulfinanzierung in der Bundesrepublik Deutschland. May 2001
106. Krieger, Tim: Intergenerational Redistribution and Labor Mobility: A Survey. May 2001
107. Kalbitzer, Ute: Das Schweigen der Ökonomik. Wissenschaftliche Politikberatung als wirtschaftspolitischer Diskurs. May 2001
108. Haufler, Andreas / Pflüger, Michael: International Commodity Taxation under Monopolistic Competition, June 2001
109. Südekum, Jens: Home Goods and Regional Price Indices: A Perspective from New Economic Geography, July 2001
110. Onozaki, Tamotsu / Sieg, Gernot / Yokoo, Masanori: Stability, Chaos and Multiple Attractors: A Single Agent Makes a Difference, November 2001
111. Rühmann, Peter / Südekum, Jens: Severance Payments and Firm-Specific Human Capital, November 2001
112. Krieger, Tim: Immigration, Public Pensions, and Heterogenous Voters, April 2002
113. Lambsdorff, Johann Graf / Sitki Utku Teksoz: Corrupt Relational Contracting, May 2002
114. Barbaro, Salvatore: The Distributional Impact of Subsidies to Higher Education - Empirical Evidence from Germany, September 2002
115. Sauer, Christoph / Schratzenstaller, Margit: Strategies of international fiscal competition for foreign direct investment in a model with impure public goods, December 2002
116. Barbaro, Salvatore: The Combined Effect of Taxation and Subsidization on Human Capital Investment, January 2003
117. Südekum, Jens: Increasing Returns and Spatial Unemployment Disparities, April 2003
118. Krieger, Tim / Sauer, Christoph: Will Eastern European Migrants Happily Enter the German Pension System after the EU Eastern Enlargement? May 2003