

Nina Czernich, Oliver Falck, Tobias Kretschmer und Ludger Wößmann

Eine weit verbreitete These besagt, dass moderne Kommunikationsnetze zum Wirtschaftswachstum beitragen, indem sie die Verbreitung von Informationen und die Entwicklung und Adaption von Innovationen fördern (vgl. etwa Wößmann 2009). Auf den ersten Blick scheinen die positiven Effekte von Breitbandinfrastruktur auf Wirtschaftswachstum offensichtlich, jedoch steht eine stichhaltige empirische Quantifizierung ihrer wachstumsfördernden Effekte noch aus. Der vorliegende Beitrag berichtet über eine Studie, in der wir den Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das Wirtschaftswachstum empirisch untersuchen. Basierend auf jährlichen Daten von 25 OECD-Ländern über den Zeitraum 1996 bis 2007 und unter Verwendung eines Instrumentvariablenansatzes finden wir, dass die Einführung und Verbreitung von Breitbandinfrastruktur einen wichtigen Einflussfaktor auf das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum darstellt. Nach der Einführung von Breitbandinfrastruktur in einem Land liegt das Pro-Kopf-Einkommen über unseren Beobachtungszeitraum durchschnittlich um 2,7 bis 3,9% höher als vor der Einführung. Hinsichtlich der Verbreitung von Breitbandinfrastruktur zeigt sich, dass eine Erhöhung der Breitbandnutzerrate in der Bevölkerung um 10 Prozentpunkte das jährliche Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum um 0,9 bis 1,5 Prozentpunkte erhöht.

Viele Länder haben als Antwort auf die aktuelle Wirtschaftskrise Konjunkturpakete mit dem Ziel beschlossen, den Abschwung zu mildern und gleichzeitig langfristiges Wirtschaftswachstum zu stimulieren. Viele dieser Pakete beinhalten Investitionen in den Ausbau von Breitbandinfrastruktur, die insbesondere schnelles Internet ermöglicht (vgl. OECD 2009). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Höhe der vorgesehenen Investitionen in Breitbandnetze, die im Rahmen von Konjunkturprogrammen einiger OECD-Länder und der EU geplant sind. Die Höhe der geplanten Investitionen variiert beachtlich zwischen den Ländern. Unter den Ländern, für die Informationen vorliegen, hat Deutschland nach OECD-Angaben die niedrigste Investitionssumme pro Kopf (2,66 US-Dollar) vorgesehen, während Australien (1.589,19 US-Dollar) und Luxemburg (577,74 US-Dollar) die höchsten Investitionen planen.

Die Idee, die diesen Investitionsprogrammen zugrunde liegt, besagt, dass mo-

derne Kommunikationsnetze die Verbreitung von Informationen und die Entwicklung und Adaption von Innovationen fördern und dadurch zu Wirtschaftswachstum beitragen. Die schnelle Verbreitung von Informationen über moderne Kommunikationsnetze geht über die Senkung von grundlegenden Koordinationskosten hinaus, die durch die Sprachtelefonie erreicht wurde. So trägt Breitbandinfrastruktur zur Verbreitung neuer Ideen und Informationen bei und fördert dadurch den Wettbewerb um und die Entwicklung von neuen Produkten und Geschäftsmodellen.

Tab. 1
Geplante Investitionen in moderne Kommunikationsnetze im Rahmen von Konjunkturprogrammen

Land	Geplante Investitionen		
	in nationaler Währung	in US-Dollar	in US-Dollar pro Kopf
Australien	AUD 40 Mrd.	33,4 Mrd.	1 589,19
Deutschland	EUR 150 Mill. (geschätzt)	219 Mill.	2,66
Finnland	EUR 66 Mill.	96,36 Mill.	18,22
Japan	JPY 3 Bill.	29 Mrd.	226,97
Kanada	CAD 225 Mill.	211 Mill.	6,40
Luxemburg	EUR 195 Mill.	285 Mill.	577,74
Portugal ^{a)}	EUR 50 Mill.	73 Mill.	6,88
Slowenien	über EUR 15 Mill.	21,9 Mill.	10,67
USA	USD 7,2 Mrd.	7,2 Mrd.	23,87
EU ^{b)}	EUR 1 Mrd.	1,46 Mrd.	2,95

^{a)} Fiskalische Anreize. Darüber hinaus plant Portugal Breitband-Internet und LAN-Zugang in Schulen zu fördern (EUR 61 Mill.). – ^{b)} Supranationales Programm.

Quelle: OECD, Policy Responses to the Economic Crises: Investing in Innovation for Long-Term Growth, Paris 2009.

* Der vorliegende Beitrag basiert auf der Studie »Broadband Infrastructure and Economic Growth«, die am 1. Dezember 2009 bei der Denkfabrik Bruegel in Brüssel vorgestellt wurde und soeben in der CESifo Working Paper Reihe als Nr. 2861 erschienen ist. Wir danken der Deutschen Telekom AG für die finanzielle Unterstützung dieses Grundlagenforschungsprojekts. Die hier vertretenen Positionen spiegeln die Sicht der Autoren und nicht notwendigerweise die der Deutschen Telekom AG wider.

Der Austausch von Informationen, der durch Breitbandinfrastruktur ermöglicht wird, trägt nicht nur zu einer besseren Nutzung des bestehenden Wissensstands bei, sondern ermöglicht auch die Gewinnung neuer Erkenntnisse und erhöht so den Wissensstand. Die moderne volkswirtschaftliche Wachstumstheorie sieht in der Generierung neuen Wissens und im technologischen Fortschritt die entscheidenden Treiber wirtschaftlichen Wachstums (vgl. etwa Aghion und Howitt 2009). Schnelles Internet via Breitbandinfrastruktur kann durch verschiedene Kanäle auf Wachstum wirken: Erstens kann schnelles Internet zu einer Erhöhung der innovativen Kapazitäten einer Volkswirtschaft beitragen, die wiederum zur Entwicklung von potentiell wachstumsfördernden neuen Produkten und Prozessen führen. Zweitens kann die vereinfachte Weitergabe von Informationen die Adaption neu entwickelter Technologien erleichtern, was wiederum das Wirtschaftswachstum fördert. Drittens können aus Kombinationen von Breitbandinfrastruktur mit anderen Technologien wie etwa Informationstechnologien neue Produkte und Organisationsstrukturen entstehen, die ebenfalls die Produktivität von Firmen erhöhen können (vgl. z.B. Bloom, Kretschmer und Van Reenen 2009).

Literaturüberblick

Auf den ersten Blick scheinen die positiven Effekte von Breitbandinfrastruktur auf Wirtschaftswachstum offensichtlich, jedoch steht eine stichhaltige empirische Quantifizierung ihrer wachstumsfördernden Effekte noch aus. Röller und Waverman (2001) haben den Effekt von Investitionen in das traditionelle (vermittelte) Sprachtelefonienetz auf das Wirtschaftswachstum untersucht. Sie untersuchen auf Basis von Daten aus 21 OECD-Ländern über den Zeitraum 1971–1990, wie Investitionen in das Sprachtelefonienetz auf das Wirtschaftswachstum wirken. Dafür verwenden sie ein simultanes Gleichungsmodell, das sowohl die Nachfrage- als auch die Angebotsseite des Telekommunikationssektors in ein einfaches gesamtwirtschaftliches Wachstumsmodell integriert. Dabei bestimmen die geographische Fläche und das staatliche Budgetdefizit eines Landes die Angebotsseite im Modell. Röller und Waverman (2001) kommen zu dem Ergebnis, dass etwa ein Drittel des Wirtschaftswachstums im Beobachtungszeitraum auf den Ausbau des Sprachtelefonienetzes zurückzuführen ist. Diese Analy-

se ist ein gutes Beispiel für die Identifizierung kausaler Effekte in makroökonomischen Wachstumsanalysen. Allerdings reicht der Beobachtungszeitraum noch nicht bis zum Aufkommen von Breitbandtechnologien, deren Effekt hier analysiert werden soll. Wie oben beschrieben, beeinflussen Breitbandinvestitionen das Wirtschaftswachstum vermutlich auf andere Weise als die traditionelle Sprachtelefonie.

Politikberatungsstudien zum Effekt von Breitbandinfrastruktur wurden für die USA von Crandall, Lehr und Litan (2007) sowie Gillett, Lehr, Osorio und Sirbu (2006) vorgelegt. Beide Studien analysieren regionale Unterschiede in der Breitbandverbreitung und finden einen positiven Zusammenhang zwischen Breitbandverbreitung und verschiedenen ökonomischen Größen wie Beschäftigung, Löhne und Hauspreise. Allerdings können diese Ergebnisse nur als Korrelationen und nicht als kausale Zusammenhänge interpretiert werden.

Kasten 1 Instrumentvariablenansatz – Idee und Intuition

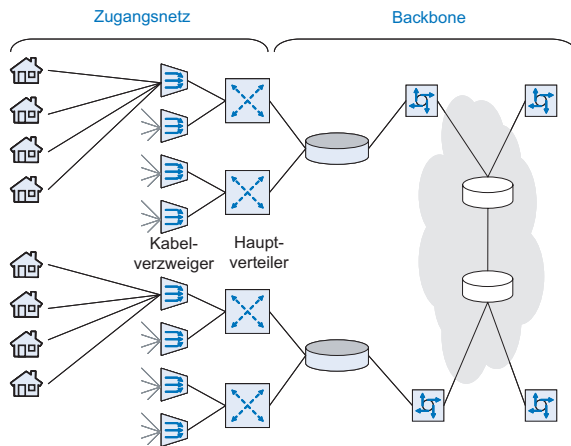
Der so genannte Instrumentvariablenansatz (IV) ist eine Strategie, die versucht, kausale Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen aufzuzeigen. Mit diesem Ansatz versucht man quasi, ein echtes Experiment, bei dem sich eine Behandlungs- und eine Kontrollgruppe nur in der Ausprägung der interessierenden Variable unterscheiden, möglichst gut zu simulieren. Daher werden solche Identifikationsstrategien auch als »natürliche Experimente« oder »Quasi-Experimente« bezeichnet (vgl. Angrist und Krueger 2001; Schlotter, Schwerdt und Wößmann 2009).

Der Kerngedanke des Ansatzes ist recht einfach. Die Variation in der interessierenden erklärenden Variable – hier die Breitbandnutzung – wird gedanklich in zwei Teile aufgeteilt: Ein Teil ist von Endogenitätsproblemen wie umgekehrter Kausalität oder dem Fehlen einer relevanten Einflussgröße im empirischen Modell betroffen. Der andere Teil ist im unterstellten empirischen Modell exogen und kann somit für die Identifikation des kausalen Effekts verwendet werden. Der IV-Ansatz zielt darauf ab, den zweiten Teil der Variation der interessierenden erklärenden Variable zu isolieren. Dies wird dadurch erreicht, dass nur der Teil der Variation in der erklärenden Variable verwendet wird, der einer beobachtbaren dritten Variablen (dem »Instrument«) zugeordnet werden kann, die nicht mit der Ergebnisvariable (oder fehlenden relevanten Einflussgrößen) korreliert ist.

Der Knackpunkt des IV-Ansatzes besteht darin, ein überzeugendes Instrument zu finden, d.h. eine Variable, die mit der erklärenden Variable (Breitbandverbreitung) korreliert ist (»Relevanz des Instruments«), die aber außer durch den indirekten Effekt über die erklärende Variable nicht mit der Ergebnisvariable – in unserem Fall Wirtschaftswachstum – korreliert ist (»Exogenität des Instruments«). Wenn ein solches Instrument – in unserem Fall der Ausbau des Sprachtelefonie- und des Kabelnetzes vor Breitbandeinführung – gefunden werden kann, ermöglicht dies die Identifikation des kausalen Effekts der interessierenden erklärenden Variablen auf die Ergebnisvariable. So können Probleme wie umgekehrte Kausalität und das Fehlen einer relevanten Einflussgröße im empirischen Modell überwunden und konsistente Schätzungen erlangt werden.

Die am häufigsten verwendete Variante des IV-Ansatzes geht von einem linearen Zusammenhang zwischen der erklärenden Variable und dem Instrument aus. Bei Zugrundelegen eines nicht-linearen Zusammenhangs ist es – wie im vorliegenden Fall – entscheidend, die richtige funktionale Form zu wählen, da das Verfahren sonst nicht zu konsistenten Schätzungen führt. Da eine Vielzahl von Studien zu dem Ergebnis kommt, dass die Diffusion neuer Technologien am besten durch eine S-förmige Diffusionskurve beschrieben wird (vgl. Kasten 2), dürfte dies im vorliegenden Fall gegeben sein.

Abb. 1
Struktur des Telekommunikationsnetzes im Übergang zu einem schnellen Breitbandnetz



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Anell, P., S. Jay und T. Plückerbaum (2007). Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service. *Wik Diskussionsbeitrag* 302.

Methode

Mehrere Aspekte machen es schwierig, den kausalen Effekt eines verbesserten Angebots von Breitbandinfrastruktur auf das volkswirtschaftliche Wachstum zu identifizieren. Erstens besteht das Problem umgekehrter Kausalität,

d.h. in reicheren Ländern besteht eine höhere individuelle Zahlungsfähigkeit und damit auch eine höhere Nachfrage nach auf Breitband basierenden Dienstleistungen. Dies führt nachfragegetrieben zu einer höheren Breitbandnutzerrate. Zweitens können staatliche Interventionen im Telekommunikationssektor, wie in den oben genannten Konjunkturpaketen, von der wirtschaftlichen Situation eines Landes abhängen. Dann kann der wachstumsfördernde Effekt einer verbesserten Breitbandinfrastruktur nicht von dem Effekt endogener Regulierung und endogener staatlicher Interventionen getrennt werden. Drittens besteht das Problem, dass in einer von technologischer Dynamik geprägten Welt der Effekt der Breitbandverbreitung nur schwer vom Effekt der zeitgleichen Verbreitung anderer potentiell wachstumsfördernder Technologien wie Mobiltelefonie oder Computer getrennt werden kann.

Um diese Probleme zu lösen, verwenden wir einen Instrumentvariablenansatz, der sich zunutze macht, dass die Breitbandrate in einem Land durch die Ausdehnung der traditionellen Netze für Sprachtelefonie und Kabelfernsehen beeinflusst wird. In Kasten 1 sind Idee und Intuition des Instrumentvariablenansatzes zusammengefasst. Dieser Identifikationsstrategie liegt die Idee zugrunde, dass weit verbreitete Breitbandstandards wie ADSL und VDSL die Kupferkabel des Sprachtelefonienetzes oder das Koaxialkabel des Kabelfernsehnetzes für die letzte Meile zwischen Hauptverteiler oder Kabelverzweiger und Haushalt verwenden. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Struktur des Telekommunikationsnetzes im Übergang zu einem schnellen Breitbandnetz. In Ländern, in denen das Glasfasernetz bis zu den Haushalten ausgebaut wird, werden typischerweise die Rohre und Kabelschächte der bestehenden Netze verwendet, um die Ausbaukosten für die neuen Netze zu senken. Der Zugang zu einem dieser bestehenden Infrastrukturelemente ist also für den Ausbau leitungsgebundener Breitbandnetze im Regelfall für einen ökonomisch sinnvollen Ausbau notwendig.

Kasten 2
Die Diffusion neuer Technologien

Basierend auf der Arbeit von Griliches (1957) kommt eine Vielzahl von Studien zu dem Ergebnis, dass die Diffusion neuer Technologien am besten durch eine S-förmige Diffusionskurve beschrieben werden kann, wie sie in Abbildung 2 durch die roten Kurven dargestellt wird (Geroski 2000; Comin, Hobijn und Rovito 2006). Während die S-Form zwar die extensive Diffusion, d.h. die Anzahl der Nutzer, für eine Vielzahl von Technologien sehr gut trifft, zeigen Comin, Hobijn und Rovito (2006), dass sie die intensive Nutzung, d.h. die Nutzungsintensität, für viele Technologien weniger gut abbildet.

Die S-förmige Diffusionskurve wird durch die folgende mathematische Funktion beschrieben:

$$B_t = \frac{\gamma}{1 + \exp(-\beta(t - \tau))}$$

Dabei steht B_t für die Breitbandnutzerrate in der Bevölkerung. Die Diffusionskurve wird durch die Parameter γ , β und τ bestimmt, die für die maximale Breitbandnutzerrate (die »Sättigungsgrenze«), die Diffusionsgeschwindigkeit und den Wendepunkt des Diffusionsprozesses stehen. Am Wendepunkt τ hat die Diffusionskurve ihre maximale Wachstumsrate $\beta/2$.

Aufgrund der begrenzten Datenverfügbarkeit ist unser Maß für Breitband recht grob, so dass wir mögliche Unterschiede in den Bandbreiten zwischen den Ländern nicht berücksichtigen können. Daher konzentrieren wir unsere Analyse auf die extensive Nutzung und nicht die intensive Nutzung von Breitbandtechnologie. Die Fokussierung auf die extensive Diffusion erlaubt uns, den beschriebenen S-förmigen Verlauf zu modellieren, klammert aber einen Teil der Entwicklung aus, da neue Technologien unterschiedlich intensiv genutzt werden können. Da wir aber vor allem an den neuen Möglichkeiten, die durch Breitbandverbreitung entstehen, interessiert sind, ist die extensive Diffusion gleichwohl ein informatives Maß.

Die bestehenden Infrastrukturelemente sind daher relevante Instrumente für den leitungsgebundenen Breitbandausbau und ermöglichen die Identifizierung kausaler Effekte von

Breitbandinfrastruktur auf Wirtschaftswachstum. Diese bestehenden Netze für Sprachtelefonie und Kabelfernsehen wurden für andere Zwecke als die Bereitstellung von breitbandigem Internet errichtet und beeinflussen nicht die Ausbreitung anderer Technologien wie Mobiltelefonie oder Computer (wie wir unten noch zeigen werden). Darüber hinaus ist der direkte Wachstumseffekt der bestehenden Netze mit dem Aufkommen von Substituten wie Mobiltelefonie und Voice-over-IP-Telefonie zurückgegangen. Damit stellen die bestehenden Infrastrukturelemente valide Instrumente für die Ausbreitung leitungsgebundener Breitbandnetze dar und lassen damit eine Identifikation des kausalen Effekts der Breitbandverbreitung auf Wirtschaftswachstum zu.

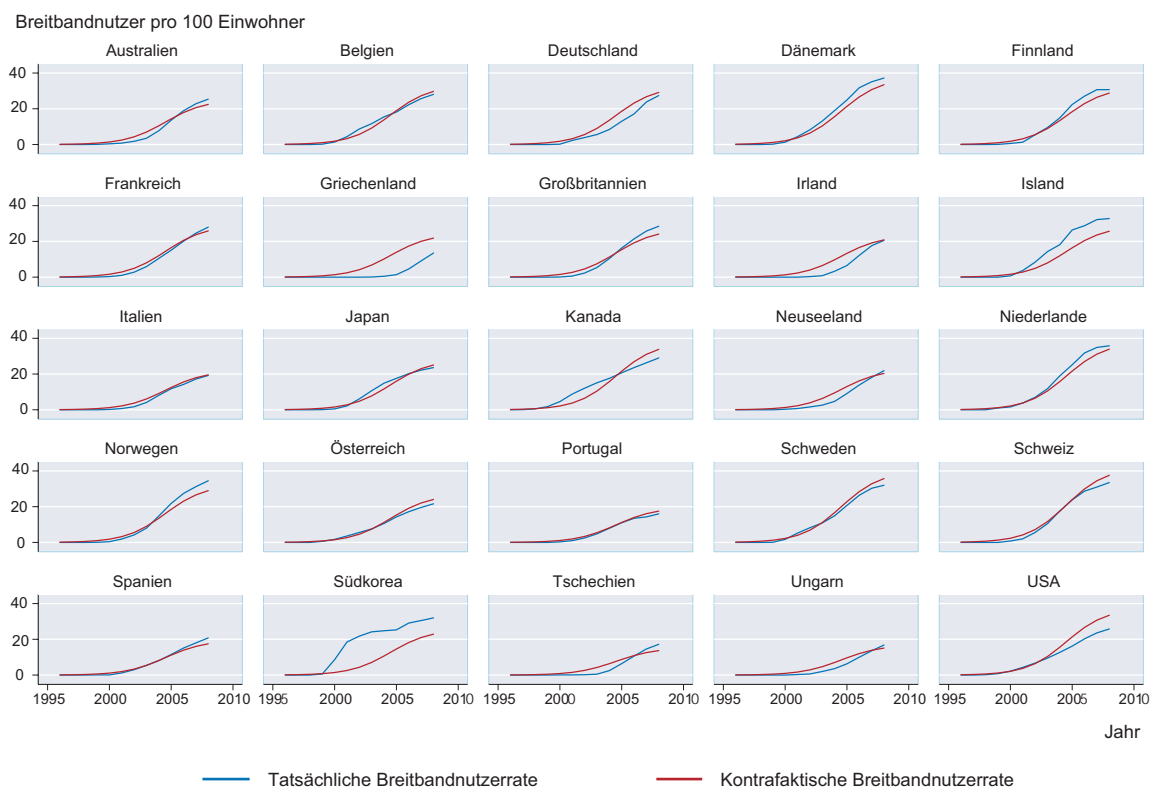
Die erste Stufe unseres Instrumentvariablenmodells modelliert, dass die maximale Ausbreitung der Breitbandnetze von der Ausbreitung der Netze für Sprachtelefonie und Kabelfernsehen, die schon vor dem Aufkommen von Breitbandinternet bestanden, teilweise bestimmt wird. Um die Ausbreitung der traditionellen Netze für Sprachtelefonie und Kabelfernsehen abzubilden, verwenden wir die Anzahl der Telefonleitungen pro 100 Einwohner im Jahr 1996 und die Anzahl der Kabelfernsehanschlüsse pro 100 Einwohner im Jahr 1996, d.h. im Jahr vor dem ersten Aufkommen von Breitband (in Kanada). Unser Diffusionsmodell bildet die Breitbandnutzung über die Zeit, ausgedrückt durch die Zahl der

Breitbandnutzer in einem Land relativ zur Gesamtbevölkerung, durch eine S-förmige Diffusionskurve ab, die durch ein nichtlineares Kleinstquadratmodell geschätzt wird. Kasten 2 stellt die Diffusion neuer Technologien dar.

Ausgehend von der S-förmigen Diffusionskurve berechnen wir kontrafaktische Werte der Breitbandverbreitung, die ausschließlich durch exogene Faktoren – nämlich durch die Verbreitung der traditionellen Netze – bestimmt werden. Abbildung 2 gibt einen Überblick über tatsächliche und kontrafaktische Breitbandnutzerraten. Die kontrafaktischen – und damit um mögliche umgekehrte Kausalität oder sonstige unbeobachtete Ursachen bereinigten – Breitbandnutzerraten verwenden wir schließlich in den Wachstumsschätzungen.

Unsere Wachstumsschätzungen basieren auf einer einfachen makroökonomischen Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen und den drei Inputfaktoren physisches Kapital, Humankapital und Arbeit (Mankiw, Romer und Weil 1992). Die empirische Beobachtung kontinuierlichen Wachstums des Pro-Kopf-Einkommens lässt sich in diese Modellstruktur durch die Annahme von im Zeitablauf kontinuierlich fortschreitendem technologischem Fortschritt abbilden. Unter der Annahme, dass die Verbreitung von Ideen und Informationen via Breitbandnetze die Entwicklung

Abb. 2
Tatsächliche und kontrafaktische Breitbandnutzerraten



Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

von und den Wettbewerb um neue Produkte und Prozesse erhöht und die Adaption neu entwickelter Technologien erleichtert, gehen wir davon aus, dass Breitband einen Einfluss auf die Rate des technologischen Fortschritts hat. Wir schätzen zwei Spezifikationen des Modells, um den Effekt der Einführung und den der Verbreitung von Breitband auf die Entwicklung des BIP pro Kopf zu bestimmen.

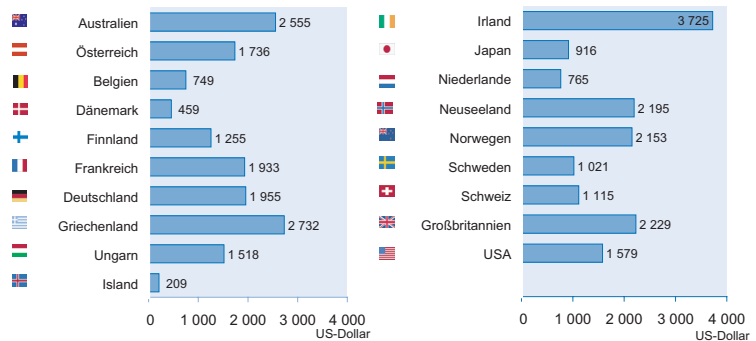
Ergebnisse

Basierend auf 25 OECD-Ländern zeigen unsere Ergebnisse für den Zeitraum 1996–2007 einen signifikant positiven Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das Wirtschaftswachstum. Nach der Einführung der Breitbandtechnologie in einem Land liegt das BIP pro Kopf in den darauf folgenden Jahren im Durchschnitt um 2,7 bis 3,9% höher als vor der Einführung (unter Berücksichtigung fixer Länder- und Jahreseffekte). Für die Verbreitung der Breitbandnutzung zeigt sich, dass eine Erhöhung der Breitbandnutzerrate um 10 Prozentpunkte das jährliche Wachstum des BIP pro Kopf um 0,9 bis 1,5 Prozentpunkte erhöht.¹

Diese 10 Prozentpunkte entsprechen ungefähr dem Abstand, um den die Breitbandnutzerrate in Deutschland im Jahr 2003 geringer war als in den führenden OECD-Ländern. Zur Illustration der Größe des Effekts sei folgendes Szenario angenommen: Hätte Deutschland im Jahr 2003 seine Breitbandnutzerrate um 10 Prozentpunkte gesteigert, wäre das BIP pro Kopf im Jahr 2007 um 3,7 bis 5,9% höher gewesen (vgl. Abb. 3). Analog dazu lässt sich der gleiche Wert für die anderen Länder berechnen – d.h. der hypothetische Effekt auf das BIP, der erzielt worden wäre, hätten alle Länder im Jahr 2003 die gleiche Breitbandnutzerrate wie das führende Land, Kanada, gehabt. Das zusätzliche BIP pro Kopf, das jedes Land im Jahr 2007 erreicht hätte, ist in Abbildung 4 dargestellt.

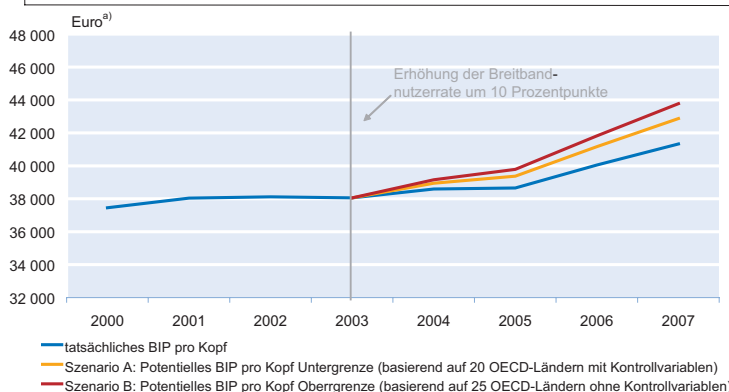
Diese Ergebnisse erweisen sich als äußerst robust und bleiben auch bei der Aufnahme einer Reihe von Kontrollvariablen, von fixen Effekten für Länder und Jahre sowie in verschiedenen Länderuntergruppen bestehen. Da die Schätzgleichung für die Verbreitung der Breitbandnutzung nicht linear ist, können wir unsere Instrumente als zusätzliche Kontrollvariablen in die Wachstumsschätzung aufnehmen, was die Ergebnisse nicht ändert. Außerdem lässt sich zeigen, dass die Instrumente zwar die maximale Breitbandverbreitung beeinflussen, aber keinen Einfluss auf andere potentiell wachstumsfördernde Technologien wie Mobiltelefonie oder Computer haben.

Abb. 4
Zusätzliches BIP pro Kopf im Jahr 2007, wenn das Land im Jahr 2003 die gleiche Breitbandnutzerrate wie das führende Land gehabt hätte



Mittelwert der Ober- und Untergrenze des Effekts (siehe Abb. 3).
Das führende Land, Kanada, hatte im Jahr 2003 eine Breitbandnutzerrate von 15,1%.
Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

Abb. 3
Potentielles BIP pro Kopf, wenn Deutschland im Jahr 2003 seine Breitbandnutzerrate um 10 Prozentpunkte erhöht hätte



^{a)} BIP pro Kopf ausgedrückt in Euro zu Preisen im Jahr 2000.
Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

Schlussfolgerungen

In der hier zusammengefassten Studie wurde der Effekt von Breitbandinfrastruktur auf Wirtschaftswachstum untersucht. Basierend auf jährlichen Daten aus 25 OECD-Ländern und unter Verwendung eines Instrumentvariablenansatzes finden wir, dass die Einführung und Verbreitung von Breitband einen wichtigen Einflussfaktor auf das Pro-Kopf-Wirtschaftswachstum darstellt. Unsere Ergebnisse sind stabil und bleiben

¹ Die Untergrenze ergibt sich aus einer Schätzung, die auf 20 OECD-Ländern basiert und alle Inputfaktoren, d.h. physisches Kapital, Humankapital und Arbeit, beinhaltet. Die Obergrenze ergibt sich aus einer Schätzung basierend auf den kompletten 25 Ländern ohne Inputfaktoren als Kontrollvariablen.

auch bei verschiedenen Tests und der Aufnahme zusätzlicher Kontrollvariablen bestehen. Unsere Instrumente für das in einem logistischen Diffusionsmodell endgültig zu erreichende Breitbandangebot, die Ausbreitung der bereits bestehenden Netzinfrastrukturen für Sprachtelefonie und Kabelfernsehen, helfen, potentiell verzerrende Effekte auf die Ergebnisse zu beseitigen. Die verwendeten Instrumente erklären die Verbreitung von leitungsgebundener Breitbandinfrastruktur, nicht aber die Verbreitung anderer Technologien, die zur gleichen Zeit aufkamen. Diese Ergebnisse unterstützen eine kausale Interpretation des in unserem Ansatz identifizierten Effektes von Breitbandinfrastruktur.

Da Breitband erst Mitte der 90er Jahre aufkam und neue Technologien regelmäßig durch wiederum neu entwickelte Technologien wie z.B. mobiles Breitband ersetzt werden, können unsere Ergebnisse nur einen mittelfristigen Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das volkswirtschaftliche Wachstum darstellen. Langfristige Projektionen des Effektes von Breitband auf Wachstum werden erst möglich, wenn ein längerer Beobachtungszeitraum vorliegt und die Rolle, die leitungsgebundene Breitbandinfrastruktur bei der Entstehung weiterer Infrastrukturinnovationen in der Zukunft spielt, besser verstanden werden kann. Gleichwohl zeigen die Ergebnisse für einen Beobachtungszeitraum von gut einer Dekade einen ökonomisch bedeutsamen und robusten Effekt der Verbreitung der Breitbandnutzung auf das Wirtschaftswachstum. Das Ergebnis stellt eine untere Grenze für den potentiell langfristigen Effekt von Breitbandinfrastruktur auf das volkswirtschaftliche Wachstum dar. Das tatsächliche Ausmaß des Effektes kann erst bei Vorliegen längerer Zeitreihen gemessen werden.

Literatur

- Aghion, P. und P. Howitt (2009), *The Economics of Growth*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Anell, P., S. Jay und T. Plückerbaum (2007), »Nachfrage nach Internetdiensten – Dienstearthen, Verkehrseigenschaften und Quality of Service«, Wik Diskussionsbeitrag 302.
- Angrist, J.D. und A.B. Krueger (2001), »Instrumental Variable and the Search for Identification: From Supply and Demand to Natural Experiments«, *Journal of Economic Perspectives* 15(4), 69–85.
- Bloom, N., T. Kretschmer und J. Van Reenen (2009), »Determinants and Consequences of Family-Friendly Workplace Practices: An International Study«, *Strategic Management Journal*, erscheint demnächst.
- Comin, D., B. Hobbijn und E. Rovito (2008), »Technology Usage Lags«, *Journal of Economic Growth* 13(4), 237–256.
- Crandall, R., W. Lehr und R. Litan (2007), *The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-sectional Analysis of U.S. Data*, Issues in Economic Policy, 6, The Brookings Institution, Washington DC.
- Geroski, P. (2000), »Models of Technology Diffusion«, *Research Policy* 29(4–5), 603–625.
- Gillett, S.E., W.H. Lehr, C.A. Osorio und M.A. Sirbu (2006), *Measuring the Economic Impact of Broadband Deployment*, Final Report, National Technical Assistance, Training, Research, and Evaluation Project 99-07-13829.
- Griliches, Z. (1957), »Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change«, *Econometrica* 25(4), 501–522.
- Mankiw, N.G., D. Romer und D.N. Weil (1992), »A Contribution to the Empirics of Economic Growth«, *Quarterly Journal of Economics* 107(2), 407–437.

OECD (2009), *Policy Responses to the Economic Crisis: Investing in Innovation for Long-Term Growth*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

Röller, L.-H. und L. Waverman (2001), »Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach«, *American Economic Review* 91(4), 909–923.

Schlotter, M., G. Schwerdt und L. Wößmann (2009), »Econometric Methods for Causal Evaluation of Education Policies and Practices: A Non-Technical Guide«, CESifo Working Paper, erscheint demnächst.

Wößmann, L. (2009), »Gestärkt aus der Krise: Potenziale für wissensbasiertes Wachstum«, *ifo Schnelldienst* 62(10), 3–7.