

**ZEW**

Zentrum für Europäische  
Wirtschaftsforschung GmbH

## **Die Bedeutung des Breitbandinternets für den Unternehmenserfolg**

**PROJEKTBERICHT**

**Mannheim**

**30. Juli 2010**

Projektteam: Dr. Irene Bertschek  
Dr. Daniel Cerquera  
Gordon Klein

Kontakt: Dr. Irene Bertschek  
Forschungsgruppe Informations- und  
Kommunikationstechnologien

Tel.: 0621/1235-178

Fax: 0621/1235-333

e-mail: bertschek@zew.de

*Wir danken der Deutschen Telekom AG (DTAG) für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojekts. Die hier vertretenen Positionen spiegeln die Sicht der Autoren und nicht notwendigerweise die der Deutschen Telekom wider.*

## 1. Gegenstand und Zielsetzung der Studie

Es ist mittlerweile unumstritten, dass Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) eine Schlüsselrolle für Produktivität und Wachstum einer Volkswirtschaft spielen (siehe z.B. die Übersicht von Draca et al. 2007). Als befähigender Faktor („general purpose technology“, Bresnahan und Trajtenberg 1995) hat IKT das Potenzial, Produkt- und Prozessinnovationen in Unternehmen aller Branchen zu begünstigen (siehe z. B. Brynjolfsson und Saunders 2010). Neue IKT-Anwendungen ermöglichen eine effiziente Gestaltung der Geschäftsprozesse und tragen zur Neuerung oder Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen bei, was wiederum eine höhere Arbeitsproduktivität bewirken kann. Die Literatur zum „skill-biased technological change“ zeigt, dass technologischer Fortschritt zu Veränderungen von Tätigkeitsstrukturen führt und somit zu höheren Anforderungen an die Qualifikation der Beschäftigten (siehe z.B. Autor et al. 2003, Spitz-Oener, 2006).

Eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur ist Voraussetzung dafür, das Potenzial moderner IKT-Lösungen effizient zu nutzen. Die globale Vernetzung ermöglicht es, Produkte und Dienstleistungen nicht nur national, sondern auch weit über die Landesgrenzen hinaus anzubieten. Darüber hinaus erleichtert die Vernetzung den Wissenstransfer und ermöglicht eine vor wenigen Jahren noch nicht realisierbare Arbeitsteilung. Viele Studien belegen die positiven Effekte von IKT für das gesamtwirtschaftliche Wachstum. Einige Studien, hauptsächlich auf Länderebene, liefern empirische Evidenz für positive Effekte des Breitbandinternets auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum.

Ziel dieses Projekts ist es, die Bedeutung des Breitbandinternets für die Arbeitsproduktivität, die Innovationstätigkeit und die Beschäftigungsstruktur von Unternehmen empirisch zu untersuchen. Die Untersuchungsebene in dieser Studie sind Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und ausgewählter Dienstleistungssektoren in Deutschland. Betrachtet wird eine frühe Phase des DSL-Ausbaus in Deutschland (die Jahre 2001 bis 2003)<sup>1</sup>. Im betrachteten frühen Diffusionsstadium weisen die Kenngrößen ‚Breitbandnutzung auf Unternehmensebene‘ und ‚DSL-Verfügbarkeit auf Postleitzahlebene‘ die erforderliche Variation auf, um Unterschiede zwischen Unternehmen mit und ohne Breitband identifizieren zu können. Wir wenden Analyseverfahren an, die es ermöglichen, kausale Effekte der Breitbandnutzung für den Unternehmenserfolg zu identifizieren. Die hier durchgeführte Studie ist unserem Wissen nach die erste, die anhand von Unternehmensdaten für Deutschland die Auswirkungen der Breitbandnutzung auf den Unternehmenserfolg untersucht.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass Breitbandinternet die Realisierung von Produkt- und Prozessinnovationen in der frühen Phase des DSL-Ausbaus 2001 bis 2003 signifikant gefördert hat. Im Vergleich zur Situation ohne Breitbandnutzung konnten die Unternehmen ihre Innovationsneigung steigern. Die Ergebnisse zur Bedeutung des Breitbandinternets für die Arbeitsproduktivität weisen eine hohe Varianz auf und sind nicht robust. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Breitbandnutzung und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten.

## 2. Literatur zu Breitbandinfrastruktur und ökonomischer Performanz

Eine aktuelle Studie von Czernich et al. (2009) untersucht die Auswirkungen der Breitbandinfrastruktur für wirtschaftliches Wachstum auf Grundlage von OECD-Länderdaten für die Jahre 1996 bis 2007. Zur Identifikation von Kausaleffekten leiten die Autoren die

---

<sup>1</sup> Der DSL-Ausbau lief Mitte 1999 in einigen wenigen Städten an und wurde 2000 großflächig durchgeführt.

Breitbandverfügbarkeit aus einem Modell für Technologiediffusion ab. Hiermit tragen sie der Tatsache Rechnung, dass Investitionen in Infrastruktur zuerst in vergleichsweise wirtschaftsstärkeren Regionen oder Ländern getätigt werden, d.h. dass die Investitionsentscheidung selbst von deren wirtschaftlichem Potenzial abhängt und somit endogen ist. Nach Einführung von Breitbandinternet ist das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf um 2,7 bis 3,9 Prozent höher als vorher. In den Folgejahren führt eine Steigerung der Breitbandpenetration um 10% zu einem Wachstum des Bruttoinlandsprodukts pro Kopf um 0,9 bis 1,5 Prozent.

In Anlehnung an die Studie von Röller und Waverman (2001) zur Bedeutung der Telekommunikationsinfrastruktur für wirtschaftliches Wachstum untersucht Koutroumpis (2009) den Beitrag von Breitbandinfrastruktur zum Wachstum des Bruttoinlandsprodukts. Auf Grundlage von Daten für 22 OECD-Länder und den Zeitraum 2002 bis 2007 findet er einen positiven und signifikanten kausalen Effekt der Breitbandinfrastruktur. Die Studie gibt außerdem eine aktuelle Übersicht über empirische Untersuchungen zu Breitband und Wachstum und bündelt diese in die Literatur zu allgemeinen Infrastrukturinvestitionen und Wachstum ein.

Gillett et al. (2006) analysieren für die USA die Effekte der Verfügbarkeit von Breitbandinternet u. a. auf die Beschäftigung, die Zahl der Betriebe und den Anteil IT-intensiver Betriebe sowie Löhne. Die Autoren nutzen Daten auf Staatenebene und auf Postleitzahlenebene für die Jahre 1998 bis 2002. Methodisch werden Instrumentvariablenschätzungen und Matching-Verfahren eingesetzt. Die Studie findet positive und signifikante Effekte der Breitbandverfügbarkeit für das Beschäftigungswachstum und für die Zahl der Betriebe sowie den Anteil von Betrieben in IT-intensiven Branchen. Hinsichtlich der durchschnittlichen Löhne sind keine signifikanten Effekte nachweisbar. Aufgrund von Datenlimitationen sind Aussagen bezüglich der Kausalität nur beschränkt möglich. Informationen zur Breitbandverfügbarkeit auf Bundesstaatenebene (insgesamt 48 Beobachtungen) erweisen sich als zu aggregiert, um verlässliche Ergebnisse zu erhalten. Die Studie weist auch auf vorherige Untersuchungen hin, die zeigen, dass die Investitionsentscheidung der Breitbandanbieter nicht unabhängig von den ökonomischen Kennzahlen der jeweiligen Regionen ist und berücksichtigt dies in den Schätzungen, indem die erklärenden Variablen um die Wachstumsraten der zu erklärenden Erfolgsmaße für den Zeitraum 1994 bis 1998 vor Einführung des Breitbandinternets ergänzt werden.

Die Studie von Crandall et al. (2007) untersucht die Beziehung zwischen Breitbandpenetration und Beschäftigung und Bruttoinlandsprodukt anhand von Daten aus den Jahren 2003 bis 2005 auf US-Bundesstaatenebene. Über alle Industriesektoren hinweg hängt die Breitbandpenetration signifikant positiv mit der Beschäftigung zusammen. Dieser Zusammenhang lässt sich jedoch nicht für Schätzungen des Bruttoinlandsprodukts verifizieren. Bei der Betrachtung branchenspezifischer Effekte sind lediglich in einzelnen wenigen Dienstleistungssektoren signifikante Effekte für die Beschäftigung und das Bruttoinlandsprodukt nachzuweisen.

Eine aktuelle Diskussion über die empirische Forschung zu Breitband und Wachstum in den USA findet sich bei Holt und Jamison (2009).

Empirische Evidenz für Deutschland zeigt die im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie durchgeführte Studie von MICUS (2006). Diese versucht, das breitbandinduzierte Wachstum von Bruttoinlandsprodukt und Beschäftigung zu schätzen und berücksichtigt hierzu sowohl direkte Effekte (Segmentwachstum) als auch indirekte Effekte (Substitutions- und Produktivitätseffekte). Der relevante Markt wird in Basis- und Zusatzdienste (z.B. E-Commerce, E-Learning, etc.) abgegrenzt. Für diese Dienste werden jeweils in verschiedenen Szenarien bei unterschiedlich schnellem Breitbandausbau die direkten und indirekten Effekte ermittelt. Die dann aggregierten Ergebnisse weisen für den

Zeitraum 2004 - 2010 auf ein BIP-Wachstum von 18 - 46 Mrd. Euro und auf ein Beschäftigungswachstum zwischen 9.000 - 265.000.

Eine im Auftrag der EU (MICUS 2008) durchgeführte Studie untersucht die Auswirkungen von Breitbandinfrastruktur auf Beschäftigung und Produktivität anhand zweier exemplarischer europäischer Regionen (Cornwall, Großbritannien und Piemonte, Italien). Die Integration von innovativen Breitbandzusatzdiensten in Unternehmensprozesse erhöht die Arbeitsproduktivität. Breitbandverfügbarkeit verstärkt die Spezialisierung in wissensintensiven Dienstleistungen und fördert den strukturellen Wandel hin zu einem wachsenden Sektor für unternehmensnahe Dienstleistungen. Breitbandbasierte Innovationen in diesem Sektor haben einen positiven Beschäftigungseffekt.

Die hier durchgeführte Studie untersucht die Bedeutung des Breitbandinternets für die Innovationstätigkeit, die Arbeitsproduktivität und die Beschäftigungsstruktur von Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und ausgewählter Dienstleistungssektoren in Deutschland. Betrachtet wird eine frühe Phase des DSL-Ausbaus in Deutschland (die Jahre 2001 bis 2003)<sup>2</sup>. In diesem frühen Diffusionsstadium weisen die Kenngrößen ‚Breitbandnutzung auf Unternehmensebene‘ und ‚Breitbandverfügbarkeit auf Postleitzahlebene‘ die erforderliche Variation auf, um Unterschiede zwischen Unternehmen mit und ohne Breitband identifizieren zu können. Im Unterschied zu empirischen Analysen, die sich darauf beschränken, Korrelationen aufzuzeigen, wenden wir Analyseverfahren an, die es ermöglichen, ursächliche Effekte der Breitbandnutzung für den Unternehmenserfolg zu identifizieren.

### 3. Daten

Datengrundlage für die Untersuchungen sind die von der Deutschen Telekom zur Verfügung gestellten Daten zur DSL-Verfügbarkeit auf Postleitzahlebene sowie die vom ZEW erhobenen Unternehmensdaten der IKT-Umfrage. Die ZEW-Erhebung fand in den Jahren 2000, 2002, 2004 und 2007 statt. Befragt wurden jeweils rund 4.500 deutsche Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes und ausgewählter Dienstleistungsbranchen mit mindestens fünf Beschäftigten.<sup>3</sup> Die Stichprobe ist geschichtet nach 14 Branchen, drei Größenklassen und nach Ost- und Westdeutschland. Ziel der Erhebungen war es in erster Linie, ein repräsentatives Bild über die Nutzung und Verbreitung von IKT in deutschen Unternehmen zu erhalten und eine Datengrundlage zu schaffen, die es ermöglicht, die Auswirkungen der IKT-Nutzung auf verschiedene Unternehmenscharakteristika zu analysieren. Die Daten enthalten detaillierte Informationen über die Nutzung verschiedener IKT-Anwendungen, über die Art des Internetzugangs sowie Informationen zur Beschäftigung und zur Qualifikations- und Altersstruktur der Beschäftigten. Grundlage für die Untersuchungen in dieser Studie sind die Wellen 2002 und 2004 der IKT-Umfrage des ZEW. Folgende Variablen wurden in die Analysen einbezogen.<sup>4</sup>

#### Breitband

- Breitbandnutzung im Unternehmen im Jahr 2002, wobei Breitband sowohl DSL als auch Standleitung beinhaltet<sup>5</sup>
- Anteil der Beschäftigten, die überwiegend am Computer arbeiten
- DSL-Verfügbarkeit auf Postleitzahlebene, gemessen in Tagen, d.h. 31. 12. 2001 minus Tag der DSL-Inbetriebnahme

<sup>2</sup> Der DSL-Ausbau lief Mitte 1999 in einigen wenigen Städten an und wurde 2000 großflächig durchgeführt.

<sup>3</sup> Eine Übersicht über die befragten Branchen befindet sich in Anhang A.

<sup>4</sup> Die Formulierung der Fragen im Fragebogen befindet sich in Anhang A.

<sup>5</sup> Im weiteren Verlauf der Studie wird keine Differenzierung zwischen unterschiedlichen Breitbandtechnologien gemacht. Verschiedene Schätzungen zeigen, dass DSL und Standleitung keine unterschiedlichen Auswirkungen auf die betrachteten Performanzgrößen aufweisen.

Performanzgrößen (ZEW IKT-Umfrage)

- Arbeitsproduktivität (Umsatz pro Beschäftigten) 2003
- Realisierte Produkt- und Prozessinnovationen im Zeitraum 2001 bis 2003
- Anteil hochqualifizierter Beschäftigter 2003.

Wie Tabelle 1 zeigt, erfolgte der DSL-Breitbandausbau insbesondere in den Jahren von 2000 bis 2002. Ende 2002 ist bereits in gut 86 Prozent der Postleitzahlbereiche DSL in Betrieb, d.h. dass mindestens ein Hauptverteiler im Postleitzahlbereich für die DSL-Nutzung ausgestattet ist. Die Nutzung der Wellen 2002 und 2004 der IKT-Umfrage bietet somit den Vorteil, dass sie sich auf einen Zeitraum beziehen, der sich an die Startphase des DSL-Ausbaus anschließt. In diesem Zeitraum besteht folglich noch eine große Varianz über die Unternehmen hinweg bezüglich der Verfügbarkeit und der Nutzung von Breitband. Zu einem späteren Betrachtungszeitraum und in späteren Wellen der IKT-Umfrage ist der DSL-Ausbau bereits soweit fortgeschritten, dass kaum noch Unternehmen auszumachen sind, die in Postleitzahlbereichen ohne DSL-Verfügbarkeit angesiedelt sind.

**Tabelle 1: DSL-Ausbau auf Postleitzahlebene**

Jahr	Anzahl der erschlossenen Bereiche	Anteil der erschlossenen Bereiche	Kumulierter Anteil der erschlossenen Bereiche
2000	1249	21.73	21.73
2001	3094	53.84	75.57
2002	625	10.88	86.45
2003	69	1.20	87.65
2004	277	4.82	92.47
2005	200	3.48	95.95
2006	125	2.18	98.12
2007	80	1.39	99.51
2008	26	0.45	99.97
2009	2	0.03	100.00

Ein Postleitzahl(PLZ-)bereich wird als erschlossen definiert, sobald ein Hauptverteiler (HVT) in dem PLZ-Bereich mit DSL ausgerüstet ist. Der kumulierte Anteil bezieht sich nur auf die im Datensatz ausgebauten PLZ-Bereiche.

Als Maß für die DSL-Verfügbarkeit dient im Folgenden die Anzahl der Tage, an denen DSL im entsprechenden Postleitzahlbereich bis zum Stichtag 31. 12. 2001 verfügbar ist (d.h. dass mindestens ein Hauptverteiler im Postleitzahlbereich für die DSL-Nutzung ausgestattet ist). Dieses Maß wird verwendet, um die Breitbandnutzung der einzelnen Unternehmen zu bestimmen. Wie in Tabelle 2 dargestellt, befinden sich die beobachteten Unternehmen in Postleitzahlbereichen, in denen am 31. 12. 2001 im Durchschnitt seit 332 Tagen DSL verfügbar ist.

**Tabelle 2: Tage seit Inbetriebnahme von DSL (bis 31. 12. 2001)**

Tage seit Inbetriebnahme	Mittelwert	25 %	50 %	75 %	90 %
	332	175	328	459	627

Lesehilfe: 25% aller beobachteter Unternehmen befinden sich in Postleitzahlbereichen, in denen am 31. 12. 2001 seit höchstens 175 Tagen DSL verfügbar ist.

**Tabelle 3: Deskriptive Statistik**

	Alle	Ohne Breitband	Mit Breitband	Beobachtungen
Umsatz (Mio.) 2001	289.8 (6015.3)	27.9 (104.6)	446.3 (7763.6)	3251
Anzahl Beschäftigte 2001	482.0 (4284.9)	124.3 (380.9)	692.0 (5542.0)	4358
Prozentanteil der Beschäftigten, die überwiegend am PC arbeiten 2002	0.52 (0.34)	0.41 (0.33)	0.59 (0.33)	4396
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup> 2002</b>	<b>0.61 (0.49)</b>			4245
Arbeitsproduktivität 2003 (Umsatz pro Beschäftigten)	0.20 (0.30)	0.18 (0.22)	0.20 (0.27)	3350
Produktinnovationen realisiert in den Jahren 2001 – 2003	0.63 (0.48)	0.55 (0.50)	0.71 (0.46)	4309
Prozessinnovationen realisiert in den Jahren 2001 – 2003	0.74 (0.44)	0.66 (0.47)	0.80 (0.40)	4331
Prozentanteil hochqualifizierte Beschäftigte 2003	0.21 (0.25)	0.15 (0.22)	0.25 (0.27)	4179

<sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002. Datengrundlage ist die ZEW IKT-Umfrage 2002 und 2004. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern).

Deskriptive Statistiken der Unternehmensdaten (Tabelle 3) zeigen, dass insgesamt 61 Prozent der befragten Unternehmen im Jahr 2002 Breitband nutzen. Unternehmen mit Breitbandinternet haben durchschnittlich einen höheren Umsatz und mehr Beschäftigte als Unternehmen ohne Breitbandinternet. Sie weisen zudem eine höhere IKT-Intensität auf, die

gemessen wird als Anteil der Beschäftigten, die überwiegend am PC arbeiten. Zu beachten ist, dass die Variablen größtenteils eine hohe Varianz aufweisen.

Hinsichtlich der Arbeitsproduktivität unterscheiden sich Unternehmen mit und ohne Breitbandinternet kaum voneinander. Deutlicher sind die Unterschiede bei den realisierten Prozess- und Produktinnovationen sowie beim Anteil hochqualifizierter Beschäftigter, die bei Unternehmen mit Breitbandnutzung jeweils höher sind als bei Unternehmen ohne Breitbandnutzung.

**Tabelle 4: Deskriptive Statistik nach Größenklassen**

	Alle Unternehmen	weniger als 5 Beschäftigte	5-20 Beschäftigte	20-60 Beschäftigte	60-220 Beschäftigte	>220 Beschäftigte
Umsatz (Mio.) 2001	289.8 (6015.3)	0.86 (1.69)	2.67 (6.11)	10.50 (29.87)	28.45 (69.24)	1096.9 (11880.4)
Anzahl Beschäftigte 2001	482.0 (428.0)	3.93 (1.22)	12.36 (4.50)	39.38 (12.30)	120.2 (45.00)	1811.7 (8563.6)
Anteil Beschäftigte, die überwiegend am PC arbeiten 2002	0.52 (0.34)	0.61 (0.37)	0.56 (0.37)	0.52 (0.35)	0.48 (0.32)	0.51 (0.30)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.61 (0.49)</b>	<b>0.37 (0.48)</b>	<b>0.46 (0.50)</b>	<b>0.56 (0.50)</b>	<b>0.67 (0.47)</b>	<b>0.81 (0.39)</b>
Arbeitsproduktivität 2003 (Umsatz pro Beschäftigten)	0.20 (0.30)	0.16 (0.14)	0.19 (0.33)	0.18 (0.18)	0.19 (0.15)	0.24 (0.31)
Produktinnovationen realisiert in den Jahren 2001 – 2003	0.63 (0.48)	0.45 (0.50)	0.52 (0.50)	0.61 (0.49)	0.75 (0.43)	0.76 (0.43)
Prozessinnovationen realisiert in den Jahren 2001 - 2003	0.74 (0.44)	0.52 (0.50)	0.63 (0.48)	0.72 (0.45)	0.83 (0.37)	0.87 (0.34)
Anteil hochqualifizierte Beschäftigte	0.21 (0.25)	0.26 (0.33)	0.23 (0.28)	0.22 (0.27)	0.20 (0.23)	0.19 (0.20)
Beobachtungen	4396	232	958	1020	1090	1058

<sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern). Datengrundlage ist die ZEW IKT-Umfrage 2002 und 2004.



Die Unternehmensgröße erweist sich als ein deutlich differenzierendes Merkmal zwischen Breitbandnutzern und Breitbandnichtnutzern. Tabelle 4 stellt daher die Unternehmenscharakteristika nach verschiedenen Beschäftigtengrößenklassen dar. Die Größeneinteilung entspricht den Quantilen der Größenverteilung (<5%, 5-25%, 25-50%, 50-75%, >75%).<sup>6</sup>

Die Breitbandnutzung nimmt mit der Beschäftigungsgröße zu (37% in der untersten Größenklasse bis 81% in der obersten Größenklasse). Bezüglich der IKT-Intensität lässt sich kein klarer Trend ablesen. Auch für die Arbeitsproduktivität zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Größenklassen. Jedoch ist die Innovationstätigkeit stark mit der Größe korreliert. Größere Unternehmen weisen eine höhere Wahrscheinlichkeit auf, Prozessinnovationen (von 52% bis 87%) oder Produktinnovationen (von 45% bis 76%) zu realisieren als kleinere. Der Anteil hochqualifizierter Mitarbeiter variiert nur leicht über die Größenklassen hinweg.

Die deskriptive Analyse zeigt, welche Unternehmenscharakteristika mit der Breitbandnutzung und mit der Performanz der Unternehmen zusammenhängen können und dass hierbei die Beschäftigtengröße eine wichtige Rolle spielt. Inwiefern diese Faktoren nun auch statistisch signifikant sind, wird im nächsten Schritt mittels ökonomischen Analysen geprüft.

## 4. Empirische Analyse

Die empirische Analyse besteht aus drei Modulen, in denen jeweils unterschiedliche Maße des Unternehmenserfolgs und deren Zusammenhang mit der Breitbandnutzung der Unternehmen untersucht werden. Modul 1 untersucht die Realisierung von Produkt- und Prozessinnovationen. Modul 2 betrachtet die Bedeutung der Breitbandnutzung für die Arbeitsproduktivität. In Modul 3 steht der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter im Fokus der Analysen. Um Aussagen darüber treffen zu können, welche Faktoren für die Erklärung der jeweiligen Performanzmaße statistisch signifikant sind, werden ökonomische Schätzungen für folgende Beziehungen durchgeführt:

$$Y_i = f(B_i(Z_i), ICT_i, X_i)$$

$Y_i$  stellt das jeweilige Performanzmaß von Unternehmen  $i$  dar, d.h. es misst jeweils die Arbeitsproduktivität, realisierte Prozessinnovation, realisierte Produktinnovation oder den Anteil hochqualifizierter Beschäftigter. Die Performanz  $Y_i$  ist eine Funktion  $f(\cdot)$ <sup>7</sup> der Breitbandnutzung  $B_i$  (DSL oder Standleitung) und der IKT-Intensität  $ICT_i$  sowie weiterer Kontrollvariablen  $X_i$ . Die Breitbandnutzung  $B_i$  wiederum hängt von der DSL-Verfügbarkeit  $Z_i$  in dem Postleitzahlbereich ab, dem das Unternehmen angehört.

### 4.1. Breitbandnutzung und Innovationstätigkeit

Informations- und Kommunikationstechnologien haben das Potenzial, Produkt- und Prozessinnovationen in Unternehmen aller Branchen zu begünstigen, z.B. indem Geschäftsprozesse neu gestaltet werden. Über ein Internetbasiertes Customer-Relationship-Management beispielsweise kann ein Unternehmen neue produktbegleitende Leistungen anbieten, die Kunden stärker an interne Produktionsprozesse binden und schneller auf Veränderungen der Nachfrage reagieren.

<sup>6</sup> Zum Vergleich: Die EU teilt kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in die Größenklassen weniger als 10 Beschäftigte, zwischen 10 und 50, zwischen 50 und 250 Beschäftigte.

<sup>7</sup> Die Funktion  $f$  wird je nach Datenkodierung des Performanzmaßes angepasst.

Um die Bedeutung des Breitbandinternets für die Realisierung von Innovationen zu untersuchen, betrachten wir zwei Innovationsmaße. Die Variable Prozessinnovation misst, ob ein Unternehmen in den Jahren 2001 bis 2003 intern neue oder merklich verbesserte Prozesse eingeführt hat. Die Variable Produktinnovation misst entsprechend, ob ein Unternehmen in den Jahren 2001 bis 2003 neue oder merklich verbesserte Produkte oder Dienstleistungen auf den Markt gebracht hat.<sup>8</sup> Beide Variablen sind also qualitativ und nehmen den Wert Eins an, wenn eine Innovation realisiert wurde oder den Wert Null, wenn dies nicht der Fall ist. Entsprechend verwenden wir Probitmodelle (siehe z. B. Greene 2008 oder Angrist und Pischke 2009), die für den Fall geeignet sind, dass die abhängige Variable binär ist, also nur zwei verschiedene Werte annehmen kann<sup>9</sup>. Während jeweils die Spezifikation (1) in den Tabellen 6 und 7 bzw. 9 und 11 im Anhang B das Ergebnis<sup>10</sup> eines einfachen Probitmodells ist, berücksichtigen die Spezifikationen (2) bis (6) jeweils, dass die Breitbandnutzung eines Unternehmens von dessen Innovationsaktivität abhängen kann und gerade die Unternehmen Breitband nutzen könnten, die ohnehin innovativer sind (umgekehrte Kausalität). Da sowohl die Innovationsaktivität als auch die Breitbandnutzung mittels binärer Variablen gemessen wird, verwenden wir für die Analyse einen bivariaten Probitansatz.

Die Ergebnisse für Prozessinnovationen (Tabelle 5) zeigen einen robusten Effekt für die Breitbandnutzung. Unternehmen mit Breitbandinternet weisen eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit auf, Prozessinnovationen zu realisieren als Unternehmen ohne Breitbandinternet. Der Effekt kann als kausal interpretiert werden, d. h. Breitbandnutzung führt zu einer höheren Wahrscheinlichkeit Prozessinnovationen zu realisieren.

Eine sehr umfangreiche Literatur befasst sich mit den Determinanten der Innovationstätigkeit. Als ein wichtiger Indikator wurde die Realisierung von Innovationen in Vorperioden identifiziert (die so genannte „success breeds success“ Hypothese, siehe z. B. Flaig und Stadler 1994, Peters 2009). Unternehmen profitieren von ihren Innovationserfahrungen in den Vorperioden und haben auch in Zukunft eine höhere Wahrscheinlichkeit Innovationen zu realisieren. Entsprechend berücksichtigen unsere Schätzungen die Realisierung von Produktinnovationen in der Vorperiode.

Bei den Ergebnissen für Produktinnovationen (Tabelle 6) zeigen sich in den meisten Schätzungen ebenfalls positive und signifikante Effekte der Breitbandnutzung, wenngleich auf einem niedrigeren Signifikanzniveau. Breitbandnutzung führt folglich zu einer höheren Wahrscheinlichkeit neue oder merklich verbesserte Produkte oder Dienstleistungen einzuführen.

Im Vergleich zu den Prozessinnovationen spielt bei den Produktinnovationen der Anteil hochqualifizierter eine signifikant positive Rolle. Für die Entwicklung und Einführung neuer oder verbesserter Produkte und Dienstleistungen sind in der Regel hochqualifizierte Beschäftigte unerlässlich, während die Einführung eines neuen Verfahrens die ganze Belegschaft betreffen und unabhängig von der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten erfolgen kann.

---

<sup>8</sup> Die zugrunde gelegten Definitionen und Abgrenzungen für Produkt- und Prozessinnovationen orientieren sich an denen von Eurostat und der OECD, die im so genannten Oslo-Manual festgelegt sind.

<sup>9</sup> Die deskriptive Statistik für die Stichprobe zur Schätzung der Innovationsaktivität befindet sich in Tabelle 14 im Anhang.

<sup>10</sup> Die Tabellen 6 und 7 geben die marginalen Effekte an. Die Tabellen 9 und 11 (siehe Anhang) zeigen die geschätzten Koeffizienten. Die Ergebnisse der Schätzungen eines Loglinearen Modells sind in den Tabellen 10 und 12 im Anhang dargestellt.

Tab. 5: Prozessinnovationen 2003, marginale Effekte<sup>1)</sup>

	Probit		Bivariates Probit <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0353</b> <b>(0.0299)</b>	<b>0.6494***</b> <b>(0.0837)</b>	<b>0.6006***</b> <b>(0.1093)</b>	<b>0.5213***</b> <b>(0.1433)</b>	<b>0.5564***</b> <b>(0.1283)</b>	<b>0.5216***</b> <b>(0.1434)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.0257* (0.0145)	0.0139 (0.0130)	0.0095 (0.0133)	0.0127 (0.0141)	0.0187 (0.0141)	0.0128 (0.0141)
Investitionen (in Logs)	0.0311*** (0.0099)	0.0256*** (0.0090)	0.0259*** (0.0091)	0.0278*** (0.0093)	0.0287*** (0.0092)	0.0280*** (0.0093)
Produktinnovation in Vorperiode			0.1072*** (0.0316)	0.1122*** (0.0319)		0.1099*** (0.0319)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				0.0099 (0.0525)	0.0167 (0.0539)	-0.0005 (0.0536)
Anteil Hochqualifizierte					0.0734 (0.0626)	0.0551 (0.0631)
Beobachtungen	982	982	982	982	982	982
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Pseudo -R <sup>2</sup>	0.09					
Likelihood-Ratio-Test (Rho=0)		0.00	0.00	0.02	0.01	0.02

<sup>1)</sup> Die marginalen Effekte in der Probitschätzung sind die marginalen Effekte an den Mittelwerten der erklärenden Variablen. Im bivariaten Probit beziehen sich die marginalen Effekte auf die Mittelwerte der erklärenden Variablen, konditional, dass die Unternehmen Breitband nutzen. Der marginale Effekt der Breitbandvariablen bezieht sich auf eine Veränderung von der Nichtnutzung zur Nutzung von Breitband für die Unternehmen, die Breitband nutzen. <sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002, ZEW IKT-Umfrage. <sup>2</sup> Es werden simultan zwei Gleichungen mit Breitbandnutzung und Prozessinnovationen als abhängigen Variablen geschätzt. In der Gleichung der Breitbandnutzung dient die DSL-Verfügbarkeit als Ausschlussrestriktion. Erklärende Variablen um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%). <sup>3</sup> Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten neun Dummies für Postleitzahlenbereiche sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.

Tab. 6: Produktinnovationen 2003, marginale Effekte<sup>1)</sup>

	Probit		Bivariates Probit <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0097</b> <b>(0.0345)</b>	<b>0.3996**</b> <b>(0.1716)</b>	<b>0.3766*</b> <b>(0.2060)</b>	<b>0.4232**</b> <b>(0.1728)</b>	<b>0.3980**</b> <b>(0.1729)</b>	<b>0.4424***</b> <b>(0.1679)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.0598*** (0.0171)	0.0557*** (0.0173)	0.0386** (0.0179)	0.0430** (0.0184)	0.0638*** (0.0182)	0.0429** (0.0186)
Investitionen (in Logs)	0.0169 (0.0118)	0.0178 (0.0116)	0.0132 (0.0120)	0.0131 (0.0121)	0.0178 (0.0120)	0.0137 (0.0121)
Produktinnovation in Vorperiode			0.3554*** (0.0369)	0.3473*** (0.0372)		0.3402*** (0.0375)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				0.1157* (0.0650)	0.1520** (0.0664)	0.0705 (0.0673)
Anteil Hochqualifizierte					0.2675*** (0.0849)	0.2182** (0.0874)
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	978	978	978	978	978	978
<i>Pseudo -R<sup>2</sup></i>	0.14					
<i>Likelihood-Ratio-Test (Rho = 0)</i>		0.09	0.16	0.07	0.08	0.06

<sup>1)</sup> Die marginalen Effekte in der Probitschätzung sind die marginalen Effekte an den Mittelwerten der erklärenden Variablen. Im bivariaten Probit beziehen sich die marginalen Effekte auf die Mittelwerte der erklärenden Variablen, konditional, dass die Unternehmen Breitband nutzen. Der marginale Effekt der Breitbandvariablen bezieht sich auf eine Veränderung von der Nichtnutzung zur Nutzung von Breitband für die Unternehmen, die Breitband nutzen. <sup>1</sup> Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup> Es werden simultan zwei Gleichungen mit Breitbandnutzung und Prozessinnovationen als abhängigen Variablen geschätzt. In der Gleichung der Breitbandnutzung dient die DSL-Verfügbarkeit als Ausschlussrestriktion. Erklärende Variablen sind um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%).% <sup>3</sup> Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten neun Dummies für Postleitzahlenbereiche sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.

Die Quantifizierung des Effekts der Breitbandnutzung auf die Innovationstätigkeit ist in Tabelle 7 als durchschnittlicher marginaler Effekt für Breitbandnutzer dargestellt. Es zeigt sich, dass Breitbandinternet die Realisierung von Produkt- und Prozessinnovationen in der frühen Phase des DSL-Ausbaus 2001 bis 2003 signifikant begünstigt hat. Unternehmen, die Breitbandinternet nutzten, führten mit durchschnittlich rund 25 Prozentpunkten höherer Wahrscheinlichkeit mindestens eine Prozessinnovation im Zeitraum 2001 bis 2003 durch. Im Vergleich zur Situation ohne Breitbandnutzung konnten diese Unternehmen somit ihre Innovationsneigung deutlich steigern. Die Wahrscheinlichkeit neue oder merklich verbesserte Produkte und Dienstleistungen in den Markt zu bringen konnte durch die Nutzung des Breitbandinternets im betrachteten Zeitraum ebenfalls um durchschnittlich 25 Prozentpunkte erhöht werden.

**Tab.7: Durchschnittlicher marginaler Effekte der Breitbandnutzung<sup>\*)</sup>**

	Prozessinnovationen	Produktinnovationen
<b>Breitbandnutzung</b>	<b>0.2450***</b>	<b>0.2491***</b>
Standardfehler	(0.0519)	(0.0836)
Beobachtungen	982	978

<sup>\*)</sup> Effekt für Unternehmen, die Breitband nutzen (siehe Angrist 2001). <sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage).

## 4.2. Breitbandnutzung und Arbeitsproduktivität

Zahlreiche empirische Studien auf Unternehmens-, Sektor- und Länderebene finden, dass sich der Einsatz von IKT positiv auf die Arbeitsproduktivität auswirkt (siehe z. B. die Übersicht von Draca et al. 2007). Deshalb ist es naheliegend, auch von der Breitbandnutzung solche positiven Effekte zu erwarten. Breitbandinternet bietet das Potenzial, Prozessabläufe sowohl innerhalb von Unternehmen als auch im Kontakt mit Kunden und in der Zusammenarbeit mit Zulieferern und Geschäftspartnern zu beschleunigen und zu optimieren. Beispielsweise kann eine webbasierte B2B-Plattform den Austausch von Informationen und Dokumenten und die Bereitstellung von Leistungen erleichtern.

Die Analyse des Zusammenhangs zwischen Arbeitsproduktivität und Breitbandnutzung erfolgt auf Grundlage einer Produktionsfunktion, die die Arbeitsproduktivität (Umsatz pro Beschäftigten) eines Unternehmens zu dessen Produktionsfaktoren in Beziehung setzt. Zunächst wird eine einfache lineare Regression (Kleinste-Quadrate-Schätzung bzw. OLS) durchgeführt (Spezifikation 1). Sie zeigt, dass die Arbeitsproduktivität positiv und signifikant mit der Breitbandnutzung zusammen hängt. Dasselbe gilt für die Beschäftigung<sup>11</sup> und die Bruttoinvestitionen.

Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Breitbandnutzung eines Unternehmens von der Arbeitsproduktivität abhängen kann (umgekehrte Kausalität), wird im nächsten Schritt ein Instrumentvariablen-Ansatz angewandt. Es wird eine Variable benötigt, welche die

<sup>11</sup> Der negative geschätzte Koeffizient für die Beschäftigung entspricht der Produktionselastizität minus Eins, d.h. es muss eine Eins hinzu addiert werden, der geschätzte Koeffizient ist somit positiv.

Breitbandnutzung im Unternehmen, aber nicht die Arbeitsproduktivität erklärt. Hierfür ist die DSL-Verfügbarkeit im zugehörigen Postleitzahlbereich geeignet, da diese für ein einzelnes Unternehmen vorgegeben beziehungsweise exogen sein dürfte. Während mittels der OLS-Schätzung lediglich ein Zusammenhang zwischen Arbeitsproduktivität und Breitbandnutzung gemessen wird, kann das Ergebnis der Instrumentvariablenschätzung als kausal interpretiert werden.

**Tab. 8: Arbeitsproduktivität 2003 (in Logs)**

	OLS		Instrumentvariablen <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.1202**</b> <b>(0.0475)</b>	<b>0.7447*</b> <b>(0.4230)</b>	<b>0.6667*</b> <b>(0.3960)</b>	<b>0.7223*</b> <b>(0.4011)</b>	<b>0.7047*</b> <b>(0.3945)</b>	<b>0.4787</b> <b>(0.4041)</b>
Beschäftigte (in Logs)	-0.1625*** (0.0291)	-0.2865*** (0.0803)	-0.2642*** (0.0797)	-0.2542*** (0.0797)	-0.2642*** (0.0769)	-0.2698*** (0.0786)
Investitionen (in Logs)	0.1508*** (0.0206)	0.2246*** (0.0826)	0.2119*** (0.0762)	0.2040*** (0.0763)	0.2080*** (0.0739)	0.2246*** (0.768)
% Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten			0.4300** (0.1900)	0.4744** (0.1916)	0.4589** (0.1840)	0.5138*** (0.1897)
Anteil Hochqualifizierte				-0.1444 (0.1429)	-0.1476 (0.1417)	-0.1897 (0.1396)
Produktinnovation in Vorperiode				-0.1045 (0.0700)	-0.1081 (0.0700)	-0.0895 (0.0688)
Branchen-, Export-, Ostdummies	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja <sup>3</sup>	Ja <sup>3</sup>
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>4</sup>	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Beobachtungen <sup>5</sup>	1073	756	756	745	738	715
R <sup>2</sup>	0.23	0.07	0.13	0.10	0.11	0.21

<sup>1</sup> Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup> Breitbandnutzung ist instrumentiert durch DSL-Verfügbarkeit, Beschäftigung und Investitionen sind instrumentiert durch verzögerte Variablen. <sup>3</sup> IKT-Anwendungen beinhalten Dummies für Software für Planung und Controlling und Supply Chain Management. <sup>4</sup> Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten neun Dummies für die Postleitzahlenbereiche sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene. <sup>5</sup> Bereinigte Stichprobe: 5.–95. Perzentile der Beschäftigtengrößenverteilung, d.h. > 5 und ≤ 1400 Beschäftigte. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%).

Die Ergebnisse der Instrumentvariablenschätzungen sind für verschiedene Spezifikationen in Tabelle 8 dargestellt. Die Spezifikationen (2) bis (5) zeigen alle einen positiven und signifikanten Koeffizienten für die Breitbandnutzung, wenngleich nur auf einem Signifikanzniveau von 10%. Die Effekte sind zudem sehr heterogen und variieren innerhalb eines relativ großen Intervalls. Spezifikation (6) berücksichtigt zusätzlich regionale Charakteristika, und zwar das regionale Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner sowie Kontrollvariablen für die die zehn Postleitzahlbereiche. In diesem Fall wird der Effekt der Breitbandnutzung insignifikant.

Neben der Beschäftigtenzahl und den Investitionen ist die IKT-Intensität, gemessen als Anteil der Beschäftigten, die überwiegend am PC arbeiten, positiv signifikant. Keine Effekte gehen vom Anteil hoch qualifizierter Beschäftigter sowie von der Realisierung von Produktinnovationen in der Vorperiode aus. Die Schätzungen berücksichtigen jeweils, ob ein Unternehmen exportiert, zu welcher Branche es gehört und ob es in Ost- oder

Westdeutschland angesiedelt ist. Die Spezifikationen (5) und (6) berücksichtigen zudem, ob Unternehmen Software für Planung und Controlling oder ein Supply Chain Management einsetzen.

Die Evidenz für die Arbeitsproduktivität ist somit nicht eindeutig. Es können lediglich schwach signifikante und recht heterogene Effekte ausgemacht werden, die bei Berücksichtigung regionaler Kontrollvariablen insignifikant werden.

### **4.3. Breitbandnutzung und hochqualifizierte Beschäftigung**

Im letzten Analyseschritt wurde der Zusammenhang zwischen Breitbandinternet und dem Anteil hochqualifizierter Beschäftigter im Unternehmen untersucht. Die erste Spezifikation in Tabelle 9 zeigt einen positiven und signifikanten Koeffizienten für die Breitbandnutzung. Sobald jedoch der Anteil der Beschäftigten, die überwiegend am PC arbeiten, in die Regressionen aufgenommen wird (Spezifikationen (2) bis (6)), ist die Breitbandnutzung insignifikant. Dies impliziert, dass es für die Qualifikation der Beschäftigten eher darauf ankommt, ob sie an einem Computer arbeiten oder nicht als dass das Unternehmen Breitband nutzt oder nicht. Möglicherweise zeigen sich Effekte für die Qualifikationsstruktur auch nur in einer längerfristigen Perspektive, da die Beschäftigung eines Unternehmens und somit auch die Qualifikationsstruktur als quasi-fixer Produktionsfaktor gilt, der kurzfristig nicht wesentlich veränderbar ist. Zudem hat die neuere Literatur zum „skill-biased technological change“ gezeigt, dass der Mechanismus zwischen dem technologischen Fortschritt und der zunehmenden Nachfrage nach höher qualifizierten Mitarbeitern über die Veränderung von Tätigkeitsstrukturen verläuft (siehe z. B. Autor et al. 2003, Spitz-Oener 2006). Dieser Aspekt bedürfte folglich tiefer gehender Analysen mit detaillierteren Daten auf Arbeitnehmerebene, was den Rahmen dieser Studie sprengen würde.

## **5. Schlussfolgerungen**

Die Ergebnisse der Studie zu Breitbandinfrastruktur und Unternehmenserfolg lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die DSL-Verfügbarkeit nach Postleitzahlebene ist ein geeignetes Instrument zur Erklärung der Breitbandnutzung in Unternehmen, zumal sich die Analyse auf einen Zeitraum bezieht, in dem sich der DSL-Ausbau in Deutschland noch in der Startphase befand. Wie aufgrund theoretischer Überlegungen erwartet war Breitbandinternet zumindest für diesen Zeitraum von 2001 bis 2003 ein signifikanter Impulsgeber für den Unternehmenserfolg. Die Breitbandnutzung im Unternehmen hat die Realisierung von Prozess- und Produktinnovationen signifikant gefördert. Im Vergleich zur Situation ohne Breitbandnutzung konnten die Unternehmen ihre Innovationsneigung steigern.

Für die Arbeitsproduktivität als Maß für den Unternehmenserfolg sind die Ergebnisse nicht so deutlich. Zwar weisen die ökonometrischen Schätzungen meist positive und zumindest schwach signifikante Effekte der Breitbandnutzung auf. Diese sind jedoch mit einer recht hohen Varianz verbunden und werden schließlich insignifikant sobald Kontrollvariablen auf Regionenebene berücksichtigt werden. Kein signifikanter Zusammenhang zeigt sich zwischen der Breitbandnutzung und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten.

Bei der derzeitigen Diskussion um höhere Breitbandgeschwindigkeiten und den Ausbau der Breitbandinfrastruktur stellt sich die Frage, ob aus solchen Verbesserungen ähnlich positive Effekte entstehen werden, wie wir sie für die Einführung von DSL feststellen können. Die bestehenden VDSL-Angebote zielen in erster Linie auf Privatkunden und sollen deren Informations-, Kommunikations- und Mediennutzung über eine Leitung kanalisieren. Aber auch Unternehmen könnten von schnelleren Internetleitungen profitieren. Die Fragmentierung von Wertschöpfungsketten und damit verbunden eine stärker verteilte Organisation von Unternehmen sowie eine höhere Mobilität der Beschäftigten – um nur ein

paar Beispiele zu nennen - erfordern leistungsstarke Internetleitungen. Lagern Unternehmen zunehmend Leistungen in das Internet aus, beispielsweise Rechenleistungen, die über das Internet abgewickelt werden (Cloud Computing), so kann dies mittel- bis langfristig zu einem höheren Bedarf an Bandbreite führen. Ob sich dies auf den Unternehmenserfolg auswirkt, wäre jedoch empirisch zu prüfen.

**Tab.9: Anteil Hochqualifizierter 2003**

	Tobit Regressionen				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0593***</b> <b>(0.0161)</b>	<b>0.0120</b> <b>(0.0156)</b>	<b>0.0054</b> <b>(0.0158)</b>	<b>0.0147</b> <b>(0.0156)</b>	<b>0.0089</b> <b>(0.0158)</b>
Anteil Investitionen am Umsatz	-0.0001 (0.0053)	0.0032 (0.0050)	0.0029 (0.0051)	0.0026 (0.0050)	0.0024 (0.0051)
Beschäftigtengrößenklassen: <20 Beschäftigte	-0.0534** (0.0247)	-0.0707*** (0.0232)	-0.0633*** (0.0244)	-0.0596** (0.0235)	-0.0565** (0.0246)
20 – 60 Beschäftigte	-0.0502** (0.0231)	-0.0473** (0.0216)	-0.0440** (0.0223)	-0.0412* (0.0216)	-0.0405* (0.0222)
60 – 220 Beschäftigte	-0.0399* (0.0232)	-0.0350 (0.0217)	-0.0311 (0.0221)	-0.0336 (0.0217)	-0.0308 (0.0220)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten		0.3177*** (0.0267)	0.3109*** (0.0271)	0.3048*** (0.0270)	0.3013*** (0.0273)
IKT-Anwendungen <sup>2</sup>	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Branchen-, Export-, Ostummies	Ja	Ja	Ja	Ja <sup>3</sup>	Ja <sup>3</sup>
Beobachtungen	1008	1007	993	1003	989
<i>Pseudo-R<sup>2</sup></i>	0.72	0.93	0.93	0.94	0.94

<sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup>IKT-Anwendungen beinhalten Dummies für Software für Planung und Controlling, Supply Chain Management und Customer Relationship Management. <sup>3</sup>Schätzungen beinhalten Produktinnovationen der Vorperiode. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%).



## 6. Referenzen

- Angrist, J. D. (2001), "Estimation of Limited Dependent Variable Models with Dummy Endogenous Regressors: Simple Strategies for Empirical Practice", *Journal of Business and Economic Statistics*, 19(1), 2-16.
- Angrist, J. D. und J. S. Pischke (2009), *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*, Princeton University Press.
- Autor, D. H., Levy, F. und Murnane, R. J. (2003), "The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration.", *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279-1333.
- Bresnahan, T. und M. Trajtenberg (1995) "General Purpose Technologies: 'Engines of Growth'?", *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108.
- Brynjolfsson, E. und Saunders, A. (2010). *Wired for Innovation. How Information Technology is Reshaping the Economy*, MIT Press, Cambridge, MA.
- 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, The Brookings Institution* 6.
- Czernich, N., O. Falck, T. Kretschmer und L. Woessmann (2009), "Broadband Infrastructure and Economic Growth.", *CESifo Working Paper*, Nr. 2861.
- Draca, M., R. Sadun und J. van Reenen (2007), "Productivity and ICTs: A Review of the Evidence.", in Mansell R., C. Avgerau, D. Quah und R. Silverstone (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies*, Oxford University Press, 100 - 147.
- Flaig, G., und Stadler, M. (1994), "Success Breeds Success. The Dynamics of the Innovation Process.", *Empirical Economics* 19, 55-68.
- Gillett, S. E., W. H. Lehr und C. A. Osorio. (2006), "Measuring the Economic Impact of Broadband Deployment.", *Final Report National Technical Assistance, Training, Research and Evaluation Project*.
- Greene, W. (2008), "Econometric Analysis", *Prentice Hall*, 6<sup>th</sup> Edition.
- Holt, L. und M. Jamison (2009), "Broadband and Contributions to Economic Growth: Lessons from the US experience", *Telecommunications Policy* 33(10/11), 575-581.
- Koutroumpis, P. (2009), "The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach", *Telecommunications Policy*, 33(9), 471-485.
- MICUS Management Consulting GmbH: Fornefeld, M,P. Oefinger und T.Brauke (2006), "Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen der Breitbandnutzung.", *Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie*. .
- MICUS Management Consulting GmbH: Fornefeld, Delaunay und Elixmann (2008), "The Impact of Broadband on Growth and Productivity.", *A study on behalf of the European Commission (DG Information Society and Media)*.
- Peters, B. (2009), Persistence of Innovation: Stylised Facts and Panel Data Evidence, *Journal of Technology Transfer* 34/2, 226-243.

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

Spitz-Oener, A. (2006), "Technical Change, Job Tasks and Rising Educational Demands: Looking Outside the Wage Structure", *Journal of Labor Economics*, 24(2), 2006.

## 7. Anhang

### Anhang A

#### Befragte Branchen

Die IKT-Umfrage richtet sich an Unternehmen folgender Branchen:

Verarbeitendes Gewerbe:

Verbrauchsgüter, Chemie, sonstige Grundstoffe, Metallerzeugung und Maschinenbau, Elektrotechnik, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Fahrzeugbau;

Dienstleistungssektor:

Großhandel, Einzelhandel, Verkehr, Banken und Versicherungen, EDV, Technische Dienstleister, sonstige unternehmensnahe Dienstleister.

#### Frage aus dem Fragebogen der ZEW IKT-Umfrage 2002

Breitbandnutzung im Unternehmen im Jahr 2002, wobei Breitband in den empirischen Analysen sowohl DSL als auch Standleitung beinhaltet:

- Wie ist die externe Anbindung ans Internet technisch realisiert? D.h. welche Art bzw. Arten des Internetzugangs hat Ihr Unternehmen?  
*Mehrfachnennungen möglich.*

- 1 Analoges Modem
- 2 ISDN
- 3 DSL-Verbindung, d.h. ADSL, TDSL oder ähnliches
- 4 Festverbindung bzw. Standleitung
- 5 Sonstige
- 6 weiß nicht/ keine Angabe

#### Fragen aus dem Fragebogen der ZEW IKT-Umfrage 2004

Realisierte Produkt- und Prozessinnovationen im Zeitraum 2001 bis 2003

- Hat Ihr Unternehmen in den Jahren 2001 bis 2003 neue oder merklich verbesserte Produkte oder Dienstleistungen auf den Markt gebracht?

- 1 ja
- 2 nein
- 3 weiß nicht
- 4 verweigert

- Hat Ihr Unternehmen in den Jahren 2001 bis 2003 intern neue oder merklich verbesserte Prozesse eingeführt?

- 1 ja
- 2 nein
- 3 weiß nicht
- 4 verweigert

## Anteil hochqualifizierter Beschäftigter 2003

- Wie viel Prozent der Beschäftigten, inklusive Teilzeitbeschäftigte und Auszubildende, gehörten in Ihrem Unternehmen in Deutschland im Jahresdurchschnitt 2003 zu einer der folgenden vier Qualifikationsgruppen? Es geht dabei jeweils um den höchsten Bildungsabschluss:
  - a) Anteil Beschäftigte mit Universitäts- oder Fachhochschul-Abschluss oder Berufsakademie: \_\_\_ Prozent
  - b) Anteil Beschäftigte mit abgeschlossener Lehre, betrieblicher Ausbildung oder Fachschulabschluss, einschließlich Meister und Techniker: \_\_\_ Prozent
  - c) Anteil Beschäftigte ohne Berufsabschluss, also ungelernte oder angelernte Beschäftigte: \_\_\_ Prozent
  - d) Anteil Auszubildende: \_\_\_ Prozent

Der Anteil hochqualifizierter Beschäftigter, der in den Schätzungen verwendet wird, entspricht a) und umfasst folglich Beschäftigte mit einem Abschluss von Universität, Fachhochschule oder Berufsakademie.

## Anhang B

Tab. 10: Prozessinnovationen 2003

	Probit		Bivariates Probit <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.1178</b> <b>(0.0993)</b>	<b>1.437***</b> <b>(0.1551)</b>	<b>1.3567***</b> <b>(0.1898)</b>	<b>1.2219***</b> <b>(0.2592)</b>	<b>1.2791***</b> <b>(0.2283)</b>	<b>1.2224***</b> <b>(0.2591)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.0864* (0.0489)	-0.0167 (0.0462)	-0.0275 (0.0475)	-0.0248 (0.0515)	-0.0070 (0.0506)	-0.0242 (0.0517)
Investitionen (in Logs)	0.1048*** (0.0335)	0.0523* (0.0316)	0.0544* (0.0323)	0.0669** (0.0332)	0.0671** (0.0327)	0.0672** (0.0332)
Produktinnovation in Vorperiode			0.2959*** (0.1013)	0.3570*** (0.1022)		0.3510*** (0.1024)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				-0.3637* (0.2058)	-0.3469* (0.2013)	-0.3929* (0.2087)
Anteil Hochqualifizierte					0.2155 (0.2156)	0.1590 (0.2182)
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	982	982	982	982	982	982
<i>Pseudo -R<sup>2</sup></i>	0.09					
<i>Likelihood-Ratio-Test (Rho=0)</i>		0.00	0.00	0.02	0.01	0.02

<sup>1</sup> Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup> Es werden simultan zwei Gleichungen mit Breitbandnutzung und Prozessinnovationen als abhängigen Variablen geschätzt. In der Gleichung der Breitbandnutzung dient die DSL-Verfügbarkeit als Ausschlussrestriktion. Erklärende Variablen um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%). <sup>3</sup> Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten Dummies für den Postleitzahlenbereich sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.

Table 11: Prozessinnovationen – Loglineares Modell

	OLS		Instrumentvariablen <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0371</b> <b>(0.0289)</b>	<b>0.6830***</b> <b>(0.2624)</b>	<b>0.6070**</b> <b>(0.2595)</b>	<b>0.6496***</b> <b>(0.2508)</b>	<b>0.7208***</b> <b>(0.2610)</b>	<b>0.6476**</b> <b>(0.2497)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.0224 (0.0142)	-0.0183 (0.0232)	-0.0200 (0.0221)	-0.0284 (0.0241)	-0.0251 (0.0250)	-0.0281 (0.0241)
Investitionen (in Logs)	0.0302*** (0.0100)	0.0146 (0.0145)	0.0151 (0.0139)	0.0172 (0.0134)	0.0170 (0.0140)	0.0172 (0.0134)
Produktinnovation in Vorperiode			0.1135*** (0.0404)	0.1338*** (0.0393)		0.1325*** (0.0392)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				-0.2228* (0.1216)	-0.2328* (0.1288)	-0.2318* (0.1229)
Anteil Hochqualifizierte					0.0610 (0.0859)	0.0457 (0.0831)
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	982	982	982	982	982	982
$R^2$	0.10					
Wald-Test		0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup> Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup> Breitbandnutzung ist mit DSL-Verfügbarkeit (DTAG) instrumentiert. Erklärende Variablen um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostdummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%). <sup>3</sup> Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten Dummies für den Postleitzahlenbereich sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.

Tab. 12: Produktinnovationen

	Probit		Bivariates Probit <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0268</b> <b>(0.0952)</b>	<b>0.9446***</b> <b>(0.3633)</b>	<b>0.8914**</b> <b>(0.4348)</b>	<b>0.9795***</b> <b>(0.3550)</b>	<b>0.9263***</b> <b>(0.3568)</b>	<b>1.0179***</b> <b>(0.3414)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.1655*** (0.0474)	0.0902 (0.0578)	0.0500 (0.0599)	0.0411 (0.0587)	0.0970 (0.0607)	0.0389 (0.0586)
Investitionen (in Logs)	0.0466 (0.0327)	0.0220 (0.0332)	0.0120 (0.0343)	0.0102 (0.0330)	0.0225 (0.0327)	0.0103 (0.0330)
Produktinnovation in Vorperiode			0.8590*** (0.1431)	0.8478*** (0.1222)		0.8263*** (0.1218)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				-0.1202 (0.2399)	-0.0006 (0.2509)	-0.2405 (0.2351)
Anteil Hochqualifizierte					0.6517*** (0.2318)	0.5226** (0.2359)
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	978	978	978	978	978	978
<i>Pseudo -R<sup>2</sup></i>	0.14					
<i>Likelihood-Ratio-Test (Rho=0)</i>		0.09	0.16	0.07	0.08	0.06

<sup>1</sup> Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup> Es werden simultan zwei Gleichungen mit Breitbandnutzung und Prozessinnovationen als abhängigen Variablen geschätzt. In der Gleichung der Breitbandnutzung dient die DSL-Verfügbarkeit als Ausschlussrestriktion. Erklärende Variablen um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus: \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%). <sup>3</sup>Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten Dummies für den Postleitzahlenbereich, sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.

Tab. 13: Produktinnovationen – Loglineares Modell

	OLS		Instrumentvariablen <sup>2</sup>			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup></b>	<b>0.0112</b> <b>(0.0308)</b>	<b>0.6269**</b> <b>(0.2809)</b>	<b>0.4045</b> <b>(0.2517)</b>	<b>0.4665**</b> <b>(0.2325)</b>	<b>0.6537**</b> <b>(0.2660)</b>	<b>0.4733**</b> <b>(0.2317)</b>
Beschäftigte (in Logs)	0.0519*** (0.0152)	0.0123 (0.0250)	0.0084 (0.0219)	0.0017 (0.0229)	0.0088 (0.0256)	0.0016 (0.0228)
Investitionen (in Logs)	0.0146 (0.0107)	0.0006 (0.0142)	0.0008 (0.0126)	0.0007 (0.0121)	0.0015 (0.0134)	0.0008 (0.0121)
Produktinnovation in Vorperiode			0.3288*** (0.0385)	0.3380*** (0.0387)		0.3335*** (0.0388)
Anteil Beschäftigte, die überw. am PC arbeiten				-0.1115 (0.1111)	-0.1417 (0.1279)	-0.1447 (0.1111)
Anteil Hochqualifizierte					0.1879** (0.0784)	0.1427** (0.0683)
Kontrollvariablen auf Regionenebene <sup>3</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beobachtungen	978	978	978	978	978	978
$R^2$	0.18					
Wald-Test		0.01	0.07	0.02	0.00	0.02

<sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002 (ZEW IKT-Umfrage). <sup>2</sup>Breitband instrumentiert mit DSL-Verfügbarkeit (DTAG), erklärende Variablen um eine Periode verzögert. Branchen-, Export- und Ostummies in allen Schätzungen enthalten. Signifikanzniveaus \*\*\* (1%), \*\* (5%) und \* (10%). <sup>3</sup>Kontrollvariablen auf Regionenebene beinhalten Dummies für den Postleitzahlenbereich, sowie das regionale BIP pro Kopf auf Kreisebene.



**Tabelle 14: Deskriptive Statistik, Stichprobe Innovationsschätzungen**

	Alle	Ohne Breitband	Mit Breitband	Beobachtungen
Umsatz (Mio.) 2001	49.0 (291.6)	19.9 (104.6)	69.18 (373.0)	894
Anzahl Beschäftigte 2001	177.2 (492.0)	97.4 (221.8)	234.1 (610.1)	982
Prozentanteil der Beschäftigten, die überwiegend am PC arbeiten 2002	0.51 (0.34)	0.40 (0.32)	0.60 (0.33)	982
<b>Breitbandnutzung<sup>1</sup> 2002</b>	<b>0.58 (0.49)</b>			982
Arbeitsproduktivität 2003 (Umsatz pro Beschäftigten)	0.18 (0.21)	0.18 (0.23)	0.19 (0.20)	849
Produktinnovationen realisiert in den Jahren 2001 – 2003	0.65 (0.48)	0.58 (0.49)	0.70 (0.46)	978
Prozessinnovationen realisiert in den Jahren 2001 – 2003	0.76 (0.43)	0.70 (0.46)	0.80 (0.41)	982
Prozentanteil hochqualifizierte Beschäftigte 2003	0.22 (0.25)	0.17 (0.23)	0.25 (0.26)	947

<sup>1</sup>Breitbandnutzung = DSL oder Standleitung 2002. Datengrundlage ist die ZEW IKT-Umfrage 2002 und 2004 mit dem Sample der zur Innovationsschätzung genutzten Beobachtungen. Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammern).