

Dipl.-Wirtschaftsmathematiker Jan Rauland, Dipl.-Volkswirt Oliver Bauer

Statistische Analyse des Einflusses von Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Produktivität von Unternehmen

Das ICT-Impact-Projekt

Die effektive Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ist für Unternehmen zu einem wichtigen strategischen Faktor geworden. Informationstechnologien erleichtern den Zugang zu Informationen, beschleunigen Geschäftsprozesse und eröffnen den Unternehmen neue, globale Beschaffungs- und Absatzwege. Entsprechend kann die Durchdringung mit IKT auch ein wichtiger Impulsgeber für gesamtwirtschaftliches Wachstum und Beschäftigung sein, gerade in rohstoffärmeren Ländern oder Wirtschaftsräumen wie der Europäischen Union (EU).

Die empirische Untersuchung dieses Wirkungszusammenhangs ist Grundlage des ICT-Impact-Projektes. Es handelt sich hierbei in erster Linie um eine Machbarkeitsstudie, die die Potenziale und Schwierigkeiten der Einzeldatenverknüpfung auf der Mikroebene überprüfen soll, ohne dabei die Auskunftgebenden durch weitere Erhebungen zusätzlich zu belasten. Darüber hinaus bieten die statistischen Ergebnisse dieser Studie erste Hinweise über mögliche Auswirkungen des Einsatzes von IKT auf die Wertschöpfungsprozesse innerhalb der Unternehmen und verdeutlichen die notwendigen Maßnahmen sowie Daten für eine umfassende und eindeutige Darstellung der Produktivitätswirkung der IKT.

Vorbemerkung

Innerhalb des Europäischen Statistischen Systems (ESS) sollen Effizienzsteigerungen durch eine systematische Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Partnern, das heißt den

nationalen statistischen Ämtern, erreicht werden, um einen Ausgleich zwischen einem steigenden Informationsbedarf einerseits und der Mittelknappheit sowie der Belastung der Auskunftgebenden, die es stärker zu berücksichtigen gilt, andererseits zu schaffen. In der Verordnung über europäische Statistiken¹⁾ wird betont, dass im Rahmen des Europäischen Statistischen Systems stärker zusammengearbeitet werden muss, etwa durch die Einführung des Grundsatzes der Kostenwirksamkeit (Artikel 2 Buchstabe f), den Ausschuss für das Europäische Statistische System (Artikel 7), Kooperationsnetze (Artikel 15) und einen Europäischen Ansatz für die Statistik (Artikel 16). Die nächste Phase für die amtliche Statistik in Europa wird hiermit allgemein eingeleitet. Die Methode der europäischen Systeme für die Statistik ist darauf ausgerichtet, die mit der Rechtsvorschrift verfolgten Absichten zu verwirklichen, das heißt ein konkretes System einzurichten, das unter Beachtung des Subsidiaritätsprinzips so weit wie möglich auf Zusammenarbeit und Standardisierung beruht.²⁾

Um stärker integrierte Systeme zu entwickeln, müssen neben den Produkten auch die Verfahren harmonisiert werden. Innerhalb der verschiedenen Formen der sich auf das gesamte Europäische Statistische System erstreckenden Zusammenarbeit sind insbesondere die Kooperationsnetze des Europäischen Statistischen Systems (ESSnet) zu nennen, die auf Basis gemeinsamer Instrumente Methodiken entwickeln. Diese Netze umfassen verschiedene Projekte, welche von einem aus verschiedenen Einrichtungen stammenden Team durchgeführt werden und zu Ergebnissen füh-

1) Verordnung (EG) Nr. 223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2009 über europäische Statistiken (Amtsblatt der EU, Nr. L 87, Seite 164).

2) Siehe Kommission der Europäischen Gemeinschaften: „Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über die Methode zur Erstellung von EU-Statistiken: eine Vision für das nächste Jahrzehnt“, KOM (2009) 404 endgültig.

ren sollen, die vom gesamten Europäischen Statistischen System genutzt werden können (siehe Fußnote 2).

Im Rahmen eines ESSnet wurde in den Jahren 2006 bis 2008 das ICT-Impact-Projekt durchgeführt, das den Einfluss von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf die Produktivität von Unternehmen anhand verknüpfter Einzeldaten analysieren sollte. An diesem Projekt beteiligten sich 13 Länder. Politische Grundlage des Projektes bildete die Lissabonner Strategie aus dem Jahr 2000, die zum Ziel hatte, die Europäische Union bis zum Jahr 2010 zum wettbewerbsfähigsten und dynamischsten wissensbasierten Wirtschaftsraum der Welt mit mehr Arbeitsplätzen und besserem sozialen Zusammenhalt auszubauen. Als integrierte Bestandteile der Lissabonner Strategie wurden verschiedene Aktionspläne vereinbart, mit denen der Einsatz moderner IKT gefördert und damit wichtige Impulse für Wachstum und Beschäftigung in Europa gegeben werden sollten.

Die im Frühjahr 2010 durch die Europäische Kommission verabschiedete Nachfolgestrategie „Europa 2020“ bezeichnet die „Digitale Agenda“ als eine von sieben Leitlinien für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum. Insbesondere ein verbesserter Zugang zu Breitbandverbindungen, höhere IKT-Förderungen für Unternehmen und das Verwenden moderner Online-Dienste sollen einen „digitalen Binnenmarkt“ schaffen und so die Wettbewerbsfähigkeit, Produktivität und Innovationskraft fördern. Das ICT-Impact-Projekt übernimmt in diesem Kontext die Aufgabe, diese Zusammenhänge zu überprüfen, das Erreichen gesteckter Ziele zu kontrollieren und Handlungsempfehlungen für die Politik zu entwickeln.

Es erfüllt dabei zwei Kerngrundsätze des Europäischen Statistischen Systems: Zum einen basiert es ressourcenschonend vollständig auf bereits existierenden Erhebungen, auf deren Grundlage neue, zusammengesetzte Indikatoren konzipiert wurden, sodass die Unternehmen nicht zusätzlich belastet werden. Zum anderen wurde mit einem harmonisierten Ansatz die Voraussetzung geschaffen, existierende Analysen zum IKT-Einfluss konsistent auf weitere Länder zu übertragen und jedem interessierten Land die Gelegenheit zu bieten, sich nachträglich an den Analysen zu beteiligen.

1 Hintergrund und Entwicklung

Während in den modernen Industriestaaten seit Beginn der 1970er-Jahre ein gesellschaftlicher Strukturwandel hin zur Dienstleistungsgesellschaft erkennbar war, durchdringen seit Mitte der 1990er-Jahre moderne Informations- und Kommunikationstechnologien alle Lebensbereiche und prägen somit den sozialen Zusammenhalt und das Bild einer Gesellschaft. Dem Austausch von Informationen kommt in modernen Gesellschaften eine stetig wachsende Bedeutung zu, weshalb in diesem Kontext auch von Informationsgesellschaft gesprochen wird. Statistiken zur Informationsgesellschaft sind im Europäischen Statistischen System noch sehr jung. Erst seit Mitte der 1990er-Jahre untersuchen einzelne Mitgliedstaaten, wie IKT in der Wirtschaft genutzt wird. Auch in den Vereinigten Staaten gab es erst im Jahr 1999 erstmals eine Erhebung zu Computernetzwerken in Unternehmen.

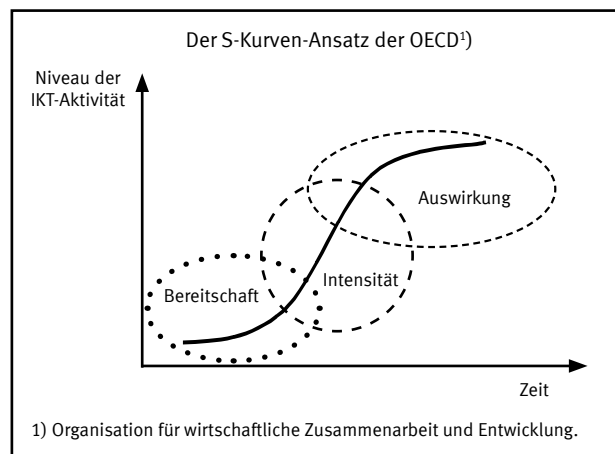
Einen ersten Ansatz, die durch die modernen Informationstechnologien eingetretenen Veränderungen der Gesellschaft, der sozialen Beziehungen, aber auch des Wirtschaftsgeschehens zu untersuchen und zu beschreiben, verfolgt der von Statistics Canada entwickelte „S-Kurven-Ansatz“ der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (siehe Schaubild 1). Dieses Modell zeigt das Niveau der „IKT-Aktivität“ im Zeitverlauf und unterscheidet zwischen drei Phasen:

Bereitschaft bezeichnet die Möglichkeit von Unternehmen, Privatpersonen oder des Staates, bestimmte Technologien einzuführen und anzuwenden. Der Begriff umfasst auch die technische Verfügbarkeit.

Intensität bezeichnet sowohl den Anteil von Unternehmen oder Personen, die neue Technologien nutzen, als auch die Intensität der Nutzung.

Auswirkung bedeutet dauerhafte Veränderung von Verhalten, ökonomischen Strukturen sowie wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit aufgrund der Nutzung dieser neuen Technologien.

Schaubild 1



Die im Juni 2002 beziehungsweise Juni 2005 vom Europäischen Rat verabschiedeten Aktionspläne eEurope 2002 beziehungsweise 2005 sollten die Bestrebungen der Europäischen Kommission stärken, die Europäische Union bis 2010 zum wettbewerbsfähigsten Wirtschaftsraum der Welt zu entwickeln. Eine wichtige Säule sollte hierbei die Verbreitung und Intensivierung der Nutzung von neuen Technologien sein, um an Innovationskraft zu gewinnen und Produktionsrückstände, insbesondere gegenüber den Vereinigten Staaten, aufzuholen.

Um die im Rahmen der Aktionspläne politisch gesetzten Ziele durch ein gemeinsames Benchmarking zu evaluieren und somit die Bereitschaft und Intensität der IKT-Aktivität zu messen, wurden von 2002 bis 2005 in fast allen Mitgliedstaaten der EU harmonisierte Piloterhebungen zur Nutzung von IKT in Unternehmen und privaten Haushalten durchgeführt. Diese Pilotphase endete durch den Erlass der Verordnung (EG) Nr. 808/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 über Gemeinschaftssta-

tistiken zur Informationsgesellschaft (Amtsblatt der EU Nr. L 143, Seite 49). Die Verordnung verpflichtet alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union, jährlich bis einschließlich 2019 statistische Ergebnisse für die Erstellung von Gemeinschaftsstatistiken über die Nutzung von IKT durch Unternehmen, Haushalte und Einzelpersonen zu liefern.

Die Erhebungen zur Nutzung von IKT geben detailliert Auskunft über die Ausstattung der Unternehmen und privaten Haushalte mit moderner Informationstechnologie wie Computern, Netzwerken und Internet. Darüber hinaus werden insbesondere die verschiedenen Nutzungsaspekte des Internets, wie etwa EGovernment und ECommerce, untersucht. Ein sich in Teilen jährlich ändernder Merkmalskatalog gewährleistet, dass die Fragen an die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Informationstechnologie angepasst werden und trägt so dem dynamischen Wandel der Informationsgesellschaft Rechnung.

Die Bestrebungen der Europäischen Kommission, den Einsatz moderner IKT zu fördern und damit wichtige Impulse für Wachstum und Beschäftigung in Europa zu geben, werden mit der „Digitalen Agenda“ der „Europa 2020“-Strategie der Europäischen Kommission fortgeführt. Dabei gewinnen zunehmend komplexere Indikatoren an Bedeutung, die Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der IKT-Nutzung, etwa Sicherheitsfragen und Umweltschutz, nachweisen sollen und die dritte Säule des S-Kurven-Ansatzes immer mehr in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken. Im Rahmen dieses Prozesses wurde das ICT-Impact-Projekt initiiert, um den Einfluss von IKT auf die Produktivität von Unternehmen zu untersuchen. Durch die Verknüpfung bereits bestehender Daten werden neue Analysen durchgeführt, ohne zusätzliche Belastungen für die Auskunftgebenden zu schaffen; dies entspricht den neuen methodischen Vorstellungen für das Europäische Statistische System.

Während es zur IKT-Nutzung in einigen Ländern schon Mitte der 1990er-Jahre empirische Untersuchungen gab, dauerte es noch mehr als zehn Jahre, bis das noch heute bekannte Produktivitätsparadoxon von Solow aufgelöst wurde. Der amerikanische Ökonom und Nobelpreisträger Robert Solow hatte 1987 die Hypothese formuliert, dass man das Computerzeitalter überall sehen könne, nur nicht in der Produktivitätsstatistik. Eine Studie der OECD aus dem Jahr 2003 zeigt, dass Nachweise zur Funktion und zu den Auswirkungen von IKT-Investitionen im internationalen Vergleich vorliegen, jedoch vornehmlich auf der Makroebene³⁾. Das ICT-Impact-Projekt untersucht diesen Zusammenhang nun auf der Mikroebene.

Im Jahr 2006 startete auf Initiative des Statistischen Amtes der Europäischen Gemeinschaften (Eurostat) das ICT-Impact-Projekt. Die Federführung lag beim Statistischen Amt des Vereinigten Königreichs, weitere Teilnehmer waren die nationalen statistischen Ämter Frankreichs, Schwedens, Finnlands, Dänemarks, Deutschlands, der Niederlande, Italiens, Österreichs, Irlands, der Tschechischen Republik, Norwegens und Sloweniens. Die konzeptionelle Planung und konkrete Umsetzung wurde von Prof. Eric J. Bartelsman von der Freien Universität Amsterdam begleitet und unterstützt.

2 Methodisches Konzept und einbezogene Datenquellen

Während der ersten Phase des Projektes stand die Analyse der Metadaten potenziell einzubeziehender Erhebungen in den jeweiligen nationalen statistischen Ämtern im Vordergrund. Damit sollten geeignete Indikatoren bestimmt werden, die sich länderübergreifend aus dem vorhandenen Datenmaterial berechnen und empirisch auf ihren ökonomischen Einfluss untersuchen lassen. Aufgrund der heterogenen Bedingungen in den Mitgliedstaaten erwies sich die Einigung auf die zu untersuchenden Variablen, die die Bedingungen der Quer- und Längsschnittanalyse erfüllen, als sehr schwierig. Obwohl die IKT-Erhebung auf europäischer Ebene harmonisiert durchgeführt wird, gibt es durch verschiedene optionale Fragen Unterschiede im Erhebungsprogramm zwischen den Ländern. Geeignete Variablen aus anderen potenziell einzubeziehenden Erhebungen zu identifizieren, erwies sich aufgrund der beschriebenen Problematik der Heterogenität ebenfalls als schwierig. Die für das Projekt hoch relevanten Daten zu den Ausgaben für und Investitionen in IKT lagen beispielsweise nur in zwei Ländern vor. Auch die Daten der Innovationserhebung waren nicht in allen Ländern verfügbar. Andere Indikatoren, wie beispielsweise zum Thema Mitarbeiterkompetenzen, Outsourcing und Organisationsstrukturen, erwiesen sich entweder aufgrund ihrer unzureichenden Genauigkeit als ungeeignet oder waren ebenfalls nicht in allen Ländern vorhanden.

Um die Produktivität eines Unternehmens als zu erklärenden Faktor zu berechnen, konnten die europaweit standardisiert vorliegenden Strukturstatistiken verwendet werden.

Aus den Untersuchungen der Metadaten haben sich die Merkmale der Strukturserhebungen, der IKT-Erhebung und die Daten aus dem statistischen Unternehmensregister für den Kernbereich der Analysen als praktikabel herauskristallisiert. Sie sind in allen Mitgliedstaaten entsprechend den Qualitätsanforderungen des Projektes vorhanden und ermöglichen branchenübergreifende Untersuchungen im Zeitverlauf.

Im Einzelnen wurden die folgenden Statistiken und Quellen für die Berichtsjahre 2002 bis 2005 einbezogen:

- Nutzung von IKT in Unternehmen
- Kostenstruktur- und Strukturserhebung im Verarbeitenden Gewerbe
- Kostenstruktur- und Strukturserhebung im Baugewerbe
- Kostenstrukturserhebung bei Unternehmen der Energie- und Wasserversorgung
- Jahreserhebung im Handel und Gastgewerbe
- Strukturserhebung im Dienstleistungsbereich
- statistisches Unternehmensregister

³⁾ Siehe OECD (Hrsg.): „The Economic Impact of ICT; Measurement, Evidence and Implications“, Paris 2004.

In die Analyse einbezogene Merkmale nach Erhebung

Erhebung „Nutzung von IKT in Unternehmen“	Strukturerhebungen der jeweiligen Wirtschaftsbereiche/ statistisches Unternehmensregister
Identifikationsnummer	Identifikationsnummer
Berichtsjahr	Berichtsjahr
Wirtschaftszweig	Wirtschaftszweig
Unternehmen mit Computernutzung	Bruttowertschöpfung
Beschäftigte mit Computernutzung	Umsatz
Unternehmen mit eigener Website	Anzahl der Beschäftigten
Unternehmen mit Internetzugang	Personalaufwand
Beschäftigte mit Internetzugang	Bezug von Waren und Dienstleistungen
Unternehmen mit Intranet	Abschreibungen auf Sachanlagen
Beschäftigte mit Intranetzugang	
E-Commerce	
Unternehmen mit Breitbandverbindung	

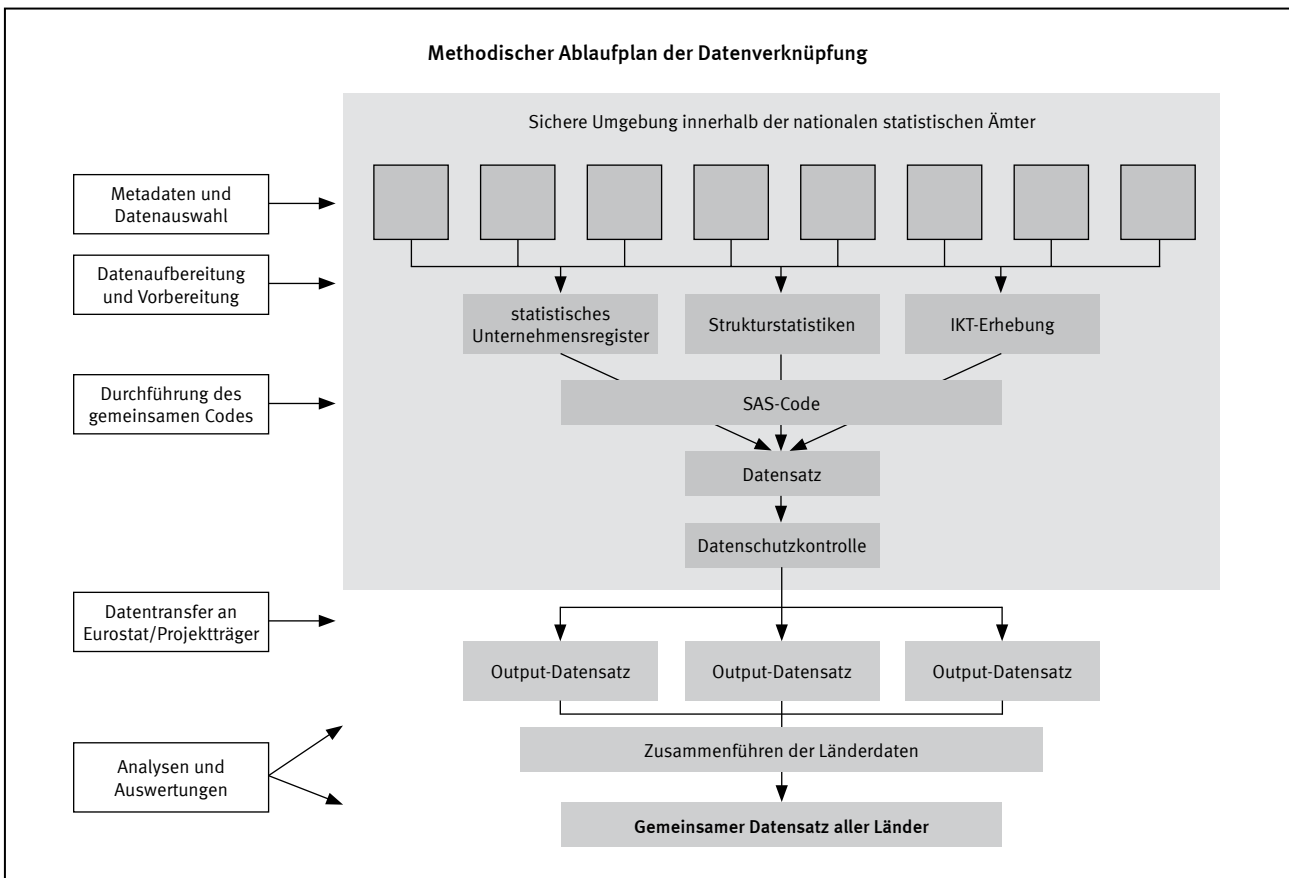
Aus diesen Erhebungen flossen die in der Übersicht dargestellten Merkmale in die Analyse ein.

Um die ausgewählten Merkmale zu verknüpfen sowie Produktivitätsberechnungen und statistische Auswertungen durchzuführen, wurde von Prof. Bartelsman ein SAS-Programm entwickelt und den Projektmitgliedern zur Verfügung gestellt. Dieser Programmcode wurde in den jeweiligen nationalen statistischen Ämtern den verfügbaren Daten angepasst. In jedem Mitgliedstaat wurden die Einzeldaten verknüpft und analysiert (siehe Schaubild 2) sowie anschlie-

ßend auf Branchenebene aggregiert. Um die aggregierten Daten in einem gemeinsamen Datensatz aller Länder speichern zu können, musste im Vorfeld eine datenschutzrechtliche Überprüfung anhand der jeweils geltenden nationalen Geheimhaltungsvorschriften erfolgen.

Der gemeinsame Programmcode fügt im ersten Schritt die Einzeldaten aus den jeweiligen Quellen zusammen, das heißt die IKT-Indikatoren aus der Erhebung zur Nutzung von IKT in Unternehmen, die Informationen zur Produktivität aus den Strukturstatistiken und – bei fehlenden Umsatz- beziehungsweise Beschäftigtenangaben – zusätzlich die entsprechenden Informationen aus dem statistischen Unternehmensregister. Demnach standen für das Projekt nur Datensätze der Unternehmen zur Verfügung, die in dem zu untersuchenden Berichtsjahr in allen drei Quellen vorhanden waren. Es wurden die Daten der Jahre 2002 bis 2005 verwendet. Im nächsten Schritt wurden mit den verknüpften Einzeldaten verschiedene statistische Analysen, wie etwa Regressions- und Korrelationsanalysen, durchgeführt. Die vorgenommenen statistischen Auswertungen sind durch den harmonisierten Programmcode in allen Ländern vergleichbar. Darüber hinaus sind durch die „Methode der verteilten Einzeldaten“ länderübergreifende Analysen auf europäischer Ebene möglich. Das Besondere bei dieser Methode ist, dass die statistische Auswertung länderübergreifend auf Basis der zur Verfügung gestellten aggregierten Einzeldaten vorgenommen wird, sodass die jeweiligen nationalen Einzeldaten in den jeweiligen nationalen statistischen Ämtern verbleiben können.

Schaubild 2



3 Ergebnisse der statistischen Analyse

3.1 Einführung

Die verknüpften Einzeldaten bieten national wie international verschiedene Möglichkeiten der Analyse. Ziel des Projektes war es, Einflüsse und Zusammenhänge zwischen IKT-Indikatoren und der Produktivität empirisch zu untersuchen und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen festzustellen, mit denen die Datenbasis und damit die Analysemöglichkeiten verbessert werden können.

Die Produktivität beziehungsweise Effizienz eines Unternehmens bezeichnet dessen Leistungsfähigkeit und bewertet, wie viel Einsatz (Input) benötigt wurde, um das gemessene Ergebnis (Output) zu erzielen. Als Output wird im Folgenden die erzielte Wertschöpfung (Bruttowertschöpfung zu Faktor-kosten) eines Unternehmens sowie deren Veränderungsrate bezeichnet.

Die klassischen Inputfaktoren der ökonomischen Produktionstheorie nach Adam Smith und David Ricardo sind Arbeit, Kapital und Boden. In der Analyse mussten nur für die Faktoren Arbeit und Kapital Referenzmerkmale gefunden werden.

Zum Inputfaktor Arbeit liegen für alle beobachteten Unternehmen sowohl Daten zu den Gesamtpersonalkosten wie auch zur Zahl der Beschäftigten vor. Für die weitere Analyse wurde die Arbeitsproduktivität als Indikator der durchschnittlich erzielten Wertschöpfung je Beschäftigten definiert. Sie steht im Mittelpunkt der folgenden Untersuchung. Für das Verarbeitende Gewerbe und das Baugewerbe sind darüber hinaus Daten über die Abschreibungen auf das Sach- und Anlagevermögen und somit für den Einsatz des Produktionsfaktors Kapital verfügbar. Der Quotient aus der erzielten Wertschöpfung und dem oben beschriebenen Kapitaleinsatz (Abschreibungen auf Sach- und Anlagevermögen) wurde als Kapitalproduktivität definiert.

Neben diesen beiden Produktivitäten lassen sich auch komplexere Produktivitäten mit zwei oder mehr Inputfaktoren berechnen, die nicht nur die effiziente Verwendung eines Produktionsfaktors, sondern mehrere Inputfaktoren kombiniert betrachten. Diese Vorgehensweise liefert tiefere Erkenntnisse, da Produktionstechnologien in ihrer Arbeits- und Kapitalintensität sehr unterschiedlich sein können. Um die Effizienz eines Unternehmens zu bewerten, ist in den meisten Fällen nicht die Produktivität hinsichtlich eines Produktionsfaktors relevant, sondern die Leistungsfähigkeit bezogen auf alle Produktionsfaktoren insgesamt. Die Konzentration auf nur einen Inputfaktor kann daher irreführend sein, wie in Abschnitt 3.2.2 beispielhaft für die Automobilbranche aufgezeigt werden wird. Zum Kombinieren der beiden Produktionsfaktoren wurde ein Ansatz gewählt, der unter der Annahme konstanter Skalenerträge die bereits definierte Arbeits- und Kapitalproduktivität zusammenfügt.

Die statistische Analyse der Studie beruht darauf, empirische Einflüsse und Zusammenhänge von IKT-Indikatoren auf die verschiedenen Produktivitäten mittels direkter Korrelationsanalyse und verschiedener Regressionsmodelle her-

auszufiltern. Ziel ist also, die Zusammenhänge empirisch zu analysieren, nicht die ökonomische Kausalität zu erklären.

Im folgenden Teil des Aufsatzes sollen zunächst die eigenen Untersuchungen zu der Thematik für Deutschland vorgestellt werden, die auf den Grundlagen des europäischen Projektes aufbauen und die dort vorgenommenen Analysen gezielt vertiefen. Die europäische Dimension und ihre multinationalen Ergebnisse werden am Ende dieses Kapitels kurz beschrieben. Die im Folgenden dargestellten Resultate stellen dabei nur einen kleinen Ausschnitt der sehr umfangreichen und umfassenden Analyse dar, um einen Überblick über die gefundenen Zusammenhänge und die Potenziale der Mikrodatenverknüpfung bei verbesserter Datengrundlage zu geben. Bevor in Abschnitt 3.2.2 die direkte Korrelationsanalyse zwischen den Merkmalen der IKT und den Produktivitäten im Vordergrund steht, bezieht sich Abschnitt 3.2.1 auf die Ergebnisse, aber auch Probleme einer Analyse mittels multipler linearer Regressionen, bei denen neben den IKT-Indikatoren auch andere potenzielle Einflussfaktoren als erklärende sowie die Produktivitätsindikatoren als zu erklärende Variablen fungieren.

Soweit nicht besonders gekennzeichnet, beziehen sich alle im Folgenden dargestellten nationalen Analysen auf das Berichtsjahr 2005, da für dieses Jahr die größte Einzeldatenbasis verfügbar war. Für die Daten der Jahre 2002, 2003 und 2004 ergeben sich konsistente Resultate der nachfolgenden Berechnungen.

Der Anteil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Breitbandanschluss hat sich für die Analyse als elementarer IKT-Indikator herauskristallisiert, da er neben der Verfügbarkeit der Technologie auch deren Nutzungsintensität umfasst. Aus diesem Grund wird er im Folgenden am häufigsten als IKT-Nutzungsindikator verwendet. Er konnte durch Kombination der beiden Merkmale „Anzahl der Beschäftigten mit Internetzugang“ und „Unternehmen mit Breitbandverbindung“ errechnet werden.

3.2 Analysen für Deutschland

3.2.1 Multiple Regressionsanalysen

Die empirische Untersuchung des Einflusses der IKT-Nutzung auf die Produktivität anhand einer direkten Korrelationsanalyse zweier Variablen vernachlässigt, dass die Produktivität eines Unternehmens von vielen Faktoren bestimmt wird. Welche Faktoren die Arbeitsproduktivität wie stark beeinflussen, lässt sich nur mit einer multiplen Regressionsanalyse errechnen. Wichtige Bedingung hierfür ist ein umfassendes Modell, das alle die Produktivität erklärenden Faktoren berücksichtigt. Mit einem solchen Regressionsmodell können dann Aussagen über Kausalitäten und Bedeutungen einzelner Faktoren, wie etwa die IKT-Nutzung, getroffen werden.

Fehlt in einem solchen Regressionsmodell ein erklärender Faktor, schränkt dies die Aussagekraft insoweit ein, da beobachtete Korrelationen nicht direkt, sondern aufgrund des fehlenden Faktors wirken könnten. Für diese Studie waren Daten zur Innovationskraft, zu den Investitionen oder anderen, nicht IKT-basierend eingesetzten Technologien

und Automatisierungen nicht auf Unternehmensebene verfügbar. Da diese aber vermutlich Einfluss auf die Arbeitsproduktivität haben, schränkt dies die Aussagekraft der Ergebnisse dieser Studie ein. Dies gilt es bei der Interpretation der im Folgenden dargestellten Ergebnisse zu berücksichtigen.

Ein naheliegender Einflussfaktor auf die Arbeitsproduktivität sind die Fähigkeiten und Kompetenzen der Beschäftigten. Hierzu liegen zwar ebenfalls keine direkten Informationen auf Unternehmensebene vor, jedoch sind Angaben zu den Personalkosten der Unternehmen und somit auch zu den durchschnittlichen Personalkosten je Beschäftigten verfügbar. Diese können als Ersatzindikator (Proxy) für die Ausbildung der Beschäftigten und somit für deren Fähigkeiten herangezogen werden. Diese Übertragung ist zwar in mehrfacher Hinsicht angreifbar, aber mangels Alternativen vertretbar und üblich. Neben der strittigen Verbindung zwischen den durchschnittlichen Lohnaufwendungen und den Fähigkeiten der Beschäftigten ist auch die Richtung des Wirkungszusammenhanges unklar. Häufig wird die Arbeitsproduktivität in Lohnverhandlungen als Indikator für die Höhe des Gehalts herangezogen. Somit beeinflusst die Arbeitsproduktivität auf diese Weise die Lohnkosten. Unter Berücksichtigung der beschriebenen Schwierigkeiten ist es trotzdem unerlässlich, die Personalaufwendungen in ein Modell zur Erklärung der Arbeitsproduktivität aufzunehmen.

Die Größe eines Unternehmens kommt als weitere Variable infrage, die hinsichtlich ihres Einflusses auf die Produktivität untersucht werden sollte. So wäre es denkbar, dass große Unternehmen besonders produktiv oder besonders unproduktiv sind und dieser Faktor somit eine erklärende Wirkung aufweist.

Das Merkmal „Bezug von Waren und Dienstleistungen“ beschreibt den Wert der Vorleistungen und liegt ebenfalls für alle Unternehmen der Studie vor. Je höher dieser Wert ist, desto später im Produktionsablauf befindet sich die durch das Unternehmen erzielte Wertschöpfung beziehungsweise desto höherwertige Waren oder Dienstleistungen bestimmen den Geschäftsprozess.

Das erste analysierte und hier vorgestellte multiple Regressionsmodell (Modell 1) erklärt die Arbeitsproduktivität als

Modell 1:

$$AP_i = b_0 + b_1PK_i + b_2UG_i + b_3NM_i + b_4DSL_i + e_i$$

mit

AP_i = Arbeitsproduktivität des Unternehmens i ,

PK_i = Personalkosten je Beschäftigten des Unternehmens i ,

UG_i = Unternehmensgröße nach Anzahl der Beschäftigten des Unternehmens i ,

NM_i = Wert der bezogenen Waren und Dienstleistungen des Unternehmens i je Beschäftigten,

DSL_i = Anteil der Beschäftigten mit Breitbandnutzung des Unternehmens i ,

e_i = Fehlerterm.

Ergebnis aus einer Kombination von vier Einflussfaktoren. Dies sind die durchschnittlichen Personalkosten je Beschäftigten, die Unternehmensgröße, der Wert der bezogenen Waren und Dienstleistungen je Beschäftigten sowie der Anteil der Beschäftigten mit Breitbandnutzung.

Die Analyse dieses Regressionsmodells bewertet den Einfluss der vier Faktoren auf die Arbeitsproduktivität. Die multiple lineare Regression ergibt für das Modell 1 folgendes Resultat:

	Koeffizient	t-Wert	P-Wert ¹⁾
Durchschnittliche Personalkosten (PK)	1.197	51.649	<2e-16***
Unternehmensgröße (UG)	-0.077	-0.598	0.5498
Bezug von Waren und Dienstleistungen (NM)	0.013	9.659	<2e-16***
Breitbandverbindung (DSL) ..	33.92	2.569	0.0102*

1) Die Anzahl der Sterne verdeutlicht die Stärke der Signifikanz: „*“ bedeutet schwache, „***“ mittlere und „****“ hohe Signifikanz.

Der „t-Wert“ beschreibt hierbei das Ergebnis des „t-Tests“ auf Unabhängigkeit und der „P-Wert“ die Wahrscheinlichkeit einer Unabhängigkeit. Je größer der „t-Wert“ und je kleiner der „P-Wert“, desto stärker ist auch der Einfluss der Variablen innerhalb dieses Modells auf die Zielvariable, das heißt in diesem Fall die Arbeitsproduktivität. Das Bestimmtheitsmaß⁴⁾ dieses Modells beträgt 0.459. Ein großer Teil der Ausprägung der Zielvariablen kann demnach nicht durch die verwendeten Merkmale erklärt werden.

Völlig unabhängig und somit bedeutungslos für die Erklärung der Arbeitsproduktivität zeigt sich die Unternehmensgröße. Korrelationsanalysen dieser beiden Merkmale bestätigten diese Aussage. Die Unternehmensgröße kann daher bei der weiteren Analyse vernachlässigt werden.

Für die durchschnittlichen Personalkosten, als Proxy für die Fähigkeiten und die Ausbildung der Beschäftigten, zeigt sich ein sehr starker und hoch signifikanter Einfluss. Von den in diesem Modell verwendeten erklärenden Variablen hat die Fähigkeit und Ausbildung der Beschäftigten innerhalb des Modells den größten Einfluss auf die Arbeitsproduktivität.

Der Indikator „Bezug von Waren und Dienstleistungen“ ist ebenfalls eine wichtige Einflussgröße bei der Erklärung der Arbeitsproduktivität. Der Anteil der Beschäftigten mit Breitbandverbindung hingegen ist eine schwach signifikante Einflussgröße. Die Bedeutung des IKT-Indikators als erklärende Variable ist zwar deutlich geringer als die der durchschnittlichen Personalkosten, allerdings aufgrund der vorhandenen Signifikanz nicht zu vernachlässigen.

Eine Überprüfung der erklärenden Variablen auf Multikollinearität mit dem Varianzinflationsfaktor ergab keine auffälligen Abhängigkeiten.

Für das Verarbeitende Gewerbe besteht darüber hinaus die Möglichkeit, das Modell durch den zusätzlichen Faktor

4) Das Bestimmtheitsmaß R^2 beschreibt, welcher Anteil der Streuung einer Zielvariablen durch das Regressionsmodell erklärt wird. Es liegt zwischen Null und Eins. Je größer der Wert, desto besser die Modellanpassung.

„Abschreibungen auf das Sach- und Anlagevermögen“ zu ergänzen. Diese Variable zeigt jedoch keine erklärende, das Modell verbessernde Wirkung. Die Kapitalaufwendungen haben demnach innerhalb des Regressionsmodells keine Auswirkung auf die Arbeitsproduktivität.

Analog zur Arbeitsproduktivität lässt sich ebenfalls mittels multipler linearer Regression die Kapitalproduktivität und deren Einflussfaktoren analysieren. Aufgrund der bereits beschriebenen Datenlage ist dies allerdings nur für das Verarbeitende Gewerbe möglich:

Modell 2:

$$KP_i = b_0 + b_1PK_i + b_2UG_i + b_3NM_i + b_4DSL_i + e_i$$

mit

KP_i = Kapitalproduktivität des Unternehmens i ,

PK_i = Personalkosten je Beschäftigten des Unternehmens i ,

UG_i = Unternehmensgröße nach Anzahl der Beschäftigten des Unternehmens i ,

NM_i = Wert der bezogenen Waren und Dienstleistungen des Unternehmens i je Beschäftigten,

DSL_i = Anteil der Beschäftigten mit Breitbandnutzung des Unternehmens i ,

e_i = Fehlerterm.

Die Ergebnisse der linearen Regression des Modells 2 zeigen im Vergleich zum Modell 1 ein anderes Bild:

	Koeffizient	t-Wert	P-Wert ¹⁾
Durchschnittliche Personalkosten (PK_B)	0.785	2.236	0.0254 *
Unternehmensgröße (UG)	-0.570	-0.476	0.6342
Bezug von Waren und Dienstleistungen (NM_B) ..	-0.002	-1.054	0.2922
Breitbandverbindung (DSL) ..	11.09	0.625	0.5317

1) Die Anzahl der Sterne verdeutlicht die Stärke der Signifikanz: „*“ bedeutet schwache, „***“ mittlere und „****“ hohe Signifikanz.

Die durchschnittlichen Personalkosten weisen lediglich eine schwache Signifikanz auf. Alle anderen in dem Modell untersuchten Einflussfaktoren weisen keinen Zusammenhang mit der Kapitalproduktivität auf. Dies zeigt zum einen, dass die IKT-Nutzungsintensität am Beispiel des Anteils der Mitarbeiter mit Breitbandverbindung innerhalb des Regressionsmodells keinen Einfluss auf die Kapitalproduktivität hat. Zum anderen resultiert aus dem Ergebnis die Feststellung, dass die zur Verfügung stehenden Merkmale für eine umfassende Analyse der Einflussfaktoren der Kapitalproduktivität völlig unzureichend sind. Das Bestimmtheitsmaß des zweiten Modells ist nahe Null und bestätigt dies zusätzlich.

Aus diesen ersten Ergebnissen der multiplen Regressionsanalyse ergibt sich die Erkenntnis, dass für eine vollständige

und umfassende Analyse des Einflusses der IKT auf die Produktivität eine größere Anzahl an Indikatoren zur Verfügung stehen und untersucht werden muss. Alternativ zu den prinzipiell notwendigen multiplen Regressionsmodellen können Korrelationsanalysen zumindest Hinweise auf empirische Zusammenhänge zwischen der Produktivität und der IKT-Nutzung geben.

3.2.2 Korrelationsanalysen

Dieser Abschnitt bezieht sich auf die direkte Korrelationsanalyse zwischen der Produktivität und den Merkmalen des Einsatzes von IKT. Die beobachteten Korrelationen beweisen keine unmittelbare Kausalität zwischen den untersuchten Variablen, sondern zeigen empirische gemessene Zusammenhänge.

Analyse der Arbeitsproduktivität

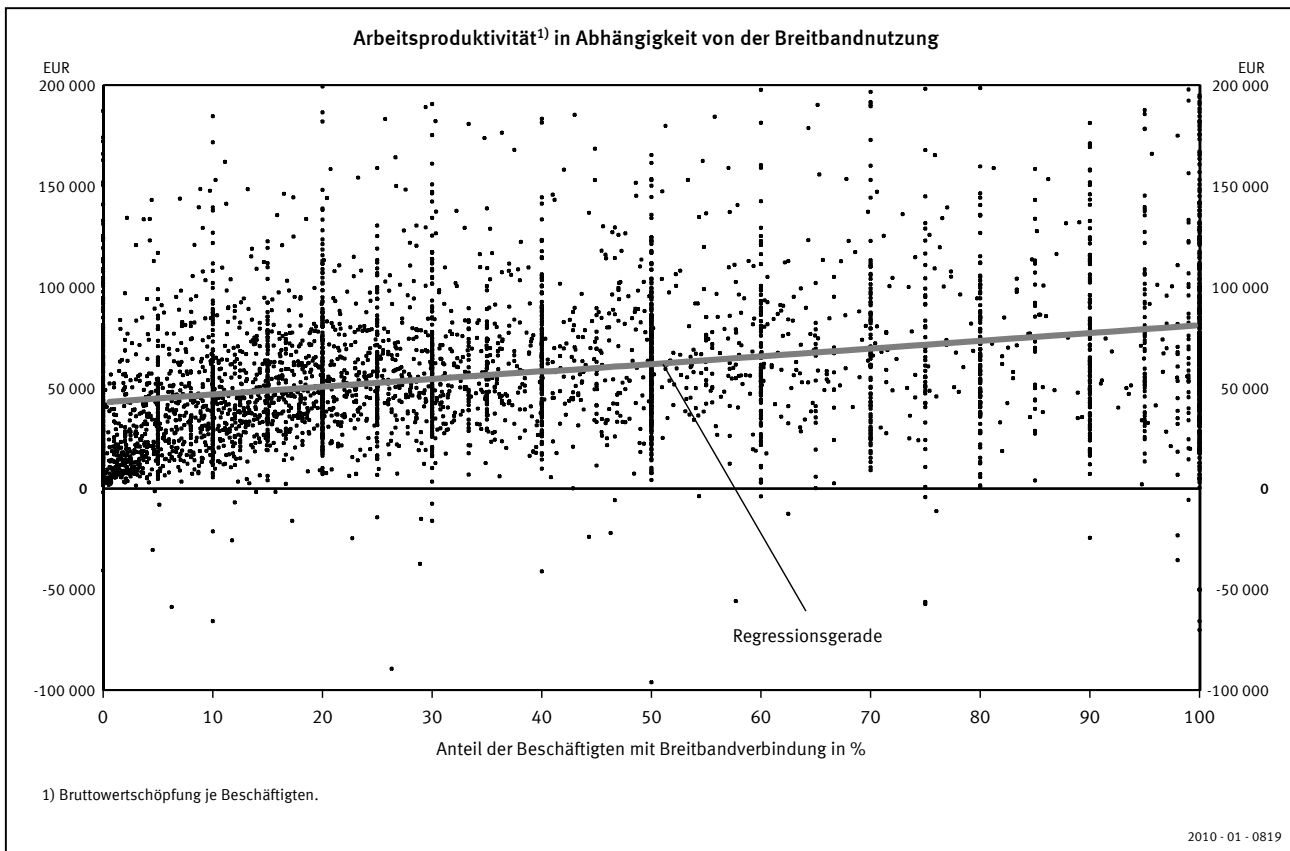
Der empirisch zu untersuchende Zusammenhang zwischen Arbeitsproduktivität und DSL-Nutzung kann mithilfe einer grafischen Darstellung aufgezeigt werden. In Schaubild 3 ist für alle 5 044 verfügbaren Unternehmenseinzeldaten des Jahres 2005 horizontal der Prozentsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Breitbandverbindung und vertikal die Arbeitsproduktivität verzeichnet. Jedes Unternehmen ist entsprechend seinen Ausprägungen durch einen korrespondierenden Punkt in der Grafik dargestellt. Ob Unternehmen mit einem hohen Prozentsatz an DSL-Nutzung auch eine durchschnittlich höhere Arbeitsproduktivität aufweisen, kann mithilfe einer Regressionsgeraden beantwortet werden. Diese Gerade liegt so, dass die Summe der quadrierten Abstände aller Punkte zur Gerade möglichst gering ist. Ein Anstieg der Regressionsgeraden bedeutet, dass ein höherer Wert auf der X-Achse einen höheren Wert auf der Y-Achse erwarten lässt, das heißt ein positiver Zusammenhang zu beobachten ist.

In diesem Fall ist ein eindeutiger Anstieg der Regressionsgerade erkennbar. Es lässt sich daher für Deutschland ein klar positiver Zusammenhang zwischen der Breitbandnutzung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und der erzielten Arbeitsproduktivität darstellen. Die Prüfung der in der Grafik lediglich optisch veranschaulichten Korrelation auf ihre mathematische Signifikanz ergibt einen Korrelationskoeffizienten⁵⁾ von 0.331 und somit auch eine statistisch hoch signifikante⁶⁾ Korrelation. Unternehmen mit einem hohen Anteil von Beschäftigten mit Breitbandanschluss weisen demnach eine deutlich höhere Arbeitsproduktivität auf als Unternehmen ohne Breitbandanschluss oder mit geringer Intensität der Nutzung. Diese Aussage beruht, wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, auf dem direkten Vergleich der beiden Faktoren. Diese Vereinfachung ist bei der Bewertung stets zu berücksichtigen.

Zur näheren Analyse dieses Zusammenhangs und zur übersichtlicheren Betrachtung gibt eine Aufteilung der Unternehmen nach Dezilen der Breitbandnutzung wichtige zusätzliche Erkenntnisse. Hierdurch kann sichergestellt werden,

5) Verwendet wurde der Pearsonsche Korrelationskoeffizient. Er ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zweier Merkmale. Er liegt zwischen -1 und 1, wobei 0 völlige lineare Unabhängigkeit, 1 völlige positive und -1 völlige negative Korrelation beschreibt.
 6) „Hoch signifikant“ beschreibt hier eine Signifikanz zum Niveau $\alpha = 1\%$.

Schaubild 3



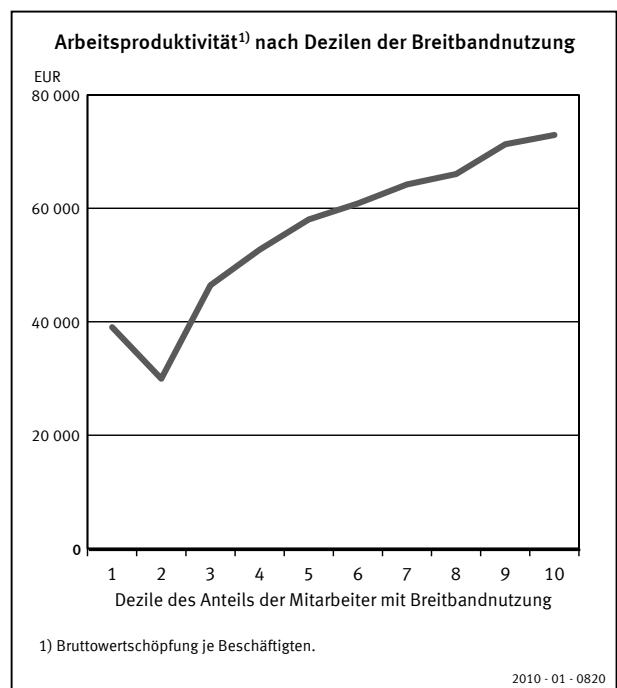
dass die beobachtete Korrelation beispielsweise nicht durch starke Ausprägungen an den Rändern bedingt ist. Die Unternehmen werden hierzu – dem Anteil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Breitbandverbindung entsprechend – in zehn gleich große Gruppen, die Dezile, aufgeteilt. Im ersten Dezil sind demnach die 10% der Unternehmen mit der niedrigsten Breitbandintensität beziehungsweise ohne Breitbandverbindung, im zehnten Dezil entsprechend die 10% der Unternehmen mit dem größten Anteil von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit DSL-Verbindung. Analysiert werden nun die arithmetischen Mittelwerte der Arbeitsproduktivität jedes Dezils.

Aus Schaubild 4 wird deutlich, dass – abgesehen vom niedrigsten Dezil – mit zunehmender Breitbandnutzung auch die Arbeitsproduktivität mit jedem Dezil ansteigt. Die errechneten Mittelwerte der beiden größten Dezile sind dabei etwa doppelt so hoch wie die Mittelwerte der niedrigsten Dezile. Ein Unternehmen mit sehr hohem Anteil von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Breitbandanschluss erreicht demnach eine ungefähr doppelt so hohe Arbeitsproduktivität wie ein Unternehmen mit sehr niedriger oder keiner Breitbandverbindung. Zusätzlich zur Regressionsanalyse ist festzustellen, dass auch in den mittleren Bereichen der Nutzungsintensität der beobachtete Effekt eintritt.

Einer besonderen Erklärung bedarf die Abnahme der durchschnittlichen Arbeitsproduktivität vom ersten zum zweiten Dezil. Unternehmen ohne Breitbandverbindung sind – unabhängig von der Zahl der Beschäftigten mit Internetzugang –

im ersten Dezil eingeordnet. Daher sind in diesem Dezil auch einige Unternehmen mit sehr hoher IKT-Nutzungsintensität, gegeben durch einen hohen Anteil an Internetnutzung, zu finden, die trotz fehlenden Breitbandanschlusses

Schaubild 4



teilsweise eine sehr hohe Arbeitsproduktivität aufweisen. Dies könnte ein Anhaltspunkt dafür sein, dass das erste im Vergleich zum zweiten Dezil eine höhere Arbeitsproduktivität aufweist.

Abschließend ist zu konstatieren, dass mit zunehmender Intensität der Breitbandnutzung die Arbeitsproduktivität eines Unternehmens ansteigt. Ein Zusammenhang zwischen der erzielten Arbeitsproduktivität und dem Anteil der Beschäftigten mit Breitbandverbindung ist somit empirisch belegt.

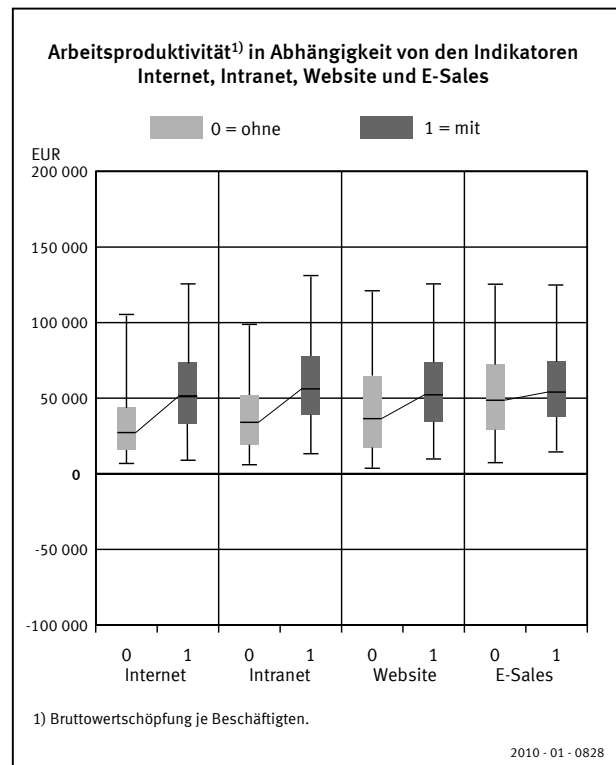
Binäre IKT-Indikatoren

Das Merkmalsprogramm der Erhebung zur Nutzung von IKT in Unternehmen als Quelle der erklärenden IKT-Indikatoren besteht zu einem großen Teil aus binären Variablen (sogenannten Null-Eins-Variablen), mit denen die Unternehmen in zwei Gruppen aufgeteilt werden können: eine Gruppe, in der das jeweilige Merkmal beobachtet werden kann (1), und eine, in der das Merkmal nicht vorhanden ist (0). Diese Merkmale, wie beispielsweise das Vorhandensein einer Website, der Einsatz des elektronischen Handels oder automatisierter Geschäftsprozesse, beschreiben zwar nur die Verfügbarkeit und Nutzung, jedoch nicht die Intensität der Nutzung. Sie sind aber aufgrund ihrer zentralen Bedeutung für eine vollständige Analyse des Sachverhalts wichtig.

Zur grafischen Darstellung des Einflusses dieser binären Merkmale auf die Arbeitsproduktivität eignen sich Box-Whisker-Plots, da sie für diskrete Variablen eine einfache und klare Veranschaulichung ermöglichen und neben dem arithmetischen Mittel auch verschiedene Streuungsmaße in einer Grafik zusammenfassen.

Die in Schaubild 5 dargestellten vier Box-Whisker-Plots beschreiben den Zusammenhang verschiedener IKT-Indikatoren und der Arbeitsproduktivität. Grundlage sind wieder die rund 5 000 verknüpften Unternehmensdatensätze des Bezugsjahres 2005. Die Gruppe der Unternehmen, die die jeweilige Technologie nicht nutzen, ist mit „0“ gekennzeichnet, die Vergleichsgruppe mit Nutzung der jeweiligen Technologie entsprechend mit „1“. Auf der vertikalen Achse ist die Arbeitsproduktivität abgetragen. Die Box-Whisker-Plots zeigen die arithmetischen Mittelwerte der Arbeitsproduktivität beider Gruppen, die jeweiligen Quartile sowie die 95%-Quantile. Die arithmetischen Mittel sind mittig mit einer Querlinie verbunden. Das obere und untere Quartil als Streuungsmaß ist durch die graue Box abgegrenzt, sodass dementsprechend innerhalb des Bereiches der grauen Box die Hälfte aller Werte liegt. Das produktivste Viertel der Unternehmen liegt oberhalb, das unproduktivste Viertel unterhalb der grauen Box. Durch die sogenannten Whisker, die nach oben und unten gehenden Linien, werden zusätzlich noch die 95%- und 5%-Quantile angezeigt. Die höchsten und niedrigsten 5% der beobachteten Werte werden als Ausreißer gewertet und liegen außerhalb der Markierung. Innerhalb der oberen und unteren Markierung liegen folgerichtig 90% der Unternehmen der Gruppe.

Schaubild 5



Anhand der Steigung der Querlinie in allen vier Beispielen des Schaubildes 5 ist erkennbar, dass bei den Unternehmen mit Nutzung der jeweiligen Technologie das arithmetische Mittel der Produktivität höher ist als bei den Unternehmen ohne diese Technologie, was auf einen positiven Zusammenhang zwischen der Nutzung der Technologie und der erzielten Arbeitsproduktivität hindeutet. Im Falle von elektronisch abgewickelten Verkäufen (E-Sales) ist der beobachtete Zusammenhang allerdings sehr schwach ausgeprägt und daher nicht signifikant⁷⁾. Für die Internetverfügbarkeit ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Zahl der Unternehmen ohne Internet so gering ist, dass eine Aussage zur Wirkung dieser Technologie ebenfalls nur eingeschränkt möglich ist.

Für die Verfügbarkeit eines Intranets und einer Website ist hingegen eine klare Aussage über den positiven Zusammenhang möglich. Die Mittelwerte für beide Gruppen unterscheiden sich stark und signifikant. Am stärksten ausgeprägt ist der Zusammenhang für den Indikator Intranet. Verdeutlicht wird dies durch die Lage der den Wertebereich beschreibenden Whisker. Steigt die Endmarkierung sowohl des unteren wie auch des oberen Whisker an, bedeutet dies, dass sich der gesamte Wertebereich erhöht. Für den Indikator Website weisen die Whisker und Quartile auf eine starke Streuung in der Gruppe der Unternehmen ohne Website hin, was die Aussagekraft etwas abschwächt.

Zusammenfassend lässt sich für den Indikator Intranet feststellen, dass Unternehmen mit Intranet im Jahr 2005 eine deutlich höhere Arbeitsproduktivität (im Mittel etwa 56 000

⁷⁾ „Signifikant“ beschreibt hier eine Signifikanz des Hypothesen-t-Tests zum Niveau $\alpha = 5\%$. Der Hypothesen-Test testet die Unterschiedlichkeit der Mittelwerte.

Euro je Beschäftigten) aufwiesen als Unternehmen ohne eigenes Intranet (etwa 34 000 Euro). Die Quantile und Quartile unterstützen diese Beobachtung.

Größenklassen und Branchen

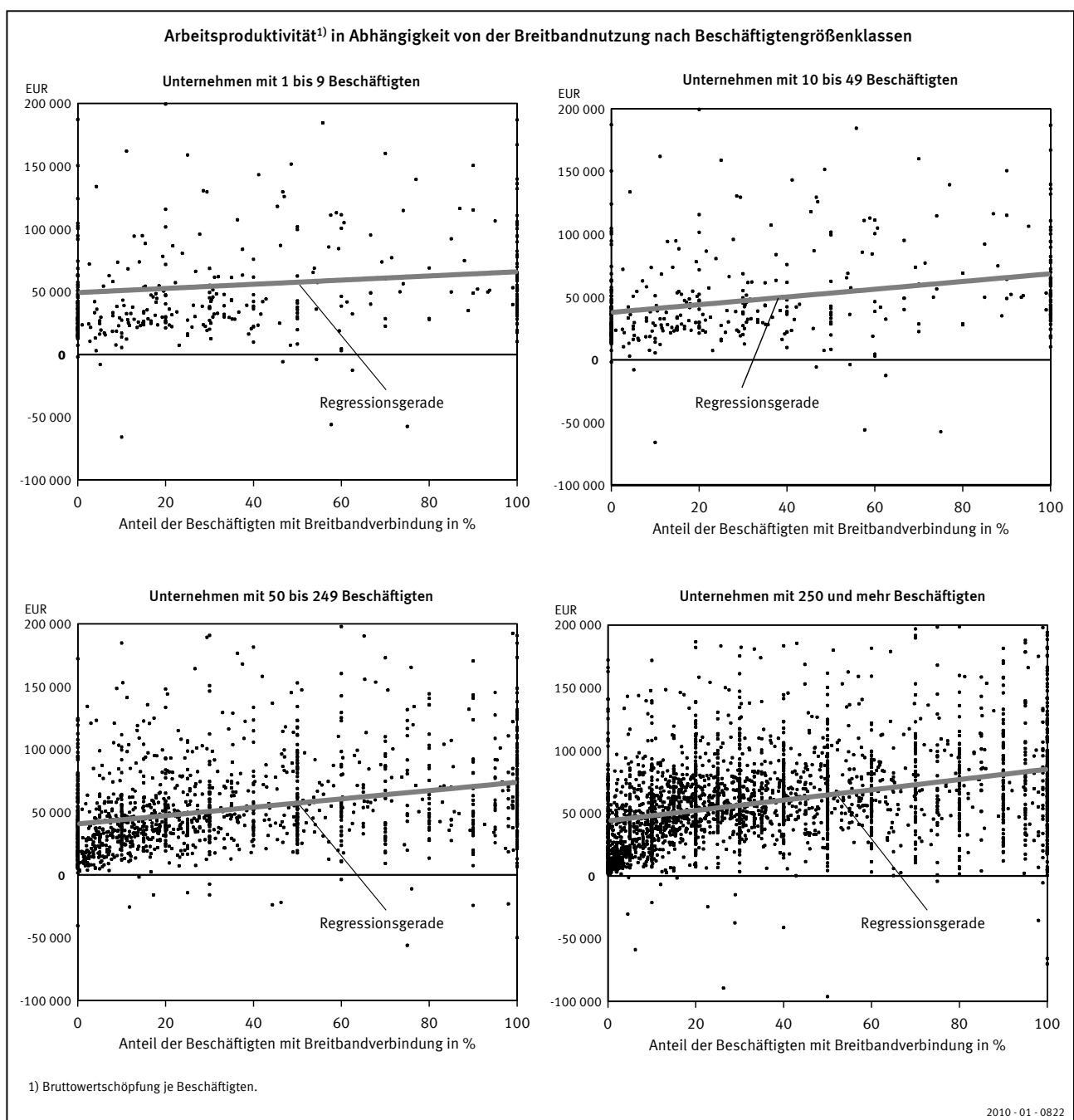
Da im Datenmaterial zusätzlich Angaben über Wirtschaftszweige und Beschäftigtengrößenklassen vorlagen, sind auch tiefer gegliederte Untersuchungen zum Einfluss der IKT auf die Produktivität von Unternehmen möglich. Dazu wurde das Material in vier verschiedene Beschäftigtengrößenklassen sowie in die Branchen Baugewerbe, Verarbeitendes Gewerbe, Dienstleistungen und Versicherung ein-

geteilt, um spezielle clusterspezifische Besonderheiten herauszufiltern.

Die bereits in Schaubild 3 beschriebene Korrelation zwischen dem Anteil der Beschäftigten mit Breitbandverbindung eines Unternehmens und der erreichten Arbeitsproduktivität ist in den Schaubildern 6 und 7 nach Größenklassen beziehungsweise Wirtschaftszweigen dargestellt. Auch hier zeigt sich für alle jeweiligen Cluster ein positiver Zusammenhang.

Bei den Unternehmen mit weniger als zehn Beschäftigten ist die Zahl der zur Analyse zur Verfügung stehenden Daten-

Schaubild 6



sätze allerdings zu gering, um eine signifikante Korrelation zu belegen. Für die anderen drei Größenklassen, insbesondere die beiden größten, bestätigt sich hingegen der positive Zusammenhang. Dieser bestätigt sich mathematisch ebenfalls durch einen Test auf Signifikanz der Abhängigkeit.

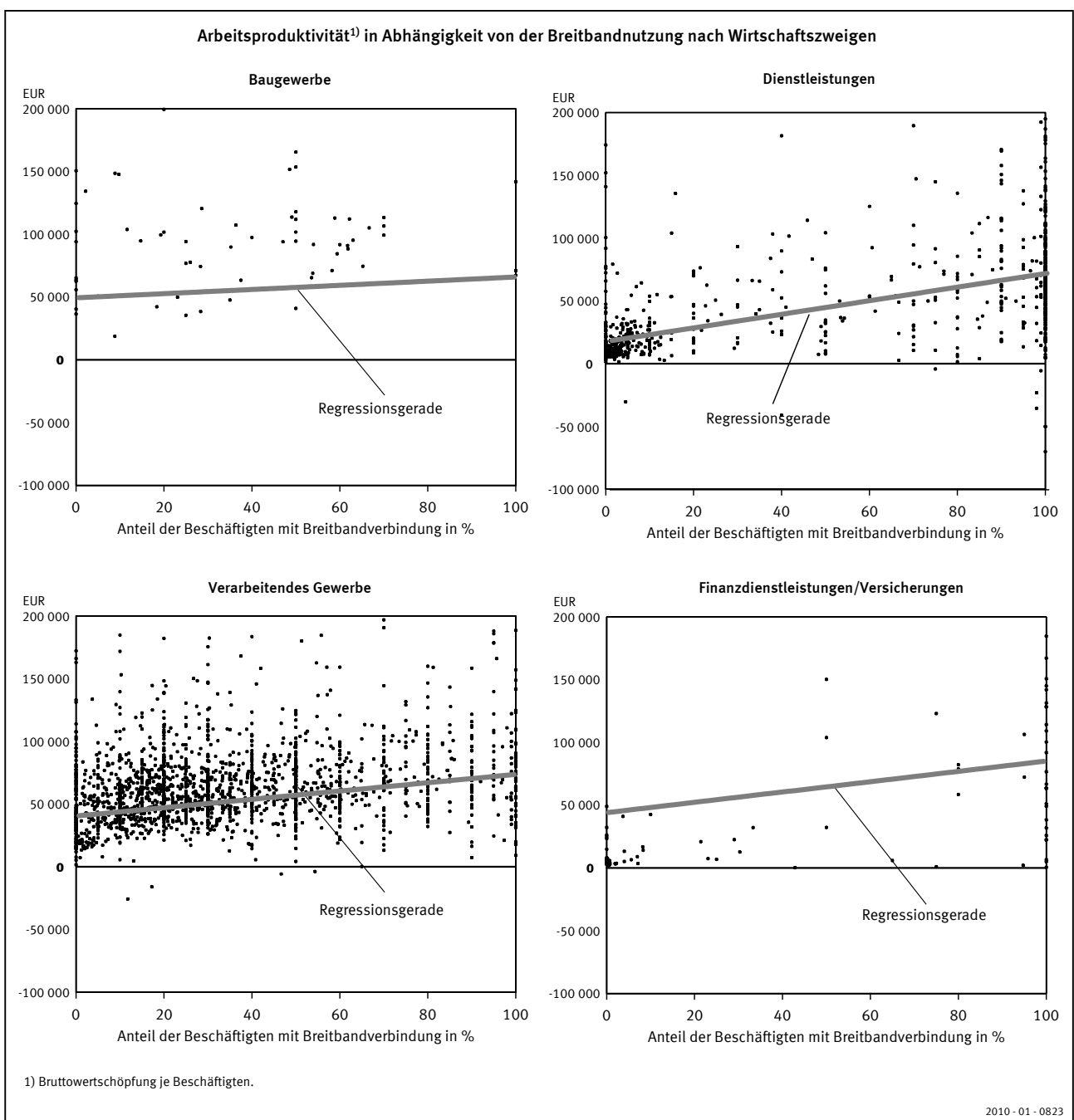
Die Steigung der eingezeichneten Regressionsgerade und damit die Intensität des Zusammenhangs wächst mit zunehmender Unternehmensgröße. Bei größeren Unternehmen scheint die Arbeitsproduktivitätszunahme bei einer Steigerung des Anteils von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit Breitbandverbindung demnach stärker zu sein als bei kleineren Unternehmen.

Auch die branchenspezifische Differenzierung zeigt für alle vier untersuchten Branchen einen positiven Zusammenhang.

Im Baugewerbe ist aufgrund der zu geringen Datenbasis keine statistisch abgesicherte Aussage möglich, auch wenn sich eine positive Korrelation andeutet. Für den Dienstleistungssektor und das Verarbeitende Gewerbe zeigt sich die Abhängigkeit hingegen wieder klar positiv und hoch signifikant.

Die Heterogenität des Dienstleistungssektors spiegelt sich in Schaubild 7 anhand der Häufung von Unternehmen einer-

Schaubild 7



seits am linken und andererseits am rechten Rand wider, wobei die Häufung von Unternehmen am rechten Rand mit deutlich größerer Varianz auftritt. Es gibt Bereiche, die aufgrund ihrer Tätigkeit nur wenig IKT einsetzen können und deren Wertschöpfung zusätzlich sehr arbeitsintensiv ist, wie beispielsweise bei Friseuren und in der Altenpflege der Fall. Diese weisen eine niedrige Arbeitsproduktivität auf.

Ein differenzierteres Bild ergibt sich auch für die Finanzdienstleistungen und Versicherungen. Einerseits gibt es viele Unternehmen ohne Breitbandverbindung, andererseits viele Unternehmen, in denen jeder Beschäftigte einen Breitbandanschluss nutzt. Nur wenige Unternehmen weisen eine mittlere Nutzungsintensität auf.

Die beiden differenzierten Betrachtungen widerlegen jedoch nicht den generell nachgewiesenen Effekt, dass Unternehmen ohne beziehungsweise mit geringer Breitbandnutzung eine sehr viel niedrigere Arbeitsproduktivität aufweisen als Unternehmen mit hoher Breitbandnutzung. Vielmehr bekräftigen die tiefer gegliederten Untersuchungen über alle Wirtschaftszweige und Größenklassen hinweg, dass es einen empirisch belegbaren positiven Zusammenhang zwischen IKT-Nutzung und Produktivität gibt, wenngleich dieser Zusammenhang auch durch andere ökonomische Zusammenhänge induziert sein kann.

Kapitalproduktivität im Verarbeitenden Gewerbe

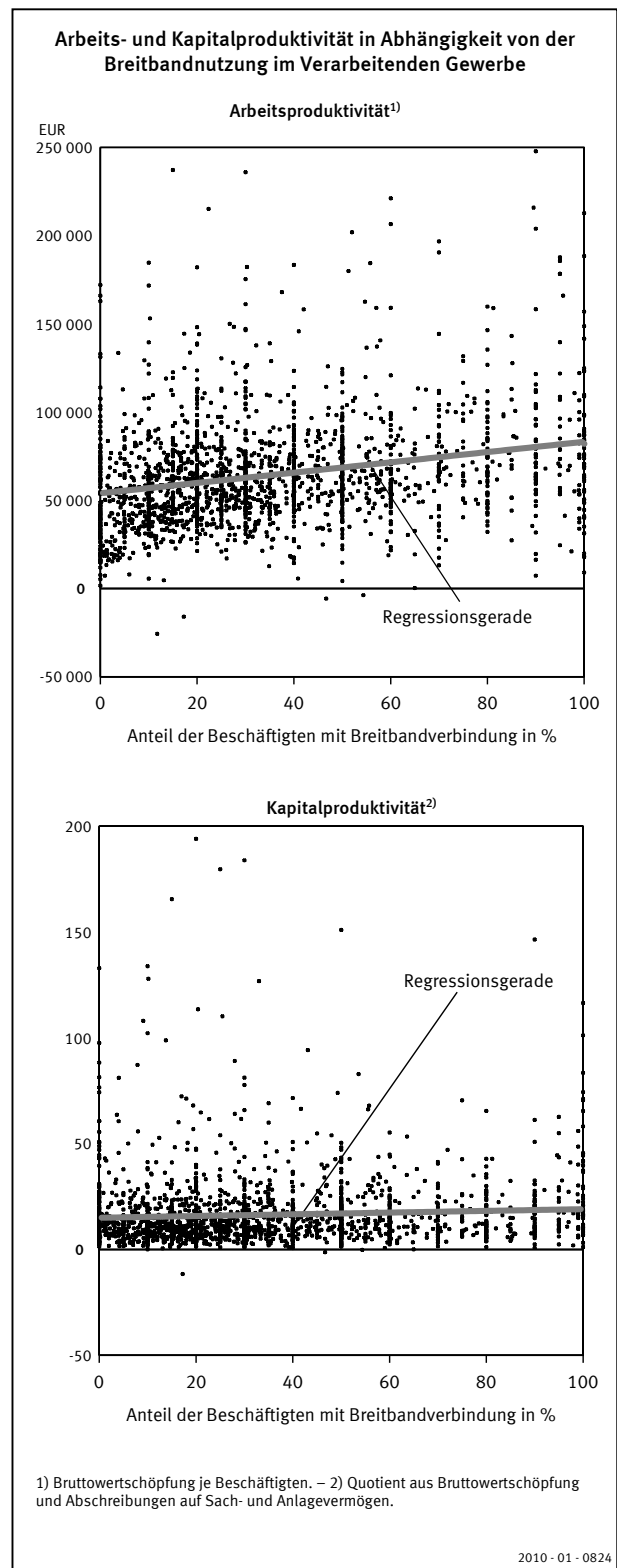
Im Sinne der klassischen Produktionstheorie ist neben der Arbeit das eingesetzte Kapital (hier: die Abschreibungen auf das Sach- und Anlagevermögen) der zentrale Faktor zur Bewertung der Produktivität eines Unternehmens. Die bisherigen Untersuchungen zur Arbeitsproduktivität werden im Folgenden um die Kapitalproduktivität ergänzt. Für das Verarbeitende Gewerbe liegen zusätzlich umfassende Daten zum verwendeten Kapital vor, daher beziehen sich die folgenden Betrachtungen ausschließlich auf diesen Wirtschaftszweig. Analog zur Arbeitsproduktivität berechnet sich die Kapitalproduktivität als Quotient aus erzeugter Wertschöpfung und eingesetztem Kapital.

Schaubild 8 stellt sowohl die Arbeitsproduktivität als auch die Kapitalproduktivität mit der jeweiligen Regressionsgeraden dar. Der Zusammenhang zwischen Arbeitsproduktivität und DSL-Nutzung ist im oberen Teil des Schaubildes dargestellt, der zwischen Kapitalproduktivität und DSL-Nutzung im unteren Teil.

Wie anhand der geringen Steigung der Regressionsgeraden der Kapitalproduktivität erkennbar, ist der Einfluss des Anteils der Beschäftigten mit Breitbandnutzung auf die Kapitalproduktivität im Gegensatz zur Arbeitsproduktivität nicht nachweisbar. Eine Korrelation zwischen diesen beiden Faktoren kann, zumindest für das Verarbeitende Gewerbe, statistisch nicht nachgewiesen werden. Die durchschnittliche Kapitalproduktivität bleibt bei unterschiedlicher Breitbandnutzung konstant.

Dies lässt vermuten, dass ein mitarbeiterbezogener IKT-Indikator, wie der Anteil der Beschäftigten mit Breitbandverbindung, nur die Arbeitsproduktivität beeinflusst. Tiefere-

Schaubild 8



hende Analysen zu mitarbeiterunabhängigen IKT-Indikatoren zeigten allerdings ebenfalls keine signifikante Korrelation zur Kapitalproduktivität für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt. Für einzelne Wirtschaftsbereiche kann jedoch bei bestimmten IKT-Indikatoren eine Auswirkung auf die Kapital-

produktivität beobachtet werden. Dies wird im Folgenden am Beispiel der Automobilbranche aufgezeigt.

Elektronische Verkäufe in der Automobilbranche

Detaillierte wirtschaftszweigbezogene Unterschiede konnten herausgearbeitet werden, da im Datenmaterial Angaben zum Wirtschaftszweig der Unternehmen auf Zweistellerebene (Wirtschaftszweigabteilung) vorlagen. Der Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ wurde aufgrund seiner herausgehobenen wirtschaftlichen Bedeutung in Deutschland gesondert betrachtet.

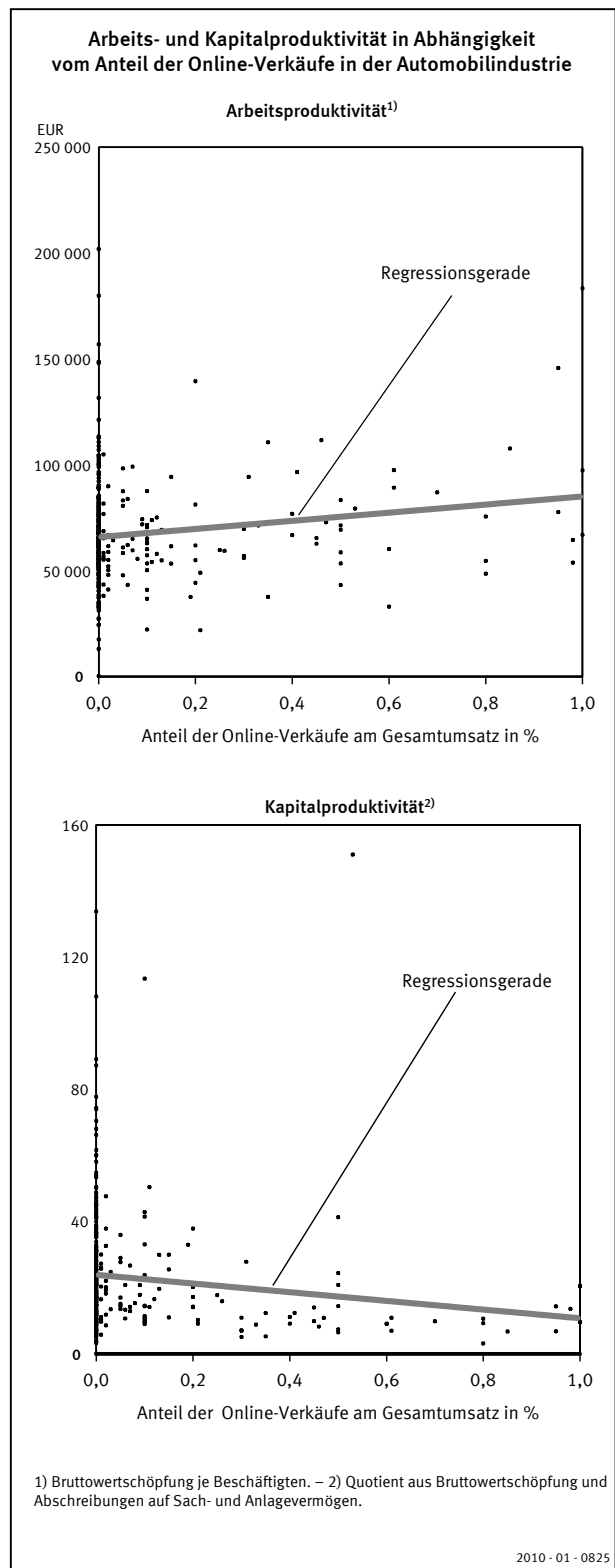
Der Vergleich der Kapital- und Arbeitsproduktivität mit dem Anteil von elektronisch abgewickelten Verkäufen (E-Sales) für Unternehmen der Automobilbranche ergibt ein vom Gesamtbild des Verarbeitenden Gewerbes abweichendes Ergebnis (siehe Schaubild 9). Die grafische Darstellung in Schaubild 9 entspricht der im Schaubild 8.

Auch hier zeigt sich wieder ein positiver Zusammenhang zwischen dem IKT-Indikator und der Arbeitsproduktivität. Im Gegensatz zum Verarbeitenden Gewerbe insgesamt ist jedoch eine signifikant negative Korrelation zwischen dem IKT-Indikator und der Kapitalproduktivität messbar. Unternehmen, die einen größeren Anteil ihres Umsatzes über eine Website oder durch elektronischen Datenaustausch generieren, weisen hier zwar auch eine höhere Arbeitsproduktivität, aber eine niedrigere Kapitalproduktivität auf.

Ein wesentlicher Aspekt des elektronischen Handels ist die webbasierte Optimierung der Kundenbeziehungen, die keinen zeitlichen und räumlichen Restriktionen unterliegen. Der elektronische Handel ermöglicht den Unternehmen, völlig neue globale Absatzkanäle zu erschließen, Geschäftsprozesse zu automatisieren und zu beschleunigen und somit Kosten zu senken. Der Auf- und Ausbau dieser Kanäle erfordert Investitionen und damit einen höheren Kapitaleinsatz, der wiederum eine effizientere Verwendung des Produktionsfaktors Arbeit ermöglichen kann. Dies wäre sowohl mittels Substitution der Faktoren, als auch durch eine Steigerung der Wertschöpfung möglich, indem sich das vorhandene Arbeitskräftepotenzial beispielsweise auf andere Kernbereiche des Unternehmens konzentrieren kann. Dies könnte eine Erklärung für die in Schaubild 9 dargestellten Auswirkungen eines höheren Anteils von E-Sales-Tätigkeit sein.

Trotz dieses empirisch belegten Zusammenhangs muss eine allgemeine Bewertung, ob eine Investition zur Steigerung von elektronischen Verkäufen zweckmäßig ist, den zeitlichen Aspekt berücksichtigen. Da der Aufbau des elektronischen Handels hohe Anfangsinvestitionen erfordert, kann die langfristige Wirkung des Kapitaleinsatzes und der Wirkungszusammenhänge erst durch einen längeren Beobachtungszeitraum statistisch fundiert bewertet werden. Die hierfür notwendigen Einzeldaten von Unternehmen über mehrere Jahre hinweg waren in diesem Projekt nicht in ausreichender Zahl verfügbar, da Unternehmen von der amtlichen Statistik möglichst selten zu Befragungen herangezogen und dadurch entlastet werden sollen.

Schaubild 9



Kombinierte Produktivität

Wie bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben, ist es zur Messung von allgemeinen Produktivitätssteigerungen in Unternehmen notwendig, einen kombinierten Produktivitätsin-

dikator aus den beiden Inputfaktoren Arbeit und Kapital zu berechnen und zu analysieren.

Analog zu den bisher verwendeten Produktivitätsindikatoren soll dieser gemeinsame Faktor ebenfalls von linearen Skalenerträgen ausgehen und beide Inputfaktoren, unabhängig vom Absolutwert ihrer Ausprägung, bewerten.

Der für die vorgenommene Analyse verwendete kombinierte Produktivitätsfaktor (KP) beruht auf den beiden bereits verwendeten Produktivitäten für Arbeit und Kapital und berechnet sich aus

$$KP_i = \frac{nv_i}{w_1K_i + w_2P_i} \text{ mit den Gewichten}$$

$$w_1 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n (K_i + P_i)} \text{ und } w_2 = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{\sum_{i=1}^n (K_i + P_i)},$$

wobei nv_i die Wertschöpfung, K_i die Kapitalaufwendungen und P_i die gezahlten Gehälter von Unternehmen i jeweils in Euro angeben. Die Gewichte w_1 und w_2 dienen dazu, beiden Inputfaktoren die gleiche Bedeutung beizumessen und generelle Unterschiede in der absoluten Höhe der Faktoren auszugleichen.

Für die beschriebene Situation der Automobilindustrie stellt sich für diesen kombinierten Faktor keine beobachtbare Korrelation heraus. Die Effekte der Arbeitsproduktivität und der Kapitalproduktivität heben sich demnach auf. Eine Verbesserung der kombinierten Produktivität durch einen hohen Anteil an E-Sales ist daher nicht nachweisbar.

Ein Vergleich der kombinierten Produktivität mit dem Anteil der Beschäftigten mit Breitbandverbindung zeigt allerdings

eine signifikant positive Korrelation. Dies ist deshalb bemerkenswert, da die Kapitalproduktivität separat keine positive Signifikanz aufweisen konnte. Die Analyse des gemeinsamen Produktivitätsindikators ist aufgrund der bereits beschriebenen Datenlage lediglich für das Verarbeitende Gewerbe und das Baugewerbe möglich.

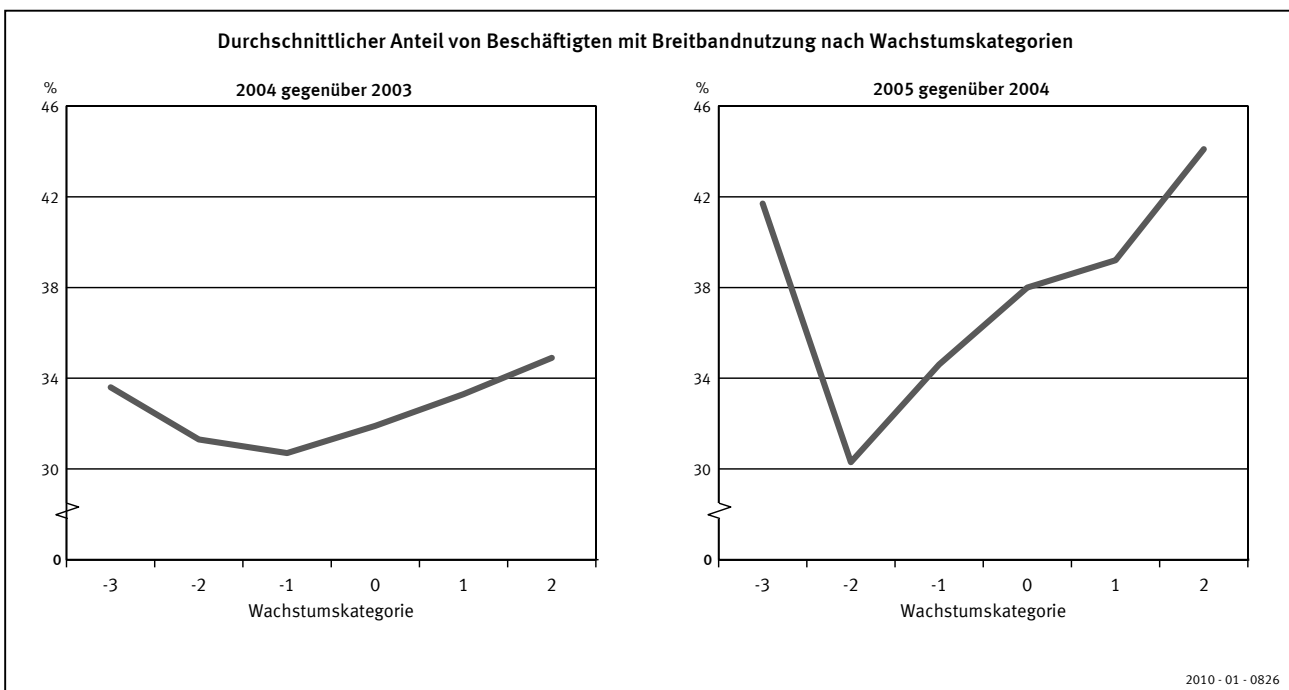
Wachstum

Neben den verschiedenen Produktivitäten wurden weitere Outputvariablen, wie etwa das erzielte Wachstum, analysiert, um ein möglichst breites Bild über die Wirkungszusammenhänge der IKT-Nutzung zu gewinnen. Besonders aufschlussreich hierfür sind Analysen zeitlicher Veränderungen. Um Unternehmen über mehrere Jahre hinweg zu betrachten, müssen diese in den entsprechenden Jahren sowohl zur jeweiligen Strukturstatistik als auch zur Erhebung zur Nutzung von IKT in Unternehmen befragt worden sein. Wie bereits geschildert, standen für eine langjährige Betrachtung wenige Datensätze zur Verfügung.

Für eine auf lediglich zwei aufeinanderfolgende Jahre gestützte Analyse verbreitert sich die Datenbasis deutlich; für die Jahre 2004 und 2005 standen beispielsweise Daten von 1 770 Unternehmen zur Verfügung. Aufgrund des Auswahlplans der Stichproben und deren Schichtung sind dies vor allem sehr große Unternehmen: Über 88% der Unternehmen mit verknüpften Einzeldaten aus den Jahren 2004 und 2005 hatten mehr als 250 Mitarbeiter.

Die im zeitlichen Bezug stehenden Daten ermöglichen unter anderem eine Analyse der Zusammenhänge zwischen dem erzielten Wirtschaftswachstum, gemessen an der Veränderung der Wirtschaftsleistung und der IKT-Nutzungsintensität, in diesem Beispiel ausgedrückt durch den Anteil der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit DSL-Nutzung.

Schaubild 10



2010 - 01 - 0826

Hierzu wurden die Unternehmen in sechs Wachstumskategorien eingeteilt:

- Kategorie – 3: Wachstum geringer als – 20 %
- Kategorie – 2: Wachstum zwischen – 20 % und – 10 %
- Kategorie – 1: Wachstum zwischen – 10 % und 0 %
- Kategorie 0: Wachstum zwischen 0 % und 10 %
- Kategorie 1: Wachstum zwischen 10 % und 20 %
- Kategorie 2: Wachstum über 20 %

Der beobachtete Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit DSL-Nutzung und dem erzielten Wachstum ist sowohl für den Jahresvergleich 2004 gegenüber 2003 als auch von 2005 gegenüber 2004 sehr ähnlich; damit wird der festgestellte Trend bestätigt.

Für beide Jahre steigt der durchschnittliche Anteil von breitbandnutzenden Beschäftigten mit dem erzielten Wachstum stark an. Schnell wachsende Unternehmen weisen demnach eine höhere IKT-Nutzungsintensität auf. Bemerkenswert ist allerdings der Ausschlag in der niedrigsten Kategorie: Unternehmen, die mehr als 20 % ihrer Wirtschaftsleistung einbüßten, haben ebenfalls eine erhöhte IKT-Nutzung. Eine denkbare Erklärung dieses Effektes ist die möglicherweise höhere Volatilität in Märkten mit hohem IKT-Anteil, was sowohl zu sehr starken wie auch sehr schwachen Wachstumszahlen für Unternehmen dieser Branchen führen könnte. Die Wirkungsrichtung dieses Effektes ist möglicherweise auch so, dass Unternehmen aufgrund ihres starken Wachstums vermehrt IKT einsetzen.

3.3 Multinationale Ergebnisse

Neben der Auswertung auf nationaler Ebene ergaben die länderübergreifenden Analysen ebenfalls viele wichtige und interessante Informationen, die an dieser Stelle auszugsweise vorgestellt werden sollen.

Die IKT-Kernindikatoren des Projekts (Computernutzung, E-Verkäufe, E-Beschaffung, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit Breitbandinternet) zeigen, wie bereits für Deutschland beschrieben, im Verarbeitenden Gewerbe über alle am Projekt beteiligten Länder hinweg einen signifikant positiven Zusammenhang mit der Arbeitsproduktivität. Dieser Zusammenhang kann daher international als empirisch belegt angesehen werden.

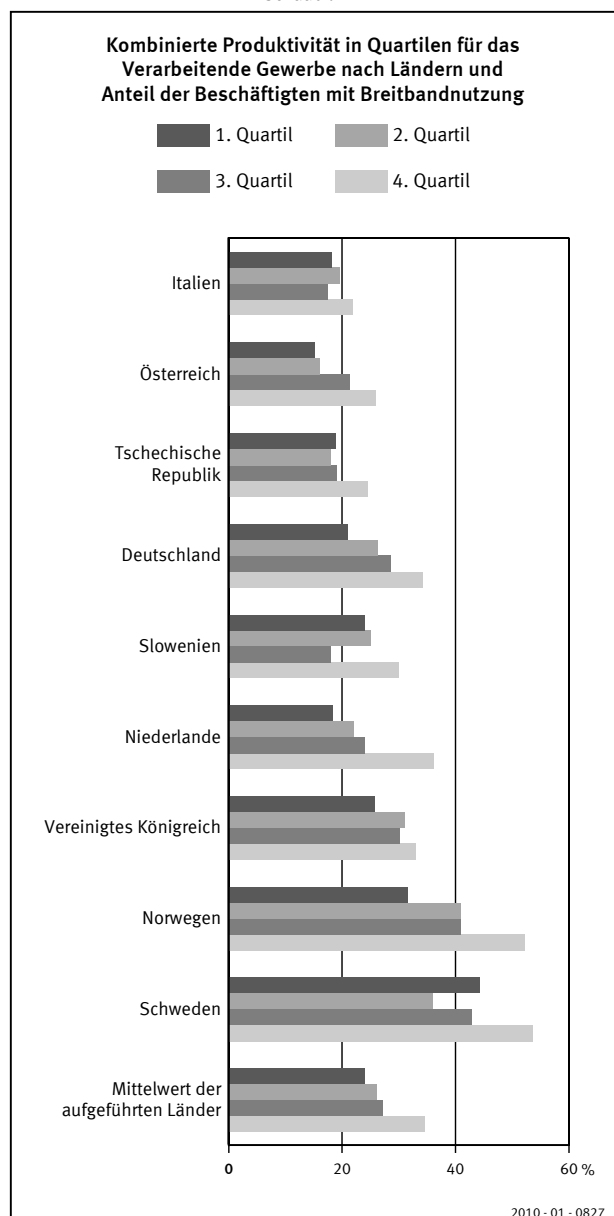
Für den Dienstleistungsbereich ergibt sich für die gleichen Kernindikatoren ein deutlich heterogeneres Bild. In den nordischen Ländern Schweden, Finnland und Norwegen, im Vereinigten Königreich, in Frankreich und den Niederlanden bestätigen sich die positiven Korrelationen aus den vorherigen Analysen. In den anderen Ländern (Dänemark, Deutschland, Italien, Österreich, Irland, der Tschechischen Republik und Slowenien) ist dieser Zusammenhang entweder nicht signifikant positiv oder teilweise sogar schwach negativ, allerdings ebenfalls nicht signifikant. Eine Aussage ist daher für diese Länder nicht möglich.

Die Länder mit klar positivem Zusammenhang im Bereich Dienstleistungen weisen einige Gemeinsamkeiten auf, die für die unterschiedlichen Ergebnisse im Vergleich zu den anderen Ländern verantwortlich sein könnten. Die Verbreitung von IKT-Nutzung in Unternehmen ist in den entsprechenden Ländern deutlich intensiver und die Kommunikationsinfrastruktur ebenfalls stärker als in den anderen Ländern ausgeprägt.

Ein klarer positiver Zusammenhang zeigt sich hingegen zwischen der Produktivität und den Gehaltsaufwendungen eines Unternehmens. Kein signifikantes Ergebnis ergibt sich hingegen für den Faktor des Unternehmensalters.

Schaubild 11 zeigt für die teilnehmenden Länder für das Verarbeitende Gewerbe die kombinierte Produktivität aufgeteilt in vier Quartile. Die unproduktivsten 25 % der Unter-

Schaubild 11



nehmen sind im ersten Quartil, die produktivsten im vierten Quartil zusammengefasst. Die Quartile sind entsprechend ihrem durchschnittlichen Anteil von Beschäftigten mit Breitbandanbindung dargestellt. Dies zeigt einen klar positiven Zusammenhang. Die produktiveren Quartile weisen einen höheren Grad an Breitbandintensität auf.

Einzelne Länderergebnisse

Zusätzlich zu den gemeinsamen Untersuchungen der teilnehmenden Länder gibt es einige Indikatoren, die nur in einem oder wenigen Ländern verfügbar sind und dort eine besondere Analyse ermöglichen. Diese, durch die jeweiligen nationalen statistischen Ämter durchgeführten Studien bieten einige interessante Erkenntnisse, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeiten und Grenzen, verschiedene Wirkungszusammenhänge zu beschreiben und zu messen. Sie bilden damit eine Grundlage für neue Untersuchungsfelder für künftige Analysen.

Anhand von Daten zu IKT-Investitionen, wie sie im Jahr 2010 erstmals auch in Deutschland erhoben wurden, konnten das Vereinigte Königreich und die Niederlande einen Zusammenhang zwischen Produktivität und Investitionen in IKT nachweisen.

In Frankreich konnte eine mehrjährige Studie nachweisen, dass Unternehmen mit hoher IKT-Nutzung eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, schnell und anhaltend zu wachsen.

Die nordischen Länder Schweden, Finnland und Norwegen untersuchten die Verbindung von IKT-Nutzung und Produktivität zu den IKT-Fähigkeiten und der Ausbildung der Beschäftigten. Während in den meisten Ländern das Gehalt als Ersatzvariable hierfür diente, konnten diese drei Länder zeigen, dass die IT-Kenntnisse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einen wesentlichen Einfluss auf die Produktivität haben.

Die Wirkung von IT-Offshoring, dem Auslagern der IT in andere Länder, untersuchten Frankreich, Italien und Schweden. Hier zeigte sich keine positive Wirkung auf die Produktivität. Ganz im Gegenteil hängt der Erfolg der Auslagerung von dem Land ab, in das ausgelagert wird. So scheint die Auslagerung in ein Land mit höheren Lohnkosten, aber besserem Qualifikationsniveau Erfolg versprechender zu sein, als eine Verlagerung in ein kostengünstiges Land mit weniger qualifizierten Arbeitskräften.

Die Zahl der Patente und die Fähigkeit, neue Entwicklungen schnell auf den Markt zu bringen, wurden als Indikatoren für Innovationskraft von Schweden, vom Vereinigten Königreich und von den Niederlanden untersucht. Die Ergebnisse zeigen eine wesentliche Verbesserung dieser Innovationskraft durch verstärkten Einsatz von IKT. Insbesondere die Fähigkeit, schnell neue Entwicklungen zu erkennen und diese in den Vertrieb zu bringen, verbessert sich durch moderneres Wissens- und Produktmanagement mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien.

4 Fazit und Ausblick

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Verknüpfung von Einzeldaten aus verschiedenen, bereits vorliegenden Erhebungen die Möglichkeit bietet, unterschiedliche Merkmale sinnvoll miteinander in Verbindung zu setzen und durch empirische Analysen auf ihre Wirkungszusammenhänge zu überprüfen. Die Erfahrungen aus dem beschriebenen Projekt haben gezeigt, dass durch die harmonisierte Vorgehensweise und Methode der verteilten Einzeldaten auch länderübergreifende Analysen möglich sind. Die gewonnenen Erkenntnisse über Wirkungszusammenhänge sind empirisch fundiert und vielversprechend für weitere Analysen. Sowohl auf europäischer Ebene als auch für Deutschland konnten die empirischen Analysen Hinweise auf positive Zusammenhänge der IKT-Nutzung auf die Produktivität von Unternehmen geben.

Ebenfalls war der Versuch erfolgreich, aus den vorhandenen Daten neue zusammengesetzte Indikatoren zu bilden. So erwies sich der aus der Breitbandverfügbarkeit und dem Anteil der Beschäftigten mit Internetanschluss erzeugte Indikator des Anteils der Beschäftigten mit Breitbandanschluss als sehr gutes Merkmal für die IKT-Aktivität eines Unternehmens.

Aussagen zu Wirkungszusammenhängen waren nur eingeschränkt über die vorgestellten multiplen Regressionsanalysen möglich. Um die Frage der Kausalität und der Quantität der Auswirkungen besser beantworten zu können, ist ein umfassenderes ökonometrisches Modell mit möglichst vielen potenziell erklärenden Merkmalen nötig. Hierauf wird beim nachfolgenden Projekt ein Schwerpunkt gesetzt. Aufbauend auf diesen ersten Erkenntnissen sollen in einem Nachfolgeprojekt von 2010 bis 2012 die Untersuchungen der Einflüsse weiterer Indikatoren auf die Produktivität ausgeweitet werden. Hier haben gerade die in den einzelnen Mitgliedstaaten zusätzlich durchgeführten Untersuchungen spannende Themenbereiche und damit potenzielle Einflussfaktoren aufgezeigt. Insbesondere die Investitionen in IKT, Innovationen, IT-Kenntnisse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Offshoring sind wichtige Themen, die in den Kernbereich der Analysen einbezogen werden sollten. Hierfür ist die Verfügbarkeit der Merkmale in entsprechenden Erhebungen in verwertbarer Qualität notwendig. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Menge der in allen Erhebungen vertretenen Unternehmen und damit die Verknüpfungsmöglichkeiten für eine fundierte Analyse zu gering sind, wenn die Anzahl der einzubeziehenden Merkmale beziehungsweise Erhebungen ausgeweitet wird. Eine zentrale Feststellung des Projektes ist es, dass Nutzungsintensitätsmerkmale und Daten zum IT-Investment sehr hilfreich sind und aussagekräftige Analysen zulassen. Der Schwerpunkt sollte daher von den Verfügbarkeitsindikatoren hin zur Messung der Nutzungsintensität verlagert werden. Wichtig wird daher für das nächste Projekt sein, nicht nur die vorhandenen Daten direkt miteinander zu vergleichen, sondern ziel- und sachorientiert neue Indikatoren als Funktion aus den vorhandenen Faktoren zu gestalten.

Eine weitere wichtige, aus dem Projekt resultierende Erkenntnis wird in diesem Jahr erstmals umgesetzt. Die für

Herbst 2010 vorgesehene IKT-Investitionserhebung⁸⁾ beruht auf wichtigen Erkenntnissen des ICT-Impact-Projektes und soll unter anderem die Möglichkeiten verbessern, den "Return of Investment" von IKT-Investitionen in Form von Produktivitätssteigerungen zu messen. Hier steht die Frage im Mittelpunkt, inwieweit sich Investitionen in neue Technologien durch Produktivitätszuwächse auszahlen und in welchen Bereichen diese am wirkungsvollsten sind. Länder, in denen diese Daten teilweise bereits zum ersten ICT-Impact-Projekt vorlagen, wie beispielsweise in den Niederlanden und im Vereinigten Königreich, zeigten sehr aufschlussreiche und interessante Erkenntnisse (siehe Abschnitt 3.3). Aufgrund der fehlenden Auskunftspflicht bei der Erhebung in Deutschland lassen die Erfahrungen der Pilotstudie aus dem Jahr 2006 jedoch keine ausreichende Datenqualität für eine Einbindung der Investitionsdaten in die Produktivitätsanalysen erwarten.

Das im Herbst 2010 gestartete ICT-Impact-Projekt wird auf den Methoden des ersten Projektes aufbauen und gewonnene Erfahrungen zur Vertiefung der Analyse nutzen. Im Rahmen der für Unternehmen verfügbaren Einzeldaten sollen Wirkungszusammenhänge möglichst detailliert und umfassend herausgearbeitet werden. Wichtige Eigenschaft des Projektes wird auch weiterhin sein, dass keine zusätzliche Belastung der Auskunft gebenden Unternehmen nötig ist und die Teilnahmebedingungen und der Aufwand für zusätzliche Länder gering gehalten werden sollen, um eine breite Analyse auf europäischer Ebene zu gewährleisten. [u](#)

8) Erhebung zu den „Ausgaben und Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) im Geschäftsjahr 2009“.

Auszug aus Wirtschaft und Statistik

© Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011

Vervielfältigung und Verbreitung, auch auszugsweise, mit Quellenangabe gestattet.

Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

Schriftleitung: Roderich Egeler
Präsident des Statistischen Bundesamtes
Verantwortlich für den Inhalt:
Brigitte Reimann,
65180 Wiesbaden
Telefon: +49 (0) 6 11/75 2086

Internet: www.destatis.de

Ihr Kontakt zu uns: www.destatis.de/kontakt

Statistischer Informationsservice

Telefon: +49 (0) 6 11/75 24 05

Telefax: +49 (0) 6 11/75 33 30

Vertriebspartner: HGV Hanseatische Gesellschaft für Verlagsservice mbH
Servicecenter Fachverlage
Postfach 11 64
D-72125 Kusterdingen
Telefon: +49 (0) 70 71/93 53 50
Telefax: +49 (0) 70 71/93 53 35
destatis@s-f-g.com
www.destatis.de/publikationen

Erscheinungsfolge: monatlich