

Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Martin Falk

Diffusion der Informations- und
Kommunikationstechnologien und die
Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte

Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien und die Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte

Martin Falk*

Diese Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen der Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien) und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten. Die Datenbasis stammt aus einer Befragung von 4150 deutschen Firmen im Jahr 2000. Die Diffusion der IuK-Technologien wird gemessen mit Hilfe: (i) des Anteils der Beschäftigten, die am Arbeitsplatz mindestens die Hälfte der Zeit einen Computer benutzen, (ii) der Anzahl der Computer pro Beschäftigte, (iii) des Anteils der Beschäftigten mit Internetzugang und (iv) des Einsatzes von Softwareanwendungen wie beispielsweise Enterprise Resource Planning (ERP), CAD/CAE und Datenmanagementsystemen. Empirische Ergebnisse auf Basis von Tobitmodellen zeigen, dass Firmen mit einer höheren Diffusion der IuK-Technologien sowohl einen höheren Anteil an Arbeitskräften mit einem Hochschulabschluss als auch einen höheren Anteil an Informationstechnologiespezialisten (IKT-Fachkräfte) beschäftigen. Im Gegensatz dazu ist eine höhere Diffusion der IuK-Technologien signifikant negativ korreliert mit dem Anteil an mittel- und niedrig-qualifizierten Arbeitskräften.

Gliederung

1 Einführung

2 Empirisches Modell und Hypothesen

2.1 Beschäftigungsanteilsgleichungen

2.2 Hypothesen

3 Datenbeschreibung

4 Empirische Ergebnisse

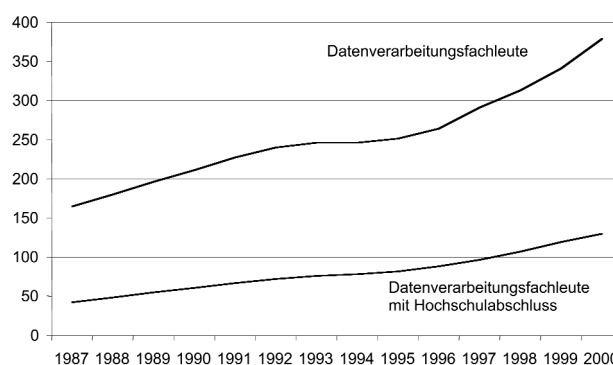
5 Zusammenfassung

Literatur

1 Einführung

Der technische Fortschritt im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien oder IKT) verläuft immer schneller. Dabei erweist sich die Kostensenkung bei Informations- und Kommunikationstechnologien als treibende Kraft des technischen Fortschritts. In den USA hat sich seit 1996 der Preisrückgang bei PCs, Software und Telekommunikation sogar noch beschleunigt und somit zu einer noch schnelleren Verbreitung von Software und Computern in den Unternehmen geführt (siehe Jorgenson/Stiroh 2001). Die rasanten Zunahme der Datenverarbeitungsfachleute verweist ebenfalls auf eine Beschleunigung der Diffusion der IuK-Technologien. Im früheren Bundesgebiet hat sich zwi-

Abbildung 1: Anzahl der Datenverarbeitungsfachleute in 1000, alte Bundesländer (BA-Definition)



Quelle: Beschäftigtenstatistik, Bundesanstalt für Arbeit.

schen 1995 und 2000 die Zunahme der sozialversicherungspflichtig beschäftigten Datenverarbeitungsfachleute – abgegrenzt nach der Definition der Bundesanstalt für Arbeit – auf durchschnittlich 9 Prozent pro Jahr beschleunigt (siehe Abbildung 1). Im Zeitraum 1980 bis 2000 betrug die entsprechende Veränderungsrate der Datenverarbeitungsfachleute dagegen 6,4 Prozent. Der Einsatz und die Nutzung von Computern am Arbeitsplatz ist heute fast selbstverständlich. Laut Dostal (2000) haben in den Jahren 1998/1999 62 Prozent der Beschäftigten in Deutschland zumindest gelegentlich einen Computer zu beruflichen Zwecken genutzt.

Mit der zunehmenden Diffusion der IuK-Technologien ist der Zusammenhang zwischen dem Einsatz dieser Technologien und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten ein immer wichtigeres Thema geworden.¹ Der Einsatz von IuK-Technologien erfordert neues Wissen und Fertigkeiten und führt damit zu einer höheren Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften („skill-biased technological change“). Ein stärkerer Einsatz von IuK-Technologien reduziert vor allem im Dienstleistungssektor

* Martin Falk ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Der Beitrag liegt in der alleinigen Verantwortung des Autors. Er wurde im April 2002 eingereicht und nach der Begutachtung im Oktober 2002 zur Veröffentlichung angenommen.

¹ Die Diskussion um den Zusammenhang zwischen neuen Technologien und der Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte läßt sich bis zum Beginn der industriellen Revolution verfolgen (Acemoglu 2002; Goldin/Katz 1998). Die Autoren belegen, dass seit Anfang des 20. Jahrhunderts qualifizierte Arbeitskräfte und neue Technologien in einem Komplementaritätsverhältnis zueinander stehen.

tor Arbeitsplätze mit einfachen Tätigkeiten und schafft im Gegenzug Arbeitsplätze mit anspruchsvollen Aufgaben (Bresnahan 1999). Auf der einen Seite resultiert der Rückgang der Nachfrage nach niedrig- und mittelqualifizierten Arbeitskräften direkt aus der Substitution von menschlicher Arbeitskraft durch IuK-Technologien. Beispiele hierfür sind Schreib- und Datenerfassungskräfte. Jedoch können niedrig- und mittelqualifizierte Aufgaben nur bis zu einem gewissen Umfang durch IuK-Technologien ersetzt werden. Bresnahan (1999) bezeichnet dies als „begrenzte Substituierbarkeit“. Auf der anderen Seite wird aufgrund der zunehmenden Computernutzung die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften, die neu eingeführte IuK-Technologien nutzen, ansteigen. Andererseits ist heutzutage jede einfache Bürotätigkeit mit einer Computernutzung – beispielsweise Email und Textverarbeitung – verbunden und daher ist die Computernutzung per se kein eindeutiges Indiz für einen höheren Beschäftigungsanteil von hochqualifizierten Arbeitskräften (Bresnahan 1999). Bedeutsamer sind vielmehr die indirekten Effekte der Computernutzung durch die Einführung organisatorischer Änderungen. Die Einführung neuer Technologien geht oft einher mit organisatorischen Änderungen. Diese führen zu einer steigenden Nachfrage nach qualifizierten Beschäftigten mit besonderen Fähigkeiten im Bereich von Management, Organisation und Kundenkontakt.

Der positive Zusammenhang zwischen der Verbreitung des Computers am Arbeitsplatz und der individuellen formalen Qualifikation der Beschäftigten wird von vielen Untersuchungen auf Basis von Arbeitnehmer- bzw. Personendaten bestätigt. Auf der Basis der BIBB/IAB Erhebung zeigt Dostal (2000), dass der Grad der Computernutzung bei Beschäftigten mit anspruchsvollen Tätigkeiten (wie z. B. Entwickeln und Forschen, Werben, Akquirieren, Organisieren und Planen) höher ist. Des weiteren bestätigt der Autor die Vermutung, dass die Anwender computergesteuerter Arbeitsmittel im Durchschnitt besser ausgebildet sind als Erwerbstätige, die diese Techniken nicht verwenden. Schmidt/Haisken-DeNew (2001) kommen mit Hilfe von Probit-Schätzungen auf Basis des GSOEP ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Neigung zur PC-Nutzung am Arbeitsplatz mit höherem Schulabschluss signifikant zunimmt. Ebenso zeigen Pischner/Wagner/Haisken-DeNew (2000), dass der Anteil der PC-Nutzer am Arbeitsplatz mit höherer erforderlicher Tätigkeitsanforderung steigt. Dabei sind Tätigkeiten, die einen Universitätsabschluss voraussetzen, zu 90 Prozent mit einer PC-Nutzung am Arbeitsplatz verbunden. Dagegen ist bei Beschäftigten ohne Berufsabschluss nur in knapp 28 Prozent der Fälle eine Computernutzung am Arbeitsplatz erforderlich (siehe Pischner/Wagner/Haisken-DeNew 2000).

² Angaben zur Altersstruktur der Arbeitskräfte stehen in dieser Studie nicht zur Verfügung.

³ Die zugrunde liegende abhängige Variable ist die erwartete Beschäftigungsentwicklung für unterschiedliche Qualifikationsgruppen (z. B. ob die Nachfrage steigt oder konstant bleibt).

Der Anteil der PC-Nutzer dürfte nicht nur von der Qualifikationsstruktur, sondern auch von der Alterstruktur der Arbeitskräfte abhängen. Ältere Mitarbeiter neigen eher dazu, an gewohnten Abläufen festzuhalten und sind weniger bereit, sich in neue IuK-Technologien einzuarbeiten. Für die USA zeigt Friedberg (2001) auf Basis des „Current population survey“, dass der Anteil der PC-Nutzer am Arbeitsplatz mit zunehmenden Alter ab ca. 50 Jahren signifikant abnimmt. Zudem gehen Computernutzer später in Rente als Nicht-Computernutzer.²

Auch auf Basis von Firmendaten liegen ebenfalls zahlreiche Untersuchungen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem Einsatz der IuK-Technologien und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten vor (für einen Literaturüberblick siehe Chennells/van Reenen, 1999). Auf Basis von 311 amerikanischen Firmen haben Bresnahan, Brynjolfsson und Hitt (2000) herausgefunden, dass das Anlagevermögen für Informations- und Kommunikationstechnologien positiv korreliert ist mit den Investitionen in Humankapital und dem Qualifikationsniveau der Beschäftigten. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die IuK-Technologien der wichtigste Faktor zur Erklärung der Nachfrage nach Beschäftigten mit College-Abschluss sind. Siegel (1998) hat auf Basis von amerikanischen Betriebsdaten gezeigt, dass Betriebe, die mehr Automatisierungstechnologien verwenden, mehr hochbezahlte Arbeitskräfte einstellen. Auch für Deutschland existiert bereits eine Vielzahl von Untersuchungen zu dem Einfluss von IuK-Technologien auf die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten oder auf die Beschäftigungserwartungen für verschiedene Qualifikationsgruppen (siehe Kaiser 2000, Kukuk 2000, Kölling 2001). Für unternehmensbezogene Dienstleistungen auf Basis des Mannheimer Innovationspanels für Dienstleistungsunternehmen (MIP-DIL) kommt Kaiser (2000) mit Hilfe eines geordneten Probitmodells zu dem Ergebnis, dass der Anteil der IKT-Investitionen an den gesamten Investitionen einen signifikant positiven Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit der Beschäftigungserwartungen für Akademiker und für Beschäftigte mit Fachschul- bzw. Lehrberufsabschluss haben. Dagegen ergibt sich ein signifikant negativer Einfluss für geringqualifizierte Beschäftigte.³ Auf Basis mehrerer Wellen des MIP-DL hat Kukuk (2000) ebenfalls herausgefunden, dass der Anteil der IKT-Investitionen an den Investitionen insgesamt positiv korreliert ist mit den Beschäftigungserwartungen für hochqualifizierte Arbeitskräfte und negativ korreliert mit denen für niedrigqualifizierte Beschäftigte. Ebenfalls auf Basis des MIP-DL haben Falk/Seim (2001a) den Zusammenhang zwischen den Beschäftigungsanteilen der verschiedenen Qualifikationsgruppen und dem Verhältnis der IKT-Investitionen zum Umsatz untersucht. Mit Hilfe von parametrischen und semiparametrischen Tobitmodellen haben die Autoren herausgefunden, dass Firmen, die mehr in IuK-Technologien (bezogen auf den Umsatz) investieren, einen höheren Anteil von Akademikern beschäftigen. In einem geringeren Maße gibt es auch einen positiven IKT-Effekt für Arbeitskräfte mit einer betrieblichen Ausbildung einschließlich Meister und Techniker. Für niedrigqualifizierte Arbeitskräfte ist der IKT-Effekt signifikant negativ. Auf Basis von 900 Dienstleistungsfirmen für den

Zeitraum 1994 bis 1996 haben Falk/Seim (2001b) gezeigt, dass der signifikant positive Zusammenhang zwischen dem Beschäftigungsanteil der Akademiker und dem Verhältnis der IKT-Investitionen am Umsatz bestehen bleibt, wenn mit Hilfe von Paneldaten für Firmeneffekte kontrolliert wird. Jedoch ist auf Basis des Panel-Tobitmodells mit fixen Effekten die Elastizität des Anteils der hochqualifizierten Beschäftigten bezüglich der IKT-Investitionen in Relation zum Umsatz relativ gering. Auf Basis der ersten Wellen des MIP-DL haben Zwick (2001) und Jacobebbinghaus/Zwick (2002) herausgefunden, dass höhere Ausgaben für Innovationen sowie Investitionen in IuK-Technologien zu einem niedrigeren Beschäftigungsanteil der Beschäftigten mit betrieblicher Ausbildung führen.

Eine Schwäche bisheriger Analysen auf Basis von Firmendaten ist, dass in den meisten Datensätzen Löhne für verschiedene Qualifikationsgruppen nicht vorhanden sind. Dies betrifft auch diese Studie. Eine bemerkenswerte Ausnahme stellt die Studie von Kölling (2001) auf Basis des LIAB dar. Dieser Datensatz beruht auf einer Verknüpfung des IAB-Betriebspanels und der Beschäftigtenstatistik (dem sogenannten LIAB). Kölling (2001) untersucht auf der Basis des LIAB den Zusammenhang zwischen den Investitionen in IuK-Technologien und der Nachfrage nach verschiedenen Qualifikationsgruppen anhand von 2200 Betrieben im Zeitraum 1993-1998. Die Ergebnisse zeigen einen relativ schwachen Einfluss der IuK-Technologien auf die einzelnen Qualifikationsgruppen, wenn unbeobachtbare Heterogenität in Form von Firmeneffekten berücksichtigt wird.

Diese Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen der Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten. Dabei wird zwischen fünf verschiedenen Qualifikationsgruppen unterschieden, nämlich Beschäftigte mit einem Hochschulabschluss (zwei Typen: Beschäftigte mit einem Universitätsabschluss und Beschäftigte mit einem Fachhochschulabschluss), Beschäftigte mit Fachschulabschluss einschließlich Meister und Techniker, Beschäftigte mit einer betrieblichen Ausbildung sowie niedrigqualifizierte Arbeitskräfte. Auszubildenden werden nicht zu den niedrigqualifizierten Beschäftigten gerechnet, sondern als gesonderte Kategorie behandelt. Zudem werden die Determinanten des Beschäftigungsanteils für Fachkräfte der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT-Fachkräfte) untersucht. Es ist zu vermuten, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Durchdringung der IuK-Technologien und dem Anteil der IKT-Fachkräfte besteht. Mit Hilfe von Tobitmodellen wird der Tatsache Rechnung getragen, dass manche Firmen überhaupt keine geringqualifizierten Arbeitskräfte (oder hochqualifizierte Arbeitskräfte) beschäftigen.

Im Unterschied zu früheren Arbeiten wird in dieser Studie erstmals ein in dieser Form neuer Datensatz verwendet, der eine Vielzahl von Informationen über den Grad

der Diffusion der IuK-Technologien enthält. Eine weitere Neuerung dieser Arbeit ist, dass zwischen dem Dienstleistungssektor, dem Verarbeitenden Gewerbe und dem IKT-Sektor unterschieden wird.⁴ Mit Ausnahme von Kölling (2001) werden in den meisten bisherigen Studien Firmendaten verwendet, die sich entweder auf den Dienstleistungssektor insgesamt oder auf unternehmensbezogene Dienstleistungen beziehen. Kaiser (2000), Kukuk (2000) sowie Falk/Seim (2001a, 2000b) beispielsweise untersuchen den Einfluss von IKT-Investitionen auf drei oder vier Qualifikationsgruppen nur für den Dienstleistungssektor. Die Diffusion der IuK-Technologien wird gemessen als Anteil der Beschäftigten, die überwiegend mit dem PC arbeiten, dem Anteil der Beschäftigten mit Internetanschluss sowie der Anzahl der Computer pro Beschäftigte. Anhand der Daten können wir auch zwischen dem Einsatz verschiedener Softwareanwendungen, wie beispielsweise ERP-Systemen, Datenbankmanagementsystemen und CAD/CAE (gemessen auf einer dreistufigen Skala von „kein Einsatz“ bis zu „starkem Einsatz“) unterscheiden. Eine weitere Determinante für die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten stellt die Anzahl der vernetzten Computer dar. Vernetzte Computer sind heute aus den meisten Unternehmen und Organisationen nicht mehr wegzudenken. Eine weitere Neuerung dieser Studie ist, dass auch der Zusammenhang zwischen der IuK-Diffusion und dem Beschäftigungsanteil der IKT-Fachkräfte untersucht wird. Schließlich wird in den meisten bisherigen Studien der IKT-Kapitalstock oder die IKT-Investitionen in Bezug auf die gesamten Investitionen als Maßstab für die Diffusion der IuK-Technologien verwendet. IKT-Investitionen enthalten jedoch nicht die geliehenen IuK-Technologien. Gegen die Verwendung der IKT-Investitionen bezogen auf Investitionen insgesamt als Maß für den Einsatz der IuK-Technologien sprechen auch die hohen Antwortausfälle in dieser Befragung.

Diese Arbeit ist folgendermaßen gegliedert. Abschnitt 2 stellt das empirische Modell vor, Abschnitt 3 beschreibt die Daten und fasst sie zusammen. In Abschnitt 4 werden die Ergebnisse für die Beschäftigungsanteilsgleichungen vorgestellt. In Abschnitt 5 werden die Schlussfolgerungen vorgestellt.

2 Empirisches Modell und Hypothesen

2.1 Beschäftigungsanteilsgleichungen

Um den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Informationstechnologien und der Qualifikationsstruktur zu untersuchen, werden die Beschäftigungsanteile der verschiedenen Qualifikationsgruppen zu den verschiedenen Indikatoren der IuK-Diffusion in Beziehung gesetzt (siehe Doms/Dunne/Troske 1997):

$$E_k = \alpha_k + \beta_{1k}COMP/E + \beta_{2k}E^{COMP} + \beta_{3k}E^{WEB} + \beta_{4k}SW^f + \beta_{5k}COMP^{net} / COMP + \gamma_k z_k + u_k \quad (2.1)$$

wobei $k = 1, 2, 3, 4, 5$ und 6 sich auf die verschiedenen Qualifikationsgruppen bzw. auf die IKT-Fachkräfte bezieht.

⁴ Wir verwenden die OECD Definition der IKT-Branche.

Die Variablen sind folgendermaßen definiert:

E_1 : Anteil der Beschäftigten mit einem Universitätsabschluss, in Prozent

E_2 : Anteil der Beschäftigten mit einem Fachhochschulabschluss, in Prozent

E_3 : Anteil der Meister und Techniker, in Prozent

E_4 : Anteil der Beschäftigten mit einer betrieblichen Ausbildung, in Prozent

E_5 : Anteil der niedrigqualifizierten Beschäftigten (ohne Auszubildende), in Prozent

E_6 : Anteil der IKT-Fachkräfte in Prozent

Comp / E: Anzahl der Computer pro Beschäftigte

E^{COMP} : Anteil der Beschäftigten, die überwiegend mit einem Computer arbeiten

E^{WEB} : Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang

SW^f : $f = 1, \dots, 5$ verschiedene Softwareanwendungen, Einsatz von Datenmanagement-, ERP- Software, CAD, Email, Elektronischer Datenaustausch (drei Punkte-Skala von keinem bis zu starkem Einsatz), eingeteilt in drei Gruppen, Referenz „kein Einsatz“

$COMP^{net} / COMP$: Anteil der vernetzten Computer (gliedert in 1, ..., 4 Klassen)

z : 1, ..., 6 Firmengrößenklassen

1, ..., 8 Branchendummies

Der Vektor der Kontrollvariablen, z , enthält Dummyvariablen für Branche und Firmengröße. Die Parameter β_{1k} , β_{2k} , β_{3k} , β_{4k} und β_{5k} messen die Effekte der IuK-Diffusion auf die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten. Ein positiver Koeffizient in der Gleichung des Beschäftigungsanteils für Universitätsabsolventen bedeutet, dass der Grad der Internetnutzung, E^{WEB}/E , mit einem höheren Anteil der Beschäftigten mit einem Universitätsabschluss einhergeht. In dem empirischen Abschnitt der Studie be-

rechnen wir die Elastizitäten der Beschäftigungsanteile in Bezug auf die verschiedenen Indikatoren der IKT-Diffusion:

$$\epsilon_{E_k, ICT_l} = \frac{\partial E_k}{\partial ICT_l} \frac{ICT_l}{E_k}, k = 1, \dots, 6 \text{ und } l = 1, 2, 3.$$

Es ist zu erwarten, dass die Elastizitäten zwischen den Indikatoren zur IKT-Diffusion und den verschiedenen Qualifikationsgruppen mit dem Qualifikationsniveau ansteigen.

Da einige Firmen keine Beschäftigten einer bestimmten Qualifikationsgruppe einsetzen, sind auch die entsprechenden Beschäftigungsanteile Null. Dies muss im statistischen Modell berücksichtigt werden. Eine Zensierung im oberen Bereich der Verteilung der jeweiligen Beschäftigungsanteile kann jedoch nur bei wenigen Unternehmen festgestellt werden. Der Anteil der links-zensierten Beschäftigungsanteile (Beschäftigungsanteil mit einem Schwellenwert von eins) tritt je nach Beschäftigungsanteil bei weniger als 1 Prozent aller Beobachtungen auf (siehe Tabelle 3, Spalte 7). Somit kann die Zensierung mit einem Schwellenwert bei eins im Folgenden vernachlässigt werden. Zur Berücksichtigung der Zensierung der abhängigen Variablen bei einem Wert von Null kann das Standard-Tobitmodell verwendet werden:⁵

$$y^* = x'\beta + \epsilon \quad \epsilon \sim N(0, \sigma^2) \quad (2.2)$$

wobei y^* die latente Variable und x ein Vektor der unabhängigen Variablen beschreibt. ϵ stellt den Störterm und β den Koeffizientenvektor dar. Der beobachtete Wert der abhängigen Variablen, y , ist gegeben durch:

$$y = \begin{cases} 0 & \text{sonst} \\ y^* = x'\beta + \epsilon & \text{falls } y^* > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Alternativ können die Gleichungen der Beschäftigungsanteile mit Hilfe des sogenannten Schätzers der kleinsten absoluten Abweichung für zensierte Variablen (Censored Least Absolute Deviations, oder abgekürzt CLAD) geschätzt werden (siehe Powell 1984). Dieser Schätzer ist unter gewissen Bedingungen aufgrund seiner Robustheit gegenüber Heteroskedastizität und gegenüber asymmetrisch verteilten Störtermen dem Standard-Tobitmodell vorzuziehen (siehe Anhang).⁶ Gemäß einem Vorschlag von Melenberg/Van Soest (1996) verwenden wir den Simplex Nelder-Mead Algorithmus, um die Schätzfunktion zu minimieren. Als Startwerte werden die Koeffizienten des Standard-Tobitmodells verwendet. Auf Basis des CLAD-Schätzers ist es schwierig korrekte Standardfehler zu schätzen. Wie bei Powell (1984) erläutert erfordert diese eine Schätzung der Dichtefunktion des Störterms. Deswegen wird zur Schätzung der Standardfehler das Bootstrap-Verfahren mit ungefähr 500 Ziehungen verwendet.⁷

Ein Schwachpunkt des empirischen Modells ist, dass firmenspezifische Löhne für verschiedene Qualifikationsgruppen nicht als erklärende Variable in der Regressionsgleichung enthalten sind. Damit werden komplementäre oder substitutive Beziehungen zwischen Qualifikationsgruppen außer Acht gelassen. Eine Untersuchung auf Ba-

⁵ Für alternative Schätzverfahren der Anteilsgleichungen siehe Ronning (1992).

⁶ Ausgehend von Gleichung 2.2 und 2.3 lässt sich das Modell auch schreiben als: $y = \max(x'\beta + \epsilon, 0)$. Der CLAD-Schätzer von β minimiert die Summe der absoluten Abweichungen, $|\epsilon|$, unter Berücksichtigung des unteren Schwellenwerts bei null. Die Minimierungsfunktion lautet daher wir folgt:
$$\beta = \arg \min_{\beta} \left\{ \sum_{i=1}^n |y_i - \max\{0, x_i'\beta\}| \right\}.$$

Für eine ausführliche Beschreibung des Schätzverfahrens siehe Jacobebbinghaus/Zwick (2002).

⁷ Eine Schwäche des CLAD-Schätzers liegt in der Inkonsistenz des Schätzers bei einer hohen Anzahl von Nullen (z. B. bei mehr als 40 oder 50 Prozent) (siehe McDonald/Xu 1996). In unserer Stichprobe liegt jedoch der Anteil der Firmen mit einem Schwellenwert von Null bei 7 Prozent für Beschäftigte mit einer betrieblichen Ausbildung und bis zu 34 Prozent für niedrigqualifizierte Beschäftigte (siehe Tabelle 4). Ungefähr 31 Prozent der Firmen beschäftigten keine IKT-Fachkräfte. Paarsch (1984) weist auf eine weitere Schwäche des CLAD-Schätzers hin, nämlich eine potenzielle Verzerrung in kleinen Stichproben mit weniger als 100 Beobachtungen. Bei kleinen Stichproben erzielt das Standard-Tobitmodell bessere Ergebnisse mit kleineren Standardfehlern als bei Verwendung des CLAD-Schätzers. Daher verwenden wir den CLAD-Schätzer nur bei einer größeren Fallzahl.

sis des Linked Employer-Employee Datensatz von Kölling / Schank (2002) zeigt jedoch, dass die Lohnstruktur ein wichtiger Bestimmungsfaktor für die Zusammensetzung der Beschäftigten auf der Betriebsebene ist. Untersuchungen auf Basis von aggregierten Daten finden ebenfalls bedeutsame Substitutionsbeziehungen zwischen verschiedenen Qualifikationsgruppen (siehe Koebel u. a. 2002). Es ist daher zu erwarten, dass die Schätzung aufgrund der fehlenden Lohnvariablen verzerrt ist („omitted variable bias“). Prinzipiell stehen Löhne bzw. Gehälter für verschiedene Qualifikationsgruppen auf der Branchenebene für einige Branchengruppen zur Verfügung, welche den Firmendaten zugepielt werden können. Ausgehend von der Translog-Kostenfunktionen könnten dann Anteilsgleichungen für die Lohnsumme einer Qualifikationsgruppe an den Löhnen insgesamt geschätzt werden. Eine andere Möglichkeit zur Modellierung von Substitutionsbeziehungen zwischen verschiedenen Qualifikationsgruppen ist die Hereinnahme der Beschäftigtenanteile der jeweiligen anderen Qualifikationsgruppen. Zur Abschätzung der potenziellen Verzerrung aufgrund der Fehlspezifikation wurden Tobit-Schätzungen der Anteilsgleichungen mit den Beschäftigtenanteile der jeweiligen anderen Qualifikationsgruppe bzw. der Relativlöhne auf Branchenebene durchgeführt. Für das Verarbeitenden Gewerbe bleiben die Resultate für die IuK-Indikatoren bestehen, wenn für Branchenlöhne oder für Beschäftigtenanteile der jeweiligen anderen Gruppe kontrolliert wird.⁸ Aufgrund der schlechten Datenlage wird im Folgenden auf die Modellierung der Lohn- und Substitutionseffekte verzichtet.

2.2 Hypothesen

Bresnahan (1999) stellt eine theoretische Analyse des Einflusses der Verbreitung der IuK-Technologien auf die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten in Dienstleistungen vor, wobei er die Effekte der IuK-Technologien in zwei unterschiedliche Effekte einteilt. Auf der einen Seite resultiert der Rückgang der Nachfrage nach mittel- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften direkt aus der systematischen Substitution der Arbeitskraft durch IuK-Technologien. Trotzdem kann nur eine gewisser Umfang der Tätigkeiten der mittel- und niedrigqualifizierten Beschäftigten durch die IuK-Technologien übernommen werden und daher findet nur eine „begrenzte Substitution“ statt. Tätigkeiten, die nicht durch die IuK-Technologien ersetzt werden können, sind beispielsweise alle Tätigkeiten, die mit einem Kundenkontakt zu tun haben. Auf der anderen Seite kann durch eine steigende Diffusion der IuK-Technologien die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften, die neu eingeführte Strukturen der IKT effizient nutzen können, steigen. Die Größe der Umstrukturierung aufgrund der Computerisierung variiert je nach Organisationstyp. Bresnahan zeigt, dass der Einfluss neuer IKT-Innovationen in Unternehmen, die stark von der persönlichen Kommunikation abhängig sind, nur sehr begrenzt

sein kann. Im Gegensatz dazu kann bei einer Produktion, die hauptsächlich auf Software basiert, die gleiche Innovation sehr leicht an alle Kunden und Zulieferer weitergegeben werden, und so zu einem steigenden Grenzprodukt der Entwickler der neuen Ideen führen. Diese Überlegungen führen dazu, dass der Einsatz der IuK-Technologien einen negativen Einfluss auf die Nachfrage nach mittel- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften hat. Diese Effekte sollten jedoch relativ gering sein. Letztendlich kann nur die höchste Qualifikationsgruppe, insbesondere Manager und Fachkräfte, einen Nutzen von der zunehmenden Diffusion der IuK-Technologien erwarten. Ähnlich dazu haben Bartel/Lichtenberg (1987) gezeigt, dass Firmen nach der Einführung neuer Technologien mehr hochqualifizierte Arbeitskräfte einstellen. Dieses Ergebnis kann dadurch erklärt werden, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte in Bezug auf die Implementierung neuer Techniken aufgrund ihrer Fähigkeiten, Probleme zu lösen und ihrer höheren Anpassungsfähigkeit gegenüber mittel- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften einen komparativen Vorteil haben.

Im Folgenden werden fünf Hypothesen bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte und dem Einsatz der IuK-Technologien vorgestellt, welche wir in dem folgenden empirischen Abschnitt dieser Studie dann belegen wollen:

Hypothese 1: Komplementarität zwischen qualifizierten Arbeitskräften und IuK-Technologien: Hochqualifizierte Arbeitskräfte und IuK-Technologien sind keine Substitute, sondern sie sind Komplemente, d. h. sie sind aufeinander angewiesen. Im Gegensatz dazu wird erwartet, dass IuK-Technologien und mittel- bzw. niedrigqualifizierte Arbeitskräfte in einem substitutiven Verhältnis zueinander stehen.

Hypothese 2: Die Hypothese einer „begrenzten Substituierbarkeit“ von niedrigqualifizierter Arbeit besagt, dass der Einfluss der IuK-Technologien auf mittlere und niedrigste Qualifikationsgruppe kleiner ist als der Einfluss der IuK-Technologien auf die höchste Qualifikationsebene.

Hypothese 3: Es ist zu erwarten, dass der Anteil der IKT-Fachkräfte stark positiv mit der Diffusion der IuK-Technologien korreliert ist. Dies ist nicht weiter erstaunlich, da diese Berufe in direktem Zusammenhang mit dem Einsatz der IuK-Technologien stehen. Beispielsweise verlangen viele IuK-Technologien wie ERP-Software oder Datenmanagement-Software/Systeme das ständige Vorhandensein von IKT-Fachkräften mit dem entsprechenden Know-how.

Hypothese 4: Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Beschäftigtenanteilen und den IuK-Technologien ist in den Branchen am stärksten, die relativ viel IuK-Technologien einsetzen, wie beispielsweise im Dienstleistungssektor sowie in der IKT-Branche. Gemäß den Überlegungen von Bresnahan (1999) sollte der negative Einfluss der IuK-Technologien auf mittel- bzw. niedrigqualifizierte Beschäftigte im Dienstleistungsbereich größer sein als im Verarbeitenden Gewerbe. Dies kann dadurch erklärt werden, dass der Einsatz von IuK-Technologien viele einfache routinemäßigen und sich wieder-

⁸ Schätzergebnisse werden auf Anfrage zur Verfügung gestellt. Für Dienstleistungen stehen keine Branchenlöhne zur Verfügung.

Tabelle 1: Deskriptive Statistiken zu den Indikatoren der IuK-Diffusion (in Prozent)

	Mittelwert	Median	Standardabw.	Minimum	Maximum	Nullbeobachtungen	Wert=1
Gesamte Stichprobe (gewichtet) ^a (Anzahl der Beobachtungen: 4149)							
Anzahl der Computer pro 100 Beschäftigten	51,3	-	61,4	0	800	0,7	5,8
Anteil der Beschäftigten, die mit PC arbeiten	43,2	-	34,6	0	100	1,8	13,1
Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang	27,8	-	31,4	0	100	6,1	15,6
Anteil der IKT-Fachkräfte	4,7	-	15,2	0	100	34,5	1,3
verwendete Stichprobe (ungewichtet) (Anzahl der Beobachtungen: 2947)							
Anzahl der Computer pro Beschäftigte	60,0	44,1	53,4	0	800	0,8	5,4
Anteil der Beschäftigten, die mit PC arbeiten	46,9	40,0	32,2	0	100	0,9	12,4
Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang	33,6	20,0	35,1	0	100	4,8	15,2
Anteil der IKT-Fachkräfte	8,8	1,3	20,2	0	100	31,2	1,0

Quelle: ZEW/infas IKT-Umfrage 2000.

holenden Bürotätigkeiten überflüssig macht (siehe Autor/Katz/Krueger 1998, Bresnahan 1999).

Hypothese 5: Die Effekte der Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Qualifikationsstruktur hängen auch von den verschiedenen Typen der IuK-Technologien ab. Doms/Dunne/Troske (1997) haben beispielsweise herausgefunden, dass die Effekte der IuK-Technologien auf die Qualifikationsstruktur vom Typ der eingeführten Technologien abhängen. Eine stärkere Nutzung des Internets und ein hoher Anteil der Beschäftigten, die überwiegend am Computer arbeiten, können unterschiedliche Aspekte der Diffusion der IuK-Technologien signalisieren. Außerdem können der Einsatz komplexer Software-Anwendungen (wie beispielsweise Enterprise Resource Planning (ERP) oder Datenmanagement-Software) unterschiedliche Effekte auf die Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte ausüben.

3 Datenbeschreibung

Unsere empirische Analyse basiert auf einem neuen Datensatz, der Informationen über die Diffusion der IuK-

Technologien, den Mangel an IKT-Fachkräften, den Qualifikationsbedarf und die Qualifikationsstruktur enthält. Die Umfrage ist repräsentativ und geschichtet nach Branche, Größe und Region. Firmen, die der IKT-Branche zugehören, sind überrepräsentiert. Um dem Schichtungsplan wenigstens teilweise Rechnung zu tragen, werden getrennte Regressionen für die IKT-Branche und die Nicht-IKT-Branchen vorgestellt. Die Umfrage wurde zwischen August und Oktober 2000 durchgeführt und beinhaltet Informationen für die Jahre 1999 und 2000. Die Umfrage umfasst das Verarbeitende Gewerbe, den Einzel- und Großhandel, Transport, Banken und Versicherungen, Unternehmen sowie die IKT-Branche und repräsentiert somit eine Grundgesamtheit von ungefähr 19 Millionen Arbeitskräften. Die Definition der IKT-Branche erfolgt gemäß der OECD Definition.⁹ Ungefähr 4400 Firmen haben an dieser Erhebung teilgenommen. Der Fragebogen enthält eine Reihe von Fragen zur Diffusion der IuK-Technologien (Anzahl der Computer pro Beschäftigte, der Anteil der Beschäftigten, die überwiegend mit einem Computer arbeiten sowie der Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang) sowie zu Indikatoren der Verbreitung von Software-Anwendungen (der Einsatz von Datenmanagementsystemen, ERP-Software, CAD, der Einsatz von Email und elektronischem Datenaustausch).¹⁰ Außerdem gibt es Fragen zur Anzahl der IKT-Fachkräfte in den Jahren 1999 und 2000 (ohne Auszubildende für IKT-Berufe) und Anzahl der Arbeitskräfte in den fünf unterschiedlichen Qualifikationsebenen im Jahr 1999 (Beschäftigte mit einem Universitätsabschluss, Beschäftigte mit einem Fachhochschulabschluss, Beschäftigte mit Fachschulabschluss (Meister und Techniker), Beschäftigte mit betrieblicher Ausbildung, Beschäftigte ohne Berufsabschluss inklusive un- und angelernte Beschäftigte und Auszubildende). Die Definition der IKT-

⁹ Die OECD-Definition umfasst: Herstellung von DV-Geräten und Einrichtungen (3000-3001), Herstellung von isolierten Elektrokabeln (3130), Herstellung von elektronischen Bauelementen (3210), Herstellung von Nachrichtentechnischen Bauelementen (3220), Herstellung von Rundfunk- und Fernsehgeräten sowie phono- und videotecnischen Geräten (3230), Herstellung von Mess-, Kontroll- und Navigationseinrichtungen (3320), Herstellung von industriellen Prozesssteuerungsanlagen (3330), Großhandel mit Büromaschinen und -einrichtungen (51641), Großhandel mit Rundfunk-, Fernseh- und phonotechnischen Geräten und Zubehör (51433), Fernmeldedienste (6420), Vermietung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen (7133), Datenverarbeitung und Datenbanken (7200).

¹⁰ Der Fragebogen ist Anhang der Studie „IKT-Fachkräftemangel und Qualifikationsbedarf“ dokumentiert (siehe Licht u. a. 2002).

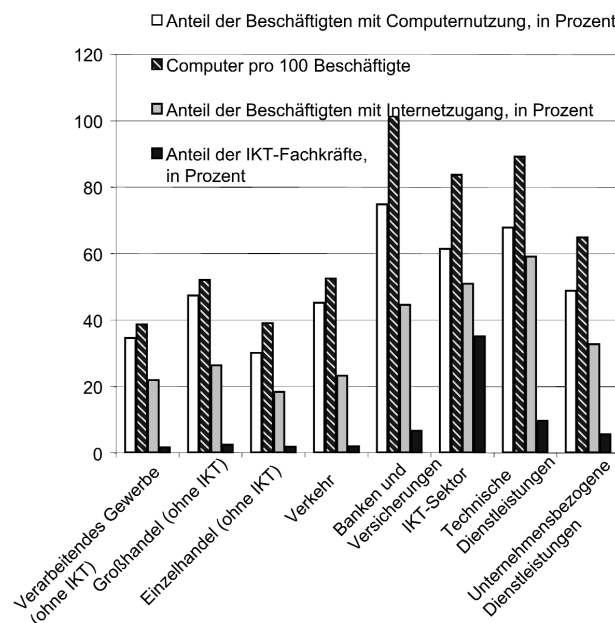
Fachkräfte ist ziemlich breit und umfasst folgende Berufe: Programmierer, Softwareingenieure, Systemanalytiker, Netzwerkadministratoren, IKT-Supportspezialisten, Telekommunikationsingenieure, Telekommunikationstechniker, Hardwareingenieure, Informatiklehrer und Schulungsspezialisten, Datenbankverwalter und Datenbankmanager. Für IKT-Fachkräfte ist die Anzahl der Antwortausfälle sehr niedrig. Nur ungefähr ein Prozent der Firmen hat die Anzahl ihrer IKT-Fachkräfte nicht angegeben. Die Qualifikationsstruktur wird anhand des höchsten Berufsabschlusses der Beschäftigten gemessen. Dabei wird zwischen den fünf Qualifikationsgruppen unterschieden. Der Ausschluss von Firmen mit weniger als 5 Beschäftigten führt zu einer Verkleinerung der Stichprobe auf 4149 Firmen. Unvollständige Informationen über die Qualifikationsstruktur reduzieren die Stichprobe um ca. 700 Firmen. Aufgrund der hohen Antwortausfälle besteht die Gefahr einer Selektionsverzerrung. Eine Probitregression zu den Determinanten der Antwortausfälle bei der Qualifikationsstruktur gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass die Antwortausfälle von Unternehmenscharakteristika oder von dem Grad der IKT-Diffusion abhängen.

Die Tabellen 1-3 enthalten deskriptive Informationen zu der Stichprobe insgesamt (hochgerechnete Werte) und der für die Schätzung verwendeten Stichprobe (nicht hochgerechnet).¹¹ In Tabelle 1 findet man Informationen zu den drei wichtigsten Indikatoren der Diffusion der IuK-Technologien.

Auf 100 Beschäftigte kommen durchschnittlich 51,3 Computer (gewichtet mit Beschäftigungsgewichten). Durchschnittlich 43 Prozent der Beschäftigten arbeiten mindestens die Hälfte ihrer Arbeitszeit an einem PC oder am Terminal im Jahr 2000. Auf Basis des Mikrozensus im Jahr 2000 arbeiten 54 Prozent der Beschäftigten an einem PC (siehe Statistisches Bundesamt 2001). Die Differenz zwischen den beiden Datenquellen könnte darauf zurückzuführen sein, dass der Staatssektor, das Gesundheitswesen und das Baugewerbe nicht in unserer Umfrage berücksichtigt worden sind.

Differenziert nach Branchen zeigen sich beträchtliche Unterschiede der Verbreitung der IKT-Technologien (siehe Abbildung 2). Generell werden Computer in der IKT-Branche und in den humankapitalintensiven Dienstleistungsbranchen (wie z. B. unternehmensbezogene Dienstleistungen) stärker eingesetzt als im Verarbeitenden Gewerbe oder im Bereich Handel und Verkehr. Innerhalb des Dienstleistungssektors ist der Anteil der Beschäftigten mit Computernutzung erwartungsgemäß bei Banken und Versicherungen mit einem durchschnittlichen Anteil von 75 Prozent am höchsten. Bei technischen und unternehmensbezogenen Dienstleistungen liegt der entsprechende Anteil bei 68 bzw. 49 Prozent. In der IKT-Branche beträgt der entsprechende Anteil 62 Prozent. Außerdem hat fast ein Drittel aller Beschäftigten in der Stichprobe Internetzugang. Der durchschnittliche Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang reicht von 19

Abbildung 2: Diffusion der IuK-Technologien nach Branchen



Quelle: ZEW-infas IKT-Umfrage 2000.

Prozent im Einzelhandel bis zu 59 Prozent bei den technischen Dienstleistungen. In der IKT-Branche beträgt der entsprechende Anteil 51 Prozent. Tabelle 1 enthält auch Informationen zu dem Anteil der IKT-Fachkräfte an den Beschäftigten. Der durchschnittliche Anteil der IKT-Fachkräfte beträgt 4,7 Prozent (gewichtet mit Beschäftigungsgewichtungsfaktoren) (siehe Tabelle 1). Dabei rangiert der Anteil der IKT-Fachkräfte zwischen 1,8 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe (ohne typische IKT-Industrien wie z.B. DV-Einrichtungen und DV-Geräte, elektronische Bauelemente) und 35,3 Prozent in der IKT-Branche. Die Umfrage enthält auch Informationen zur Verbreitung von vernetzten PCs, Workstations und Terminals. Diese Variable ist in vier Gruppen unterteilt, von keinem Einsatz bis zu 49 Prozent, zwischen 50 und 74 Prozent, zwischen 75 und 99 Prozent und 100 Prozent. 51 Prozent der Firmen gab an, dass ihre Computer vollständig vernetzt sind und weitere 13 Prozent gaben an, dass der Anteil der vernetzten Computer zwischen 75 und 99 Prozent liegt (siehe Tabelle 2). Schließlich wurden die Firmen befragt, für welche Zwecke Softwareanwendungen in der Firma eingesetzt werden und falls sie eingesetzt werden, auf welchem Niveau (2-Punkte-Skala: gelegentlicher Einsatz und weit verbreiteter Einsatz). Im Jahr 2000 haben 65 Prozent der Firmen einen Einsatz der ERP-Software bekundet (davon 26,7 Prozent der Firmen mit weit verbreitetem Einsatz und 38 Prozent mit gelegentlichem Einsatz). 76 Prozent der Firmen nutzen Email (bei 36 Prozent weit verbreiteter Einsatz und bei 40 Prozent gelegentlich). 72 Prozent der Firmen nutzen Datenmanagement- bzw. Datenverwaltungssoftware (davon 32 Prozent weit verbreitet und 41 Prozent gelegentlich).

Tabelle 3 enthält eine Übersicht über die Beschäftigungsanteile der einzelnen Qualifikationsgruppen. Der Anteil

¹¹ Tabelle 6 enthält einen Überblick über die Häufigkeiten nach Größenklassen und Branchen.

der Beschäftigten mit Universitätsabschluss beträgt 12 Prozent. Durchschnittlich 11 Prozent der Beschäftigten haben einen Fachhochschulabschluss und 11 Prozent der Beschäftigten sind Meister oder Techniker. Ungefähr 44 Prozent der Beschäftigten haben eine betriebliche Ausbildung, während der Anteil der Beschäftigten ohne eine abgeschlossene Berufsausbildung ungefähr 17 Prozent beträgt. Auszubildende sind ca. 5 Prozent. Bei einer Berücksichtigung des Schichtungsplans stimmt die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten mit den entsprechenden Werten des Mikrozensus überein.¹²

Tabelle 2: Einsatz von Softwareanwendungen (in Prozent)

Einsatz von Softwareanwendungen	Anteile
Datenbankmanagement, weit verbreitet	31,6
Datenbankmanagement, gelegentlich	40,5
ERP-Systeme, weit verbreitet	26,7
ERP-Systeme, gelegentlich	38,1
CAD/CAE, weit verbreitet	13,1
CAD/CAE, gelegentlich	20,6
E-Mail, weit verbreitet	35,5
E-Mail, gelegentlich	40,1
Anteil der vernetzten PCs, 50 – 74%	8,7
Anteil der vernetzten PCs, 75 – 99%	13,2
Anteil der vernetzten PCs, 100 %	51,0

Anmerkung: Gesamte Stichprobe (4149 Beobachtungen) gewichtet mit der Anzahl der Unternehmen.

Quelle: ZEW-infas IKT-Umfrage 2000.

Hier nicht aufgeführte Ergebnisse zeigen, dass die Qualifikationsstruktur von Branche zu Branche sehr unterschiedlich ausfällt. Innerhalb der Computer- und Softwarefirmen haben 50 Prozent der Beschäftigten einen Universitäts- oder Fachhochschulabschluss, während im Einzelhandel nur 5 Prozent der Beschäftigten einen Hochschulabschluss vorweisen können.

4 Empirische Ergebnisse

Tabelle 4 enthält die CLAD-Schätzergebnisse für die fünf Qualifikationsgruppen und für den Anteil der IKT-Fachkräfte. Diese Schätzungen wurden mit Hilfe der Softwarepakete GAUSS und MATLAB durchgeführt.¹³ Da LR-Tests die Nullhypothese der Homoskedastizität auf dem 5% Signifikanzniveau verwerfen, wird auf die Dokumentation der Tobit-Schätzungen verzichtet. Die CLAD- und die Tobit-Schätzungen sind jedoch relativ ähnlich. Das Tobitmodell liefert für die Koeffizienten des Anteils der Beschäftigten, die überwiegend mit dem PC arbeiten und des Anteils der Beschäftigten mit Internetzugang absolut betrachtet höhere Werte als das CLAD Verfahren. Die Differenz liegt dabei zwischen 15 und 30 Prozent. Im Gegensatz dazu tendiert das Tobitmodell dazu, die Koeffizienten der Variable „Computer pro Beschäftigte“ zu unterschätzen.

Die aufgelisteten Koeffizienten in Tabelle 4 messen jeweils die Effekte erklärender Variablen auf die latenten Variablen. Wie in allen Tobitmodellen sind jedoch für die Interpretation der Effekte erklärender Variablen nicht die Koeffizienten entscheidend, sondern die marginalen Effekte. Die marginalen Effekte werden berechnet, indem

¹² Ein detaillierter Vergleich wird auf Anfrage zur Verfügung gestellt.

¹³ Ich danke Johannes Ludsteck, Universität Regensburg für das MATLAB Programm.

Tabelle 3: Qualifikationsstruktur im Jahr 1999, ungewichtet

Höchster Berufsabschluss	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Firmen mit einem Beschäftigungsanteil von null	eins
Universitätsabschluss	12,4	5,0	17,7	0	100	21,4	0,1
Fachhochschulabschluss	10,5	5,8	12,9	0	100	18,9	0,0
Meister und Techniker	11,2	6,7	14,2	0	100	18,4	0,0
betriebliche Ausbildung	44,2	46,0	26,5	0	100	6,8	0,6
niedrigqualifizierte Beschäftigte	16,9	7,0	22,4	0	100	34,2	0,1
Auszubildende	4,5	3,0	6,4	0	81,7	32,0	1,0

Anmerkungen: Anzahl der Beobachtungen: 2947.

Quelle: ZEW-infas IKT-Umfrage 2000.

Tabelle 4: Bestimmungsfaktoren der Beschäftigungsanteilegleichungen (CLAD-Schätzungen)

	Zugrundeliegende abhängige Variablen: Beschäftigungsanteile					
	IKT-Fachkräfte	Univer-sitätsabschluss	Fach-hochschulabschluss	Meister, Techniker	betriebliche Ausbildung	niedrig qualifizierte Beschäft.
Computer pro Beschäftigte	0,079*** (2,15)	0,109*** (8,01)	0,046*** (4,69)	0,001 (0,76)	-0,077*** (-3,74)	-0,221*** (-5,41)
Anteil der Beschäftigten, die überwiegend an einem PC arbeiten	0,219*** (6,65)	0,016 (1,03)	0,036*** (3,39)	0,010 (1,30)	-0,071*** (-2,44)	-0,096*** (-2,54)
Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang	0,105*** (5,18)	0,099*** (6,18)	0,032*** (3,30)	0,007 (0,92)	-0,116*** (-4,25)	-0,077*** (-2,62)
Datenbanken, weitverbreitet	0,208*** (2,69)	0,014*** (3,61)	0,010 (1,42)	-0,014*** (-1,73)	0,031 (1,61)	-0,007 (-0,70)
Datenbanken, gelegentlich	0,136*** (1,73)	0,013*** (1,91)	0,007 (1,01)	-0,016*** (-2,04)	0,028 (1,49)	-0,005*** (-1,92)
ERP, weit verbreitet	-0,004*** (-0,54)	0,018 (1,31)	0,013 (1,61)	0,025*** (3,28)	-0,024 (-1,54)	0,007 (1,12)
ERP, gelegentlich	-0,034*** (-1,19)	0,020 (1,48)	0,011 (1,35)	0,019*** (2,41)	-0,005 (-0,37)	-0,003 (-0,22)
CAD, weitverbreitet	-0,026*** (-0,92)	-0,002 (-0,29)	0,024*** (4,17)	0,016*** (2,45)	0,011 (1,11)	-0,092*** (-4,53)
CAD, gelegentlich	-0,093*** (-2,44)	0,010 (1,42)	0,002 (0,52)	0,013*** (2,67)	-0,003 (-0,80)	-0,017 (-1,25)
E-Mail weit verbreitet	-0,023*** (-0,44)	0,018 (1,27)	0,015*** (1,94)	0,004 (1,06)	0,001 (-0,58)	0,001 (0,89)
E-Mail, gelegentlich	0,001*** (0,78)	0,016 (1,31)	0,011 (1,49)	0,009*** (1,80)	-0,001 (-0,45)	0,001 (0,03)
Ostdeutschland	0,015*** (0,44)	0,048*** (4,50)	0,023*** (4,26)	-0,011*** (-2,60)	0,072*** (4,66)	-0,222*** (-8,38)
Unternehmen ist Teil einer Unternehmensgruppe	0,007*** (0,47)	0,012*** (1,76)	0,000 (0,08)	0,003 (0,80)	0,004 (0,88)	-0,016 (-1,34)
Tochter eins ausländischen Konzerns	-0,053 (-1,20)	0,012*** (1,89)	0,008*** (1,87)	0,006*** (2,81)	-0,021 (-1,58)	-0,001 (-0,13)
Größe, Branchendummies	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Konstante	0,014*** (3,61)	-0,198*** (-9,07)	-0,075*** (-4,22)	0,083*** (3,95)	0,518*** (16,58)	0,261*** (6,72)
Gewichtungsfaktor	0,572	0,723	0,745	0,713	0,957	0,630
Elast.: Computer pro Beschäftigte	0,31***	0,38***	0,20***	0,00	-0,10***	-0,50***
Elast.: Anteil der Beschäftigten, die überwiegend an einem PC arbeiten	0,67***	0,04**	0,12***	0,03	-0,07***	-0,17***
Elast.: Anteil mit Internetzugang	0,23***	0,19***	0,08***	0,01	-0,08***	-0,10***

Anmerkungen: Elastizitäten der beobachteten Beschäftigungsanteile bezogen auf die IKT-Indikatoren. t- Werte basieren auf Standardfehler, die mittels des Bootstrap-Verfahrens auf Basis von 500 Ziehungen berechnet werden. ***, **, * bezeichnet 1%, 5% und 10%-Signifikanzniveau. Anzahl der Beobachtungen: 2947.

die Koeffizienten mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Wert für die Beschäftigungsanteile oberhalb von null liegt, multipliziert werden. Da diese Wahrscheinlichkeit für jede Beobachtung unterschiedlich ist, sollte eine grafische Darstellung vorgenommen werden. Aus Platzgründen werden die marginalen Effekte mit der mittleren Wahrscheinlichkeit berechnet (siehe Falk /Seim 2001a). Diese Wahrscheinlichkeit beträgt zwischen 0,63 für niedrigqualifizierte Beschäftigte und 0,96 für Beschäftigte mit betrieblicher Ausbildung (siehe Tabelle 4). Anschließend werden die marginalen Effekte in Elastizitäten umgeformt. Diese Elastizitäten sind als prozentuale Änderung der Beschäftigungsanteile auf eine prozentuale Änderung der IuK-Diffusionsindikatoren zu verstehen und sind mit Hilfe des Mittelwerts der Variablen berechnet worden.

Die in Tabelle 4 zusammengestellten Ergebnisse zeigen mit Ausnahme der Meister und Techniker einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten und der Diffusion der IuK-Technologien. Jeder der drei Indikatoren zur Diffusion der IuK-Technologien (Anzahl der Computer pro Beschäftigte, Anteil der Beschäftigten, die überwiegend mit dem PC arbeiten, sowie der Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang) ist signifikant und in den meisten Fällen sogar auf dem Ein-Prozent Signifikanzniveau. Erwartungsgemäß ist der Zusammenhang zwischen der Diffusion der IuK-Technologien signifikant positiv für die beiden Teilgruppen mit Hochschulabschluss und signifikant negativ für Arbeitskräfte mit betrieblicher Ausbildung oder für niedrigqualifizierte Arbeitskräfte.

Es stellt sich jedoch an dieser Stelle die Frage, ob die Richtung der Kausalität eindeutig ist. Es ist zu erwarten, dass die Effekte in beide Richtungen laufen. Beispielsweise könnte der hohe Diffusionsgrad der IuK-Technologien nicht Wirkung, sondern Ursache einer guten Humankapitalausstattung der Unternehmen sein (Acemoglu 2002). Klare Aussagen zur Kausalität sind mit Querschnittsdaten, wie sie hier für das Jahr 2000 verwendet wurden, nicht möglich. Dazu müssen Paneldatenanalysen vorgenommen werden.

Unabhängig von der Frage nach der Kausalität deuten die Ergebnisse darauf hin, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte komplementär zu IuK-Technologien stehen und bestätigen somit unsere erste Hypothese. Im Gegensatz dazu sind sowohl mittelqualifizierte als auch niedrigqualifizierte Arbeitskräfte durch die IuK-Technologien substituierbar. Die Koeffizienten der IuK-Indikatoren in der Beschäftigungsanteilsleichung für Meister und Techniker sind zwar fast alle positiv, aber häufig nicht signifikant.

Außerdem kann man feststellen, dass Firmen mit einer höheren Diffusion der IuK-Technologien relativ mehr IKT-Fachkräfte beschäftigen. Insgesamt ist die Größe der Elastizitäten ziemlich gering, mit höheren Elastizitäten für IKT-Fachkräfte als für Arbeitskräfte mit einem Universitäts- oder Fachhochschulabschluss. Für IKT-Fachkräfte betragen die Elastizitäten 0,67 für den Anteil der Beschäftigten, die überwiegend an einem PC arbeiten, und 0,23 für den Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang. Die zuerst genannte Elastizität in Höhe von 0,67

besagt, dass eine Firma mit einem 10 Prozent höheren Anteil an Arbeitskräften, die überwiegend mit dem PC arbeiten, einen 6,7 Prozent höheren Anteil an IKT-Fachkräften beschäftigt. Ausgehend von einem durchschnittlichen Anteil der IKT-Fachkräfte in Höhe von 8,8 Prozent (ungewichtet) liegt der Anteil dann bei durchschnittlich 9,3 Prozent. Die Elastizitäten des Beschäftigtenanteils der beiden Gruppen von Hochschulabsolventen in Bezug auf Computer pro Beschäftigte sind sogar noch kleiner. Sie liegen bei 0,38 für Universitätsabsolventen und bei 0,20 für Fachhochschulabsolventen. Diese Elastizitäten zeigen, dass eine Firma mit einem 10 Prozent höheren Verhältnis von Computern pro Beschäftigte einen 0,3 bzw. 0,1 Prozentpunkte höheren Beschäftigungsanteil an Universitätsabsolventen bzw. an Fachhochschulabsolventen hat. Die Elastizitäten des Beschäftigungsanteils der Universitätsabsolventen in Bezug auf den Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang und den Anteil der Arbeitskräfte, die überwiegend mit dem PC arbeiten, variieren zwischen 0,04 und 0,19 und sind damit ebenfalls kleiner als die entsprechende Elastizität für IKT-Fachkräfte. Unter den verschiedenen IKT-Indikatoren ist der Zusammenhang zwischen IKT und Qualifikationsstruktur, in absoluten Werten, am stärksten für die Variable „Computer pro Beschäftigte“, gefolgt von dem Anteil der Arbeitskräfte, die überwiegend mit dem PC arbeiten sowie dem Anteil der Arbeitskräfte mit Internetzugang. Ähnlich wie bei den hochqualifizierten Beschäftigten ist auch die Größe des Zusammenhangs zwischen der IuK-Diffusion und dem Anteil der niedrigqualifizierten Arbeitskräften in absoluten Werten relativ gering. Die Elastizitäten des Anteils der niedrigqualifizierten Arbeitskräfte in Bezug auf die Informations- und Kommunikationstechnologie betragen dabei -0,10 für den Anteil an Beschäftigten mit Internetzugang und -0,50 für das Verhältnis von Computer pro Beschäftigte. Daraus folgt, dass ein 10-prozentiger Anstieg einer der drei IKT-Indikatoren den Beschäftigungsanteil der niedrigqualifizierten Arbeitskräfte zwischen 0,1 und 0,3 Prozentpunkten senkt. Dieses Ergebnis steht daher nicht in Übereinstimmung mit unserer zweiten Hypothese, die eine begrenzte Substituierbarkeit zwischen niedrigqualifizierten Arbeitskräften und dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien vorher sagt (Bresnahan 1999). Denn die Effekte der IKT-Diffusion wirken sich auf niedrigqualifizierte Beschäftigte ähnlich stark aus wie auf hochqualifizierte Beschäftigte, nur mit unterschiedlichem Vorzeichen. Erwartungsgemäß wirkt sich jedoch der Computernutzungsgrad stärker auf den Anteil der niedrigqualifizierten Arbeitskräfte als auf die mittelqualifizierten Arbeitskräfte aus. Somit sind IuK-Technologien ein stärkeres Substitut für niedrigqualifizierte Arbeitskräfte als für mittelqualifizierte Arbeitskräfte. Die Elastizitäten des Beschäftigungsanteils der Arbeitskräfte mit betrieblicher Ausbildung rangieren zwischen -0,10 für das Verhältnis von Computern pro Beschäftigte bis zu -0,07 für den Anteil der Beschäftigten, die überwiegend mit dem PC arbeiten.

Darüber hinaus ist der Einsatz von Softwareanwendungen wie ERP-Software, Datenbankmanagement/Datawarehouse-Software sowie CAD/CAE ein wichtiger Bestimmungsfaktor zur Erklärung der Qualifikationsstruktur

Tabelle 5: Elastizitäten für verschiedene Branchen

	IKT-Fachkräfte	Univer-sitätsab-schluss	Fach-hoch-schulab-schluss	Meister, Techni-ker	betrieb-liche Ausbil-dung	niedrig qualifi-zierte Beschäf-t.
Verarbeitendes Gewerbe ohne IKT-Branche (Anzahl der Beobachtungen = 1392)						
Anzahl der Computer pro Beschäftigte	0,362*** (4,20)	0,537*** (8,07)	0,214*** (4,39)	0,042 (1,38)	-0,027 (-0,92)	-0,222*** (-3,49)
Anteil der Arbeitskräfte, die überwiegend mit PC arbeiten	0,034 (0,63)	-0,049 (-1,11)	0,051 (1,39)	-0,009 (1,43)	0,011 (0,71)	-0,056 (-1,06)
Anteil der Arbeitskräfte mit Internetzugang	0,045 (1,64)	0,083*** (2,53)	0,086*** (4,05)	0,006 (0,35)	-0,075*** (-3,64)	-0,017 (-0,77)
IKT-Branche (Anzahl der Beobachtungen = 478)						
Anzahl der Computer pro Beschäftigte	0,178*** (1,90)	0,262*** (5,68)	0,048 (1,06)	-0,037 (-0,59)	-0,043 (-1,33)	-1,166*** (-2,79)
Anteil der Arbeitskräfte, die überwiegend mit PC arbeiten	1,078*** (4,80)	0,682*** (3,28)	0,370*** (2,88)	-0,303*** (-2,35)	-0,128*** (-2,05)	-0,649 (-1,61)
Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang	0,610*** (4,61)	0,333*** (2,19)	0,243*** (1,78)	0,119 (1,55)	-0,153*** (-2,83)	-0,359*** (-1,71)
Dienstleistungssektor ohne IKT-Branche (Anzahl der Beobachtungen = 1077)						
Anzahl der Computer pro Beschäftigte	0,486*** (4,17)	0,362*** (3,39)	0,138 (1,59)	0,048 (1,18)	-0,140*** (-2,54)	-0,466*** (-2,56)
Anteil der Arbeitskräfte, die überwiegend mit PC arbeiten	0,072 (1,48)	0,166*** (1,89)	0,191*** (2,46)	0,021 (1,04)	-0,078 (-1,56)	-0,046 (-0,53)
Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang	0,017*** (1,88)	0,353*** (5,30)	0,053 (1,07)	-0,057 (-0,62)	-0,114*** (-3,68)	-0,120 (-1,57)

Bemerkungen: Schätzergebnisse auf Basis des CLAD-Schätzverfahrens. Elastizitäten messen die prozentuale Änderung der Beschäftigungsanteile auf eine prozentuale Änderung der drei verschiedenen IKT-Indikatoren. t-Werte in Klammern. Siehe auch Tabelle 4.

tur einer Firma. Der stärkste Zusammenhang zwischen den verschiedenen Typen von Softwareanwendungen und dem Anteil an IKT-Fachkräfte kann für den Einsatz von Datenbankmanagementsystemen beobachtet werden. Ein weit verbreiteter oder gelegentlicher Einsatz von Datenbankmanagementsystemen steht in Verbindung mit einem 11 bzw. 7 Prozentpunkte höheren Anteil an IKT-Fachkräften. Dieses Ergebnis ist nicht weiter erstaunlich, da Datenbankmanagementsysteme eine höhere Anzahl an IKT-Fachkräften erfordern, die zur Betreuung und Pflege benötigt werden. Außerdem ist der weit verbreitete Einsatz von CAD/CAE-Software signifikant positiv korreliert mit dem Anteil der Beschäftigten mit Fachhochschulabschluss sowie mit dem Beschäftigungsanteil der Meister und Techniker. Dies stimmt mit unserer Vermutung überein, dass CAD-Anwendungen höhere technische Qualifikationen verlangen. Im Gegensatz dazu ist der Einsatz von CAD/CAE-Software signifikant negativ korreliert mit dem Anteil an niedrigqualifizierten Beschäftigten. Außerdem ist der Einsatz von Software zur

Planung und Kontrolle wie beispielsweise ERP-Software signifikant positiv für Meister und Techniker. Der Gebrauch von Email scheint jedoch kein wichtiger Bestimmungsfaktor der Qualifikationsstruktur zu sein. Dies gilt auch für die Koeffizienten der Dummyvariablen, die den Anteil der vernetzten Computer messen.

Tabelle 5 enthält die Elastizitäten der Beschäftigungsanteile in Bezug auf die verschiedenen Indikatoren der IKT-Diffusion für drei unterschiedliche Branchengruppen: (i) Firmen des Verarbeitenden Gewerbes ohne IKT-Firmen, (ii) IKT-Branche und (iii) Dienstleistungssektor ohne IKT-bezogene Dienstleistungen. Für alle Teilstichproben gilt wiederum, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte Komplemente zu dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien sind. Für mittelqualifizierte sowie für niedrigqualifizierte Arbeitskräfte bleibt der negative Effekt der IuK-Technologien in den meisten Fällen signifikant. Auch in der IKT-Branche sowie in dem Dienstleistungssektor führt eine größere Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien zu einem nied-

Tabelle 6: Übersicht zu den Kontrollvariablen (Anteile in Prozent)

	Stichprobe (4149 Beobachtungen)	verwendete Stichprobe (2947 Beobachtungen)
Beschäftigtengrößenklassen:		
5 -9 Beschäftigte	9,5	8,1
10 -49 Beschäftigte	27,9	25,5
50 -99 Beschäftigte	12,2	12,5
100 -249 Beschäftigte	14,2	15,3
250 -499 Beschäftigte	12,0	12,8
500 und mehr Beschäftigte	24,2	25,7
Branchengrößenklassen		
Verarbeitendes Gewerbe (ohne IKT-Sektoren)	46,6	47,7
Großhandel	5,1	5,0
Einzelhandel	6,0	5,7
Verkehr	6,6	5,8
Banken und Versicherungen	6,9	6,6
IKT-Sektor	15,4	16,1
Technische Dienstleistungen	6,7	7,0
Unternehmensbezogene Dienstleistungen	6,7	6,2
Sonstige Kontrollvariablen:		
Unternehmenssitz in Ostdeutschland	20,9	20,0
Unternehmen unterhält auch Betriebsstandorte im Ausland	25,6	26,9
Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe	42,9	44,7

Quelle: ZEW-infas IKT-Umfrage 2000 (ungewichtet).

rigeren Beschäftigungsanteil der Arbeitskräfte mit einer betrieblichen Ausbildung. Der negative Effekt der Diffusion der IuK-Technologien auf Arbeitskräfte mit einer betrieblichen Ausbildung im Dienstleistungsgewerbe stimmt mit den Ergebnissen von Jacobebbinghaus/Zwick (2001) und Zwick (2001) überein, die einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen dem Beschäftigungsanteil der Arbeitskräfte mit betrieblicher Ausbildung und dem Anteil der IKT-Investitionen auf Basis der MIP-DL herausgefunden haben. Ein weiteres wichtiges Ergebnis, in Übereinstimmung mit unserer vierten Hypo-

these, ist, dass der negative Zusammenhang zwischen den Beschäftigten mit niedriger oder mittleren Qualifikation und der IuK-Diffusion (gemessen als Computer pro Beschäftigte) in der IKT-Branche und im Dienstleistungssektor beträchtlich höher ist als im Verarbeitenden Gewerbe. Für ungelernete Arbeitskräfte beträgt die Elastizität im Falle Anzahl der Computer pro Beschäftigte in der IKT-Branche und im Dienstleistungssektor -1,2 und -0,5 gegenüber -0,2 im Verarbeitenden Gewerbe. Dies entspricht der Hypothese, dass einfache, routinemäßige Büroaufgaben durch IuK-Technologien ersetzt werden können, und diese damit die relative Nachfrage nach der mittleren und unteren Qualifikationsebene reduziert.

5 Zusammenfassung

Der Einsatz von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien am Arbeitsplatz ist heute vor allem im Dienstleistungssektor (z.B. im Büro- und Verwaltungsbereich) der Normalfall. Während dies auf der einen Seite als ein Beitrag zur sinnvollen Rationalisierung von Arbeitsabläufen und Befreiung von Routinetätigkeiten aufgefasst werden konnte, lassen sich diese neuen Techniken auch als eine Bedrohung auffassen: Durch die Verwendung der IuK-Technologien werden mechanisierbare Routinetätigkeiten verloren gehen und durch höherwertige Tätigkeiten abgelöst werden. Damit steigen die Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitnehmer und Firmen mit einem stärkeren Einsatz von IuK-Technologien werden relativ mehr qualifizierte Arbeitskräfte beschäftigen.

Zur Klärung dieser Frage wurde eine empirische Analyse auf Basis einer Unternehmensbefragung für das Jahr 2000 durchgeführt. Dabei wurde der Erfassung der verschiedenen Typen von IuK-Technologien und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Indikatoren der IuK-Diffusion berücksichtigt, die unterschiedliche Teilaspekte abdecken. Zu den IuK-Indikatoren zählen Computer pro Beschäftigte, Anteil der Beschäftigten, die am Arbeitsplatz mindestens die Hälfte der Zeit einen Computer nutzen, Anteil der Beschäftigten mit Internetzugang, sowie Einsatz von Softwareanwendungen wie beispielsweise ERP, Datenbank-Managementsystemen sowie die Nutzung von CAD/CAE. Bei der Qualifikationsstruktur wird zwischen fünf Gruppen differenziert: Beschäftigte mit einem Fachhochschulabschluss, Beschäftigte mit Fachschulabschluss (insbesondere Meister und Techniker), Beschäftigte mit einer betrieblichen Ausbildung und niedrigqualifizierte Arbeitskräfte. Zudem werden die Determinanten des Beschäftigungsanteils der IKT-Fachkräfte untersucht.

Die empirischen Ergebnisse auf Basis von Tobitmodellen zeigen, dass Firmen mit einem höheren Diffusionsgrad der IuK-Technologien einen höheren Anteil von Arbeitskräften mit einem Hochschulabschluss beschäftigen. Dies gilt auch für IKT-Fachkräfte. Im Gegensatz dazu scheint eine größere Diffusion der IuK-Technologien den Beschäftigungsanteil der mittel- und niedrigqualifizierten Arbeitskräften zu reduzieren. Zudem ist der negative Ein-

fluss für die niedrigqualifizierten Beschäftigten erwartungsgemäß stärker als für Beschäftigte mit betrieblicher Ausbildung. Dieser Zusammenhang wird quer durch alle Branchen wie Industrie, Dienstleistungen und dem IKT-Sektor bestätigt, allerdings mit gewissen Unterschieden. Die Effekte für niedrig- und hochqualifizierte Beschäftigte sind in absoluten Werten genauso hoch. Dieses Ergebnis stimmt daher nicht mit der Hypothese der „begrenzten Substituierbarkeit“ zwischen niedrigqualifizierten Beschäftigten und IuK-Technologien überein.

Insgesamt ist die Größenordnung dieser Effekte jedoch relativ klein. Ein zehnpromtlicher Anstieg des Anteils der Beschäftigten, die überwiegend an einem PC arbeiten, erhöht den Anteil der Universitätsabsolventen um durchschnittlich 0,1 Prozentpunkte. Insgesamt kann es aber nicht ausgeschlossen werden, dass diese Effekte sogar überschätzt werden. Eine gute Humankapitalausstattung der Firmen könnte eine raschere Durchdringung von IuK-Technologien begünstigen, so dass die Kausalität zwischen den abhängigen Variable und den erklärenden Variablen nicht eindeutig ist.

Vor dem Hintergrund der steigenden Diffusion von IuK-Technologien muss befürchtet werden, dass sich die Arbeitsmarktchancen von Personen ohne formale Qualifikation weiter verschlechtern. Dies betrifft im geringeren Maße auch Beschäftigte mit betrieblicher Ausbildung. Im Rahmen der Wirtschaftspolitik sollten deswegen Maßnahmen zur Erweiterung der Humankapitalbasis getroffen werden.

Literatur

Acemoglu, Daron (2002): Technical Change, Inequality, and the Labor Market. In: *Journal of Economic Literature* 60 (March), S. 7-72.

Autor, David/Katz, Laurence F./Krueger, Alan B. (1998): Computing Inequality: Have Computers changed the Labor Market? In: *Quarterly Journal of Economics*, Jg 113, Nr. 4, S. 1169-1213.

Bartel, Ann/Lichtenberg, Frank (1987): The Comparative Advantage of Educated Workers in implementing New Technology. In: *Review of Economics and Statistics*, Jg. 69, Nr. 1, S. 1-11.

Berman, Eli/Berman, John/Griliches, Zvi (1994): Changes in the Demand for Skilled Labor within U. S. Manufacturing: Evidence from the Annual Survey of Manufactures. In: *Quarterly Journal of Economics*, Jg. 109, Nr. 2, S. 367-397.

Bresnahan, Timothy (1999): Computerization and Wage Dispersion: An Analytical Reinterpretation In: *The Economic Journal*, Jg. 109, S. 390-415.

Bresnahan, Timothy/Brynjolfsson, Erik/Hitt, Lorin (2002): Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-level Evidence. In: *Quarterly Journal of Economics*, Jg. 117, Nr. 1, S. 339-376.

Chennells, Lucy/Van Reenen, John (1999): Has Technology hurt less Skilled Workers? An Econometric Survey of the Effects of Technical Change on the Structure of Pay and Jobs. IFS Working Paper 99/27, Institute for Fiscal Studies, London, UK.

Doms, Marc/Dunne, Thomas A./Troske, Kenneth R. (1997): Workers, Wages, and Technology. In: *Quarterly Journal of Economics*, Jg. 112, Nr. 1, 253-290.

Dostal, Werner (2000): Die Informatisierung der Arbeitswelt – Ein erster Blick auf die Ergebnisse der BIBB/IAB Erhebung 2000. In: Dostal, Werner/Jansen, Rolf/ Parmentier, Klaus (Hrsg.): *Wandel der Erwerbsarbeit – Arbeitssituation, Informatisierung, berufliche Mobilität und Weiterbildung. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (BeitrAB)* 231. Nürnberg, S. 151-167.

Falk, Martin/Seim, Katja (2001a): Workers Skill Level and Information Technology: A Censored Regression Model. In: *International Journal of Manpower*, Jg. 22, Nr. 1, S. 98-120.

Falk, Martin/Seim, Katja (2001b): The Impact of Information Technology on High-Skilled Labor in Services: Evidence from Firm Level Panel Data. In: *Economics of Innovation and New Technology*, Jg. 10, Nr. 4, S. 289-323.

Goldin, Claudia/Katz, Lawrence F. (1998): The Origins of Technology-Skill Complementarity. In: *Quarterly Journal of Economics*, 113, 693-732.

Jacobebbinghaus, Peter/Zwick, Thomas (2002): New Technologies and the Demand for Medium-qualified Labor in Germany. In: *Schmollers Jahrbuch* 122 (2), 179-206.

Kaiser, Ulrich (2000): New Technologies and the Demand for Heterogeneous Labor. Firm-level Evidence for the German Business-Related Service Sector. In: *Economics of Innovation and New Technology*, Jg. 9, Nr. 5, S. 465-468.

Koebel, Bertrand/Falk, Martin/Laisney, Francois (2002): Imposing and Testing Curvature Conditions on a Box-Cox Function. In: *Journal of Business and Economic Statistics*, im Druck.

Kölling, Arnd (2001): Skill Biased Technological Change, Labour Hoarding and the Wage Structure – Estimates of the Structure of Employment using Linked Employer-Employee Data for Germany. Paper presented at the EALE 2001 Congress in Jyväskylä, Finland.

Kölling, Arnd/Schank, Thorsten (2002): Skill-Biased Technological Change, International Trade and the Wage Structure. Paper presented at the 10th International Conference on Panel Data, Berlin.

Kukuk, Martin (2000): Informations- und Kommunikationstechnologien und die Arbeitsnachfrage nach unterschiedlichen Qualifikationen. Vorge stellt beim Verein für Socialpolitik in Berlin am 20.09.2000.

Licht, Georg/Steiner, Viktor/Bertschek, Irene./Falk, Martin/Fryges Helmut (2002): IKT-Fachkräftemangel und Qualifikationsbedarf. *ZEW Wirtschaftsanalysen*, Bd. 61, Baden-Baden.

Melenberg, Bertrand/Van Soest, Arthur (1996): Parametric and Semiparametric Modelling of Vacation Expenditures. In: *Journal of Applied Econometrics*, Jg.11, S. 59-76.

McDonald, John W./Xu, Yexiao (1996): A Comparison of Semiparametric and Partially Adaptive Estimators of the Censored Regression Model with Possibly Skewed and Leptokurtic Error Distributions. In: *Economic Letters*, Jg. 51, Nr. 2, S. 153-159.

Paarsch, Harry (1984): A Monte Carlo Comparison of Estimators for the Censored Regression Model. In: *Journal of Econometrics*, Jg. 24, S. 197-213.

- Pischner, Rainer/Wagner Gert G./Haisken-DeNew John (2000): Computer- und Internetnutzung hängen stark von Einkommen und Bildung ab – Geschlechtsspezifische Nutzungsunterschiede in der Freizeit besonders ausgeprägt. In: DIW-Wochenbericht 76, 41, S. 670-676.
- Powell, James (1984): Least Absolute Deviations Estimation for the Censored Regression Model. In: Journal of Econometrics, Jg. 25, S. 303-325.
- Ronning, Gerd (1992): Share Equations in Econometrics, A Story of Repression, Frustration and Dead Ends. In: Statistical Papers, Jg. 33, S. 307-334.
- Siegel, Donald (1998): The Impact of Technological Change on Employment: Evidence From a Firm-Level Survey of Long-Island Manufacturers. In: Economics of Innovation and New Technology, Jg. 5, Nr. 2, S. 227-246.
- Statistisches Bundesamt (2001): Leben und Arbeiten in Deutschland. Ergebnisse des Mikrozensus 2000.
- Zwick, Thomas (2001): Beschäftigungsmöglichkeiten von Fachkräften mit dualer Ausbildung in informationsintensiven Dienstleistungsunternehmen. In: MittAB 1, S. 74-81.