

Martin Falk

Diffusion von Informations- und Kommunikationstechnologien und Einsatz von qualifizierten Arbeitskräften

Beschleunigung des technischen Fortschritts

Der Autor dankt Heinz Hollenstein für wertvolle Anregungen. Begutachtung: Helmut Mahringer • Wissenschaftliche Assistenz: Sonja Patios • E-Mail-Adresse: Martin.Falk@wifo.ac.at

Der technische Fortschritt im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien beschleunigt sich laufend. Als treibende Kraft erweist sich dabei die Kostensenkung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien. Der Preisrückgang von PC, Software und Telekommunikation verstärkt sich und ermöglicht so eine immer schnellere Verbreitung von Software und Computern in den Unternehmen (für die USA siehe *Jorgenson – Stiroh, 2000*). Besonders deutlich verbilligte sich Computer-Hardware zwischen 1995 und 1999; zugleich nahmen die Investitionen in Computer real kräftig zu (Abbildung 2). Die jüngsten Zahlen lassen eine Fortsetzung des Investitionsbooms in den nächsten Jahren vermuten: 2002 wuchsen die Investitionen in Computer in den USA gegenüber dem Vorjahr real um 13%. In Österreich planen die Unternehmen heuer deutlich mehr in Hardware zu investieren als im Vorjahr (*Czerny – Falk – Schwarz, 2004*); damit dürfte die Investitionsschwäche in diesem Bereich überwunden sein.

Die rasante Zunahme der Zahl der EDV-Spezialisten verweist ebenfalls auf eine schnelle Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien: Nach Berechnungen auf Basis der Mikrozensusdaten hat sich die Zahl der Datenverarbeitungsfachleute in Österreich zwischen 1995 und 2000 von 33.000 auf 58.000 fast verdoppelt. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 11,6%. Für die Datenverarbeitungsfachleute mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss betrug die Wachstumsrate sogar 13,4%.

Mit der zunehmenden Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien erhält der Zusammenhang zwischen dem Einsatz neuer Technologien und der Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte immer größere Bedeutung. In der Literatur lässt sich diese Diskussion bis zum Beginn der Industriellen Revolution zurückverfolgen (*Acemoglu, 2002, Goldin – Katz, 1998*). Demnach stehen seit Anfang des 20. Jahrhunderts die Entwicklung der Zahl der qualifizierten Arbeitskräfte und des Einsatzes neuer Technologien in einem Komplementaritätsverhältnis zueinander: Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien erfordert neues Wissen und Fertigkeiten, sodass die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften steigt ("skill-biased technological change"). Ein verstärkter Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien reduziert vor allem im Dienstleistungssektor Arbeitsplätze mit einfachen Tätigkeiten und schafft Arbeitsplätze mit anspruchsvollen Aufgaben (*Bresnahan, 1999*).

Einerseits resultiert der Rückgang der Nachfrage nach gering- und mittelqualifizierten Arbeitskräften direkt aus der Substitution von menschlicher Arbeitskraft durch Informations- und Kommunikationstechnologien (z. B. Schreib- und Datenerfassungskräfte); diese Substitution ist jedoch nur bis zu einem gewissen Umfang möglich. Ande-

Literaturüberblick

rerseits wird aufgrund der zunehmenden Computernutzung die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften steigen, die neu eingeführte Informations- und Kommunikationstechnologien nutzen.

Wegen der bereits sehr weitgehenden Integration von Computern auch in einfache Bürotätigkeiten ist die Computernutzung per se kein eindeutiges Indiz für einen überdurchschnittlichen Beschäftigungsanteil von hochqualifizierten Arbeitskräften (Bresnahan, 1999). Vielmehr sind die indirekten Effekte der Computernutzung bedeutsam: Die Einführung neuer Technologien geht oft einher mit organisatorischen Änderungen. Diese erfordern hochqualifizierte Arbeitskräfte 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 Personendaten bestätigt (für Österreich Hofer – Riedel, 2003). Mit Hilfe der BIBB-IAB-Erhebung zeigt Dostal (2000) für Deutschland, dass der Grad der Computernutzung durch Beschäftigte mit anspruchsvollen Tätigkeiten (wie z. B. Entwickeln und Forschen, Werben, Akquirieren, Organisieren und Planen) überdurchschnittlich ist. Zudem bestätigt der Autor die Vermutung, dass die Anwender computergesteuerter Arbeitsmittel im Durchschnitt besser ausgebildet sind als Erwerbstätige, die diese Techniken nicht verwenden. Wie zudem Pischner – Wagner – Haisken-DeNew (2000) belegen, steigt der Anteil der PC-Nutzer mit den Anforderungen an den Arbeitsplatz. Dabei sind Tätigkeiten, die einen Universitätsabschluss voraussetzen, zu 90% mit einer PC-Nutzung verbunden; dagegen nutzen Beschäftigte ohne Berufsabschluss nur zu knapp 28% den Computer am Arbeitsplatz.

Auch auf Basis von Unternehmensdaten liegen zahlreiche Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen dem Einsatz der Informations- und Kommunikationstechnologien und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten vor (einen Literaturüberblick geben Chennells – van Reenen, 1999). In einer Untersuchung von 311 Unternehmen aus den USA von Bresnahan – Brynjolfsson – Hitt (2002) erweist sich das Niveau des Anlagevermögens im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien als positiv korreliert mit den Investitionen in Humankapital und dem Qualifikationsniveau der Beschäftigten; der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien ist demnach der wichtigste Faktor zur Erklärung der Nachfrage nach Beschäftigten mit College-Abschluss. Ebenfalls anhand von Unternehmensdaten für die USA zeigt Siegel (1998), dass Betriebe, die Automatisierungstechnologien überdurchschnittlich verwenden, überdurchschnittlich viele hochbezahlte Arbeitskräfte einstellen.

Analysen von Zwick (2001) und Jacobebbinghaus – Zwick (2002) auf Basis der deutschen Innovationserhebung ergeben einen negativen Zusammenhang zwischen dem Anteil der Ausgaben für Innovationen sowie der Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien und dem Bedarf an Beschäftigten mit innerbetrieblicher Ausbildung. Auf Basis der Innovationserhebung für die Schweiz zeigt sich ebenfalls ein positiver Zusammenhang zwischen der Intensität der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (Internet und Intranet) und der Nachfrage nach Hochschulabsolventen. Darüber hinaus hat die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien einen signifikant negativen Einfluss auf den Beschäftigungsanteil der Angelernten und Ungelernten, während der Effekt für mittlere Qualifikationen gering ist (Arvanitis et al., 2003).

Zusammenhang zwischen Computer-Investitionen und Qualifikationsstruktur in Österreich

Der vorliegende Beitrag untersucht erstmals für Österreich den Zusammenhang zwischen den Investitionen in Computer-Hardware und der Qualifikationsstruktur der Beschäftigten auf Basis von Unternehmensdaten. Die Daten erlauben die Unterscheidung von zwei Qualifikationsgruppen: Beschäftigte mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss und Beschäftigte ohne solchen Abschluss (mit innerbetrieblicher Ausbildung sowie geringer Qualifikation).

Zwischen dem Anteil der Investitionen in Computer-Hardware und dem Anteil der Beschäftigten mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss ist ein positiver Zusammenhang zu vermuten, für den Anteil der gering- und mittelqualifizierten Arbeitskräf-

te dagegen ein negativer. Ein Tobit-Modell trägt der Tatsache Rechnung, dass die Hälfte der untersuchten Unternehmen keine Arbeitskräfte mit Hochschulabschluss beschäftigt. Da sich die Qualifikationskategorien auf 100% aufsummieren, werden hier nur die Schätzergebnisse für die Akademikerquote wiedergegeben. Als weitere Determinanten für die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten berücksichtigt das Regressionsmodell den Anteil der Innovationsaufwendungen am Umsatz und die Verfügbarkeit von gültigen Patenten (dies sind Maße für den Innovationsoutput), die Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe, die Branchenzugehörigkeit und die Unternehmensgröße; zudem wird unterschieden, ob das Unternehmen zwischen 1998 und 2000 neu gegründet wurde.

Die Untersuchung behandelt nur die Investitionen in Computer-Hardware. Sie machen einen wichtigen, wenn auch kleineren Teil der gesamten Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien aus. Zu den Investitionen in Telekommunikation und Software liefert der Datensatz jedoch keine Informationen. Im Durchschnitt der österreichischen Wirtschaft erreichen die Investitionen in Informations- und Kommunikationstechnologien 12,8% der Ausrüstungsinvestitionen (OECD, 2002). Davon entfallen 3,5% auf Software, 5,9% auf Telekommunikation und 3,4% auf Hardware. Die Struktur der Gesamtinvestitionen verschiebt sich weiter zugunsten der Ausrüstungsinvestitionen.

In einer theoretischen Analyse des Einflusses der Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien auf die Qualifikationsstruktur der Beschäftigten im Dienstleistungsbereich unterscheidet *Bresnahan* (1999) zwei unterschiedliche Effekte:

- Einerseits resultiert der Rückgang der Nachfrage nach mittel- und geringqualifizierten Arbeitskräften direkt aus der systematischen Substitution der Arbeitskraft. Diese Tätigkeiten können aber durch Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnologien nur zum Teil ersetzt werden ("begrenzte Substitution") – dies gilt etwa für den Handel mit physischen und individualisierten Produkten (z. B. Architekturdienstleistungen). Im Handel mit digitalen Produkten dagegen, die ja ausschließlich aus Informationen bestehen und deshalb vollständig über elektronische Netze zum Kunden gelangen können, werden viele Verkaufstätigkeiten überflüssig.
- Andererseits steigt mit zunehmender Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien die Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften, die innovative Anwendungen effizient nutzen können. Der Grad der Umstrukturierung aufgrund des Computer-Einsatzes variiert je nach Organisationstyp.

Nach *Bresnahan* (1999) ist der Einfluss von Innovationen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien in Unternehmen, die stark auf persönliche Kommunikation aufbauen, sehr begrenzt. Im Gegensatz dazu kann ein Unternehmen, dessen Produktion auf digitalen Produkten basiert, Kostensenkungen aufgrund von Innovationen leicht an Kunden und Zulieferer weitergeben. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien hat deshalb einen negativen, aber geringen Einfluss auf die Nachfrage nach mittel- und geringqualifizierten Arbeitskräften.

Nur hochqualifizierte Arbeitskräfte, insbesondere Manager und Fachkräfte, profitieren von der zunehmenden Diffusion der Informations- und Kommunikationstechnologien. Ähnlich zeigen *Bartel – Lichtenberg* (1987), dass Unternehmen nach der Einführung neuer Technologien mehr hochqualifizierte Arbeitskräfte einstellen als zuvor: Hochqualifizierte Arbeitskräfte haben in Bezug auf die Implementierung neuer Technologien aufgrund ihrer Problemlösungskapazität und ihrer höheren Anpassungsfähigkeit gegenüber mittel- und geringqualifizierten Arbeitskräften einen komparativen Vorteil.

Im Folgenden werden zwei Hypothesen zum Zusammenhang zwischen der Qualifikationsstruktur der Arbeitskräfte und dem Anteil der Investitionen in Computer-Hardware vorgestellt, welche in der Folge empirisch belegt werden sollen:

- Hypothese 1 – Komplementarität zwischen hochqualifizierten Arbeitskräften und Investitionen in Computer-Hardware: Hochqualifizierte Arbeitskräfte und Computer-Investitionen sind keine Substitute, sondern Komplemente, d. h. sie sind auf-

Hypothesen

einander angewiesen. Im Gegensatz dazu sollten Computer-Investitionen und mittel- bzw. geringqualifizierte Arbeitskräfte in einem substitutiven Verhältnis zueinander stehen.

- Hypothese 2 – Abhängigkeit der Qualifikationsstruktur von der Innovationsintensität und der Verfügbarkeit von Patenten: Die Innovationsaufwendungen sind die Ausgaben der Unternehmen für laufende, abgeschlossene und abgebrochene Innovationsprojekte innerhalb eines Jahres; dabei wird zwischen laufenden und investiven Aufwendungen sowie zwischen verschiedenen Komponenten des Innovationsprozesses (eigene Forschung und Entwicklung, externes Wissen, Maschinen und Anlagen, Produktionsvorbereitung und Design, Schulung, Markteinführung) unterschieden. Der Akademikeranteil an der Beschäftigung sollte stark positiv mit dem Anteil der Innovationsaufwendungen korreliert sein, weil Akademiker (insbesondere Ingenieure und Naturwissenschaftler) vor allem in den Forschungs- und Entwicklungsabteilungen eingesetzt werden.

Empirisches Modell

Um den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Informationstechnologien und der Qualifikationsstruktur zu untersuchen, werden die Beschäftigungsanteile der beiden Qualifikationsgruppen, E_k , zum Anteil der Investitionen in Computer-Hardware, zu den Innovationsaufwendungen in Relation zum Umsatz und zu verschiedenen Kontrollvariablen in Beziehung gesetzt (siehe Doms et al., 1997):

$$E_{kt} = \alpha_k + \beta_{1k} INVC_t / INV_t + \beta_{2k} INVC_{t-2} / INV_{t-2} + \beta_{3k} INNO_t / Y_t + \beta_{4k} PAT_t + \gamma_k z_t + \mu_k,$$

- E_k ... Anteil der Beschäftigten in Prozent,
 k ... Qualifikationsgruppe ($k = 1$... Universitäts- oder Fachhochschulabschluss, $k = 2$... ohne solchen Abschluss),
 $INVC/INV$... Anteil der Investitionen in Computer-Hardware an den Gesamtinvestitionen in Prozent,
 $INNO/Y$... Innovationsaufwendungen in Prozent des Umsatzes,
 PAT ... Verfügbarkeit eines gültigen Patents (ja/nein),
 z ... Dummy-Variable für die Unternehmensgröße (Beschäftigtengrößenklasse), Branchenzugehörigkeit, Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe und für neu gegründete Unternehmen,
 t ... Jahr 2000, $t - 2$... Jahr 1998.

Die Parameter β_{1k} und β_{2k} messen den Einfluss des Anteils der Computer-Investitionen auf die Akademikerquote. Ein positiver Koeffizient in der Gleichung des Beschäftigungsanteils für Hochschulabsolventen weist auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Anteil der Investitionen in Computer-Hardware und dem Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss hin. In diese Gleichung geht auch der um zwei Jahre verzögerte Anteil der Computer-Investitionen als erklärende Variable ein, weil Computer meist mit Verzögerung produktiv eingesetzt werden.

Die Elastizitäten der Beschäftigungsanteile in Bezug auf den Anteil der Computer-Investitionen werden in der Folge so berechnet:

$$\epsilon_{E_k, INVC/INV} = \frac{\partial E_k}{\partial INVC/INV} \frac{\partial INVC/INV}{E_k}.$$

Da einige Unternehmen keine Hochschulabsolventen beschäftigen, sind deren Beschäftigungsanteile null. Zur Berücksichtigung der Nullbeobachtungen der abhängigen Variablen kann das Standard-Tobit-Modell verwendet werden¹⁾:

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

y^* ... latente Variable, x ... Vektor der unabhängigen Variablen, ε ... Störterm, β ... Koeffizientenvektor. Der beobachtete Wert der abhängigen Variablen, y , ist gegeben durch:

¹⁾ Alternative Schätzverfahren für die Anteilsgleichungen behandelt *Ronning* (1992).

$$y = \begin{cases} 0 & \text{sonst} \\ y^* = x' \beta + \varepsilon & \text{falls } y^* > 0 \end{cases}$$

Ein Schwachpunkt des empirischen Modells ist, dass unternehmensspezifische Löhne für verschiedene Qualifikationsgruppen nicht als erklärende Variable in die Regressionsgleichung eingehen. Damit werden komplementäre oder substitutive Beziehungen zwischen Qualifikationsgruppen außer Acht gelassen, die Schätzung wird verzerrt sein ("omitted variable bias"). Für einige Branchengruppen stehen Löhne bzw. Gehälter für verschiedene Qualifikationsgruppen zur Verfügung und könnten mit den Unternehmensdaten verknüpft werden. Für Dienstleistungsunternehmen liegen jedoch mit Ausnahme des Mikrozensus keine Informationen über die Gehaltsstruktur nach Qualifikationen vor. Aufgrund der schlechten Datenlage wird im Folgenden auf die Modellierung der Lohn- und Substitutionseffekte verzichtet.

Die empirische Analyse basiert auf dem "CIS III" (Community Innovation Survey; siehe dazu ausführlich Falk – Leo, 2003). Die Umfrage ist repräsentativ und geschichtet nach Branche und Unternehmensgröße. Sie wurde 2001 durchgeführt und lieferte Informationen für das Jahr 2000. Für einige Variable liegen auch Angaben für 1998 vor. Insgesamt sind die Antwortausfälle sehr gering. Der Ausschluss von Unternehmen ohne Angaben zum Anteil der Computer-Investitionen verkleinert die Stichprobe von 1.304 auf 1.218 Unternehmen. Für weitere 12 Betriebe fehlen Informationen über die Innovationsausgaben, die hier verwendete Stichprobe umfasst demnach 1.206 Unternehmen. Aufgrund der Antwortausfälle besteht die Gefahr einer Selektionsverzerrung. Eine Probit-Regression zu den Determinanten der Antwortausfälle im Bereich der Computer-Investitionen liefert jedoch keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit bestimmten Unternehmenscharakteristika.

Übersicht 1 enthält deskriptive Informationen auf Basis der für die Schätzung verwendeten Stichprobe (nicht hochgerechnet).

Deskriptive Auswertungen

Übersicht 1: Deskriptive Statistiken zu den Indikatoren

2000

| | Mittelwert | Standardabweichung | Minimum | Maximum | Null-Beobachtungen | Beobachtungen mit Wert = 1 |
|--|------------|--------------------|---------|---------|--------------------|----------------------------|
| | In % | | | | | |
| Anteil der Beschäftigten | | | | | | |
| Mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss | 4,3 | 8,9 | 0 | 84,2 | 49,2 | 0,0 |
| Ohne Universitäts- oder Fachhochschulabschluss | 95,6 | 8,9 | 15,7 | 100,0 | 0,0 | 49,2 |
| Anteil der Investitionen in Computer-Hardware | | | | | | |
| 2000 | 15,9 | 23,7 | 0 | 1 | 24,4 | 1,7 |
| 1998 | 14,8 | 23,1 | 0 | 1 | 24,2 | 1,6 |
| Innovationsaufwendungen in Relation zum Umsatz | 2,1 | 10,7 | 0 | 1 | 59,7 | 0,0 |

Q: CIS III, WIFO-Berechnungen. Ungewichtete Mittelwerte auf Basis der Stichprobe (Zahl der Beobachtungen: 1.206).

Der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss beträgt im ungewichteten Durchschnitt der Stichprobe 4,3%. Eine Auswertung auf Basis der Mikrozensus-Daten ergibt für die entsprechende Branchenabgrenzung eine Hochqualifiziertenquote von 6,3% im Jahr 2000. Unter Berücksichtigung des Schichtungsplans sollte die Qualifikationsstruktur der Stichprobe mit den entsprechenden Werten des Mikrozensus übereinstimmen²⁾. Der Anteil der Investitionen in Computer-Hardware an den Gesamtinvestitionen beträgt durchschnittlich 15,9% im Jahr 2000 und 14,8% im Jahr 1998. Die durchschnittliche Innovationsintensität liegt bei 2,1%.

Investitionen in Computer-Hardware werden in allen Branchen getätigt. Dies verdeutlicht den Querschnittscharakter der Informations- und Kommunikationstechnologien. Dennoch ist der Anteil der Computer-Investitionen in den einzelnen Branchen teils sehr unterschiedlich groß (Übersicht 2). In der Datenverarbeitung und Telekommunikation sowie in den humankapitalintensiven Dienstleistungsbranchen (z. B. technische Dienstleistungen) ist er höher als im verarbeitenden Gewerbe oder im Be-

²⁾ Bislang stehen keine Gewichtungsfaktoren für die kontinuierlichen Variablen zur Verfügung.

reich Transport und Verkehr. Auch Banken und Versicherungen, der Großhandel und technische Dienstleister investieren mit 20% und darüber überdurchschnittlich viel in Computer-Hardware.

Übersicht 2: Akademikerquote, Computerinvestitionsquote und Innovationsintensität nach Branchen

2000

| | Anteil der Beschäftigten mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss | Anteil der Investitionen in Computer-Hardware | Innovationsaufwendungen in Relation zum Umsatz |
|---|--|---|--|
| | | In % | |
| Bergbau | 2,7 | 3,7 | 0,2 |
| Nahrungsmittel | 1,3 | 7,3 | 1,6 |
| Textil, Bekleidung, Leder | 2,1 | 12,4 | 2,0 |
| Holz, Papier, Druck, Verlage | 1,7 | 8,2 | 4,8 |
| Chemie, Gummi, Mineralöl | 6,3 | 5,8 | 4,7 |
| Glas, Steinwaren | 1,7 | 5,2 | 1,3 |
| Metallerzeugung und -bearbeitung | 3,1 | 6,9 | 1,6 |
| Maschinenbau | 2,3 | 10,2 | 2,9 |
| Elektrotechnik | 4,5 | 9,0 | 6,7 |
| Fahrzeugbau | 4,1 | 5,7 | 3,1 |
| Sonstige Sachgüter | 0,6 | 7,3 | 1,2 |
| Versorgungsunternehmen | 3,0 | 4,8 | 0,2 |
| Großhandel | 4,8 | 22,5 | 0,5 |
| Transport und Verkehr | 2,1 | 9,1 | 1,2 |
| Banken und Versicherungen | 5,3 | 23,2 | 0,7 |
| Datenverarbeitung und Telekommunikation | 18,2 | 47,6 | 6,9 |
| Technische Dienstleistungen | 31,3 | 30,3 | 34,6 |

Q: CIS III, WIFO-Berechnungen. Ungewichtete Mittelwerte auf Basis der Stichprobe (Zahl der Beobachtungen: 1.206).

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen der Akademikerquote und dem Anteil der Computerinvestitionen im Jahr 2000

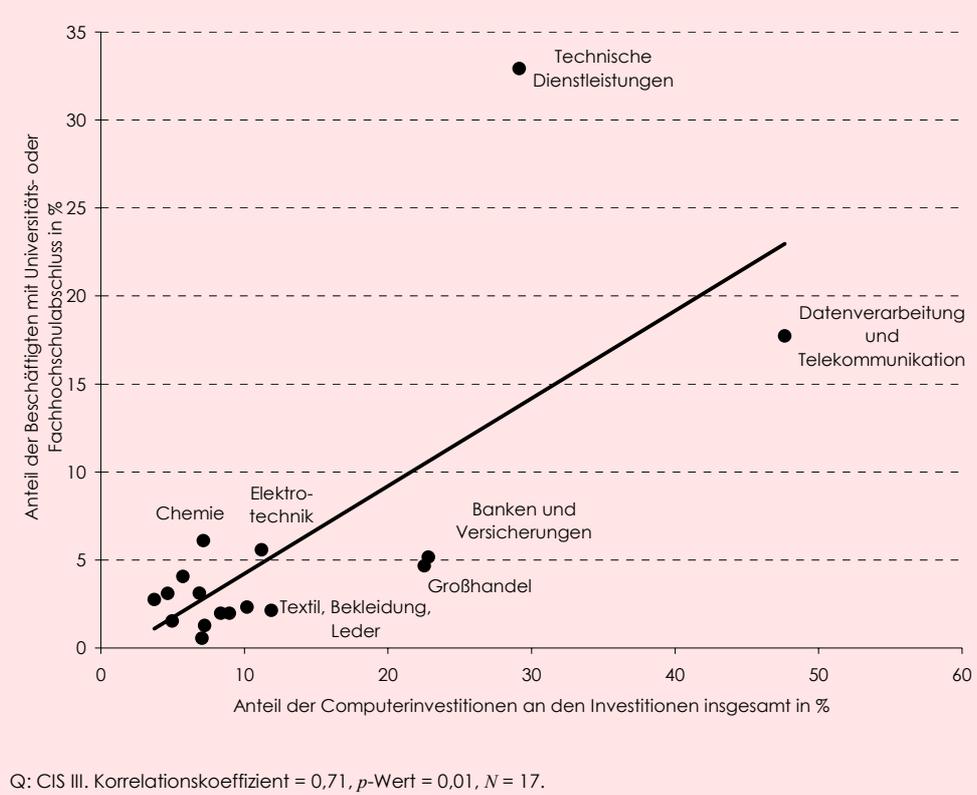


Abbildung 1 stellt die Akademikerquote und den Anteil der Computer-Investitionen gegenüber. Demnach besteht ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen den

beiden Variablen. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Akademikerquote und dem Anteil der Computer-Investitionen auf Basis von 17 Branchenbeobachtungen beträgt 0,71 und ist hochsignifikant ($p = 0,01$). Allerdings ist diese Korrelation nur schwach signifikant (Signifikanzniveau 10%), wenn man die zwei Branchen mit dem höchsten Anteil der Computer-Investitionen (technische Dienstleistungen sowie Datenverarbeitung und Telekommunikation) ausschaltet (Korrelationskoeffizient von 0,44, $p = 0,10$).

Zu den innovationsintensiven Branchen zählen in Österreich Datenverarbeitung und Telekommunikation, technische Dienstleistungen, Elektrotechnik sowie Holz, Papier, Druck, Verlage (Übersicht 2). In den Bereichen Energie- und Wasserversorgung, Großhandel, Banken und Versicherungen ist die Innovationsintensität erwartungsgemäß gering. Die Qualifikationsstruktur unterscheidet sich ebenfalls deutlich von Branche zu Branche. Im Bereich Datenverarbeitung und Telekommunikation haben 18% der Beschäftigten einen Universitäts- oder Fachhochschulabschluss, in den technischen Dienstleistungen beträgt die Akademikerquote sogar 31%. Zwischen der Innovationsintensität und der Akademikerquote besteht ein positiver Zusammenhang – der Korrelationskoeffizient beträgt 0,50, das Ergebnis ist signifikant auf dem 1%-Niveau.

Übersicht 3 gibt die Schätzergebnisse für den Zusammenhang zwischen dem Anteil der Computer-Investitionen und der Akademikerquote wieder. Die Koeffizienten messen jeweils die Effekte der erklärenden Variablen auf die latente zu erklärende Variable. Wie in allen Tobit-Modellen sind jedoch für die Interpretation der Effekte der erklärenden Variablen nicht die Koeffizienten entscheidend, sondern die marginalen Effekte. Sie werden berechnet durch Multiplikation der Koeffizienten mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Beschäftigungsanteil größer als 0 bzw. kleiner als 1 ist. Da diese Wahrscheinlichkeit für jede Beobachtung unterschiedlich ist, sollte sie nicht in einer Tabelle, sondern graphisch dargestellt werden. Aus Platzgründen werden die marginalen Effekte hier mit der mittleren Wahrscheinlichkeit für Beschäftigte mit Hochschulabschluss (0,52) berechnet. Anschließend werden sie in Elastizitäten umgeformt. Diese Elastizitäten sind als Prozentveränderung der Beschäftigungsanteile in der Folge einer Veränderung des Anteils der Computer-Investitionen zu verstehen und wurden mit dem Mittelwert der Variablen berechnet.

Die in Übersicht 3 zusammengestellten Ergebnisse zeigen einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen der Akademikerquote und dem Anteil der Computer-Investitionen (Signifikanzniveau 1%). Die Innovationsintensität hat ebenfalls einen signifikanten positiven Einfluss auf die Akademikerquote³⁾. Dementsprechend hat die Innovationsintensität einen signifikant negativen Einfluss auf den Anteil der Beschäftigten ohne Hochschulabschluss.

Hier stellt sich jedoch die Frage, ob die Richtung der Kausalität eindeutig ist. Die Effekte dürften in beide Richtungen wirken. So könnte der hohe Anteil der Computer-Investitionen 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 2001 verwendet wurden, nicht möglich, sondern erfordern Paneldatenanalysen. Nach Untersuchungen für andere Länder wird die Adoption von Informations- und Kommunikationstechnologien von der Humankapitalausstattung und vielen anderen Faktoren beeinflusst (Gretton – Gali – Parham, 2002, und Hollenstein, 2002, für die Schweiz). Insgesamt dominiert jedoch die Einschätzung der Kausalität von Computer-Investitionen auf Humankapital.

Unabhängig von der Frage nach der Kausalität bestätigen die Ergebnisse die eingangs angeführte Hypothese, dass hochqualifizierte Arbeitskräfte komplementär zu Computer-Investitionen stehen. Im Gegensatz dazu sind sowohl mittelqualifizierte als auch geringqualifizierte Arbeitskräfte durch Computer-Investitionen substituierbar.

³⁾ Der Koeffizient für die Innovationsintensität reagiert recht empfindlich auf Ausreißer. So hat der Ausschluss der drei Unternehmen mit der höchsten Innovationsintensität eine Verdopplung des Koeffizienten zur Folge.

Empirische Ergebnisse

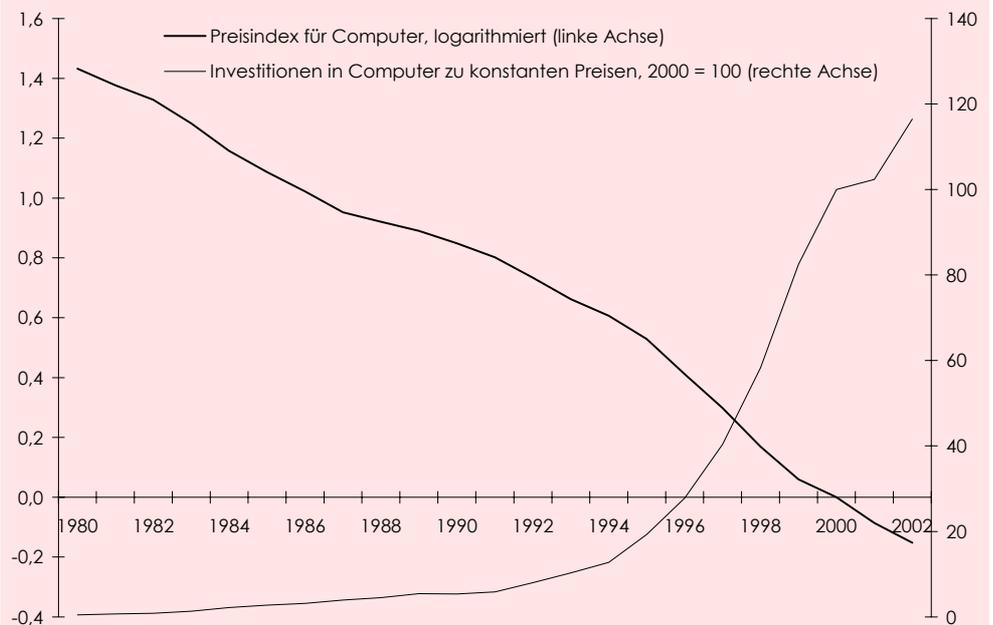
Übersicht 3: Bestimmungsfaktoren der Akademikerquote (Tobit-Schätzung)

| | Koeffizient | t-Wert |
|--|-------------|--------|
| Anteil der Investitionen in Computer-Hardware 2000 | 0,09 | 4,38 |
| Anteil der Investitionen in Computer-Hardware 1998 | 0,07 | 3,36 |
| Innovationsaufwendung in Relation zum Umsatz 2000 | 0,14 | 3,69 |
| Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe (ja/nein) | 0,04 | 4,00 |
| Zwischen 1998 und 2000 neu gegründetes Unternehmen (ja/nein) | 0,02 | 0,83 |
| Gültiges Patent (ja/nein) | 0,03 | 2,81 |
| Beschäftigtengrößenklassen | | |
| 20 bis 49 | 0,03 | 2,90 |
| 50 bis 249 | 0,07 | 5,96 |
| Über 250 | 0,10 | 7,08 |
| Konstante | - 0,14 | - 6,84 |
| <i>Elastizitäten¹⁾</i> | | |
| Anteil der Investitionen in Computer-Hardware 2000 | 0,17 | |
| Anteil der Investitionen in Computer-Hardware 1998 | 0,12 | |
| Innovationsaufwendung in Relation zum Umsatz 2000 | 0,035 | |

Q: CIS III, WIFO-Berechnungen. – ¹⁾ Elastizitäten der beobachteten Beschäftigungsanteile bezogen auf die Indikatoren. Zahl der Beobachtungen 1.206

Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen dem Anteil der Computer-Investitionen und der Akademikerquote jedoch nicht sehr eng. Für Hochschulabsolventen beträgt die Elastizität 0,17 in Bezug auf die Computer-Investitionen im Jahr 2000 und 0,12 für die Ausgaben 1998: Ein Unternehmen mit einem um 10% höheren Anteil der Computer-Investitionen weist demnach einen um 1,7% höheren Anteil an Hochschulabsolventen auf. Ausgehend von einem durchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss von 4,3% (ungewichtet) würde der Anteil dann bei 4,4% liegen. Die Elastizität des Beschäftigtenanteils der Hochschulabsolventen in Bezug auf die Innovationsintensität liegt bei 0,035 und ist damit deutlich kleiner als die entsprechende Elastizität für den Anteil der Computer-Investitionen.

Abbildung 2: Preisindex für Computer und Investitionen in Computer in den USA



Q: Bureau of Economic Analysis, National Income and Product Accounts (NIPA), Table 5.3.4.; WIFO-Berechnungen.

Darüber hinaus sind der Besitz von gültigen Patenten, die Unternehmensgröße und die Zugehörigkeit zu einer Unternehmensgruppe wichtige Bestimmungsfaktoren der

Qualifikationsstruktur. Unternehmen mit gültigen Patenten haben im Durchschnitt einen um rund 2% höheren Anteil von Beschäftigten mit Hochschulabschluss.

Insgesamt sind die Effekte der Innovationsausgaben auf die Akademikerquote nicht sehr hoch. Eine Ursache könnte in der Multikollinearität der einzelnen Innovationsindikatoren liegen. Die Koeffizienten der Korrelation zwischen Innovationsausgaben, Verfügbarkeit von Patenten und Anteil der Computer-Investitionen sind jedoch sehr klein und teilweise nicht signifikant⁴⁾.

Der Einsatz von Computern ist heute vor allem im Dienstleistungssektor (z. B. im Büro- und Verwaltungsbereich) selbstverständlich. Während diese neuen Technologien einerseits zur sinnvollen Rationalisierung von Arbeitsabläufen und zur Befreiung von Routinetätigkeiten beitragen, bergen sie auch eine gewisse Bedrohung: Durch Investitionen in Computer und andere Informations- und Kommunikationstechnologien werden mechanisierbare Routinetätigkeiten eingespart und durch höherwertige Tätigkeiten abgelöst. Damit steigen die Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitskräfte, und Unternehmen mit einem erhöhten Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien werden relativ mehr qualifizierte Arbeitskräfte beschäftigen.

Zur Überprüfung dieser Vermutung wurde eine empirische Analyse auf Basis des "Community Innovation Survey III" für das Jahr 2001 durchgeführt. Als Indikator für den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien eignet sich der Anteil der Computer-Investitionen im laufenden Jahr sowie zwei Jahre zuvor. Überprüft wird der Effekt auf den Anteil der Beschäftigten mit Universitäts- oder Fachhochschulabschluss.

Die empirischen Ergebnisse auf Basis von Tobit-Modellen bestätigen, dass Unternehmen einem höheren Anteil der Computer-Investitionen relativ mehr hochqualifizierte Arbeitskräfte beschäftigen. Dagegen scheint ein höherer Anteil der Computer-Investitionen den Beschäftigungsanteil von mittel- und geringqualifizierten Arbeitskräften zu dämpfen. Die Innovationsintensität hat ebenfalls einen signifikanten positiven Einfluss auf die Akademikerquote. Insgesamt sind diese Effekte jedoch relativ klein: Ein Anstieg des Anteils der Computer-Investitionen um 10% erhöht den Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss um durchschnittlich 1,7%.

Vor dem Hintergrund der beschleunigten Diffusion von Informations- und Kommunikationstechnologien könnten sich die Arbeitsmarktchancen von Personen ohne Hochschulabschluss weiter verschlechtern. Da der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien positive Produktivitätseffekte hat, stellt sich damit jedoch ein Anpassungsproblem, das durch die Verteilung eines Teils der Produktivitätssteigerungen gemildert/gelöst werden kann. Die Wirtschaftspolitik sollte deswegen Maßnahmen zur Erweiterung der Humankapitalbasis setzen.

Die vorliegende Studie berücksichtigt nur die Innovationsausgaben und gültige Patente als Innovationsindikator. Als Gegenstand weiterer Forschung zu diesem Thema wäre es aber denkbar und hilfreich, auch andere Innovationsindikatoren zu verwenden. Die österreichische Innovationserhebung enthält eine Vielzahl von weiteren Innovationsindikatoren, etwa auch zum Innovationsoutput. Da Innovationsindikatoren untereinander stark korreliert sind, bietet sich die Verwendung eines Gesamtinnovationsindikators an (Hollenstein, 1996).

Acemoglu, D., "Technical Change, Inequality, and the Labor Market", *Journal of Economic Literature*, 2002, 40, S. 7-72.

Arvanitis, S., Donzé, L., Hollenstein, H., Marmet, D., Staib, D., Technologischer und organisatorischer Wandel, Qualifikationserfordernisse und ihre Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit von Unternehmen, Schlussbericht zum Projekt 5004-058446 (Phase II), Schwerpunktprogramm "Zukunft der Schweiz", Modul "Arbeitswelt", Zürich, 2003.

⁴⁾ Bei hoher Multikollinearität wäre zu prüfen, ob die untereinander eng zusammenhängenden Variablen möglicherweise das Gleiche messen. In diesem Fall Variable aus dem Modell entfernt oder mehrere Innovationsindikatoren zu einem Innovationsindex zusammengefasst werden (Hollenstein, 1996).

Zusammenfassung

Literaturhinweise

- Bartel, A., Lichtenberg, F., "The Comparative Advantage of Educated Workers in implementing New Technology", *Review of Economics and Statistics*, 1987, 69(1), S. 1-11.
- Bresnahan, T., "Computerization and Wage Dispersion: An Analytical Reinterpretation", *The Economic Journal*, 1999, 109, S. 390-415.
- Bresnahan, T., Brynjolfsson, E., Hitt, L., "Information Technology, Workplace Organization and the Demand for Skilled Labor: Firm-level Evidence", *Quarterly Journal of Economics*, 2002, 117(1), S. 339-376.
- Chennells, L., Van Reenen, J., "Has Technology hurt less Skilled Workers? An Econometric Survey of the Effects of Technical Change on the Structure of Pay and Jobs", Institute for Fiscal Studies, IFS Working Paper, 1999, (27).
- Czerny, M., Falk, M., Schwarz, G., "Erholung der Investitionen, aber zurückhaltende Pläne in der Sachgüterzeugung, Ergebnisse des WIFO-Investitionstests vom Herbst 2003", *WIFO-Monatsberichte*, 2004, 76(2), S. 139-147, http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo_search.get_abstract_type?p_language=1&pubid=24858.
- Doms, M., Dunne, T., Thomas, A., Troske, K. R., "Workers, Wages, and Technology", *Quarterly Journal of Economics*, 1997, 112(1), S. 253-290.
- Dostal, W., "Die Informatisierung der Arbeitswelt – Ein erster Blick auf die Ergebnisse der BIBB/IAB Erhebung 2000", in Dostal, W., Jansen, R., Parmentier, K. (Hrsg.), "Wandel der Erwerbsarbeit – Arbeitssituation, Informatisierung, berufliche Mobilität und Weiterbildung", *Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 2000, (231), S. 151-167.
- Falk, M., Leo, H., *Die Innovationsaktivitäten der österreichischen Unternehmen. Empirische Analysen auf Basis der Europäischen Innovationserhebung 1996 und 2000, Studie des WIFO im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Wien, 2003.*
- Goldin, C., Katz, L. F., "The Origins of Technology-Skill Complementarity", *Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113, S. 693-732.
- Gretton, P., Gali, J., Parham, D., "Uptake and Impacts of ICT in the Australian Economy: Evidence from Aggregate, Sectoral and Firm Levels", *Beitrag zum "OECD Workshop on ICT and Business Performance"*, Paris, 2002.
- Hofer, H., Riedel, M., "Computer Use and the Wage Structure in Austria", *Institut für Höhere Studien, Working Paper, Economics Series*, 2003, (147).
- Hollenstein, H., "A Composite Indicator of a Firm's Innovativeness. An Empirical Analysis Based on Survey Data for Swiss Manufacturing", *Research Policy*, 1996, 25, S. 633-645.
- Hollenstein, H., "Determinants of the Adoption of Information and Communication Technologies (ICT): Empirical Analysis Based on Firm-level Data for the Swiss Business Sector", *KOF-Arbeitspapiere*, 2002, (60).
- Jacobebbinghaus, P., Zwick, T., "New Technologies and the Demand for Medium-qualified Labor in Germany", *Schmollers Jahrbuch*, 2002, 122(2), S. 179-206.
- Jorgenson, D. W., Stiroh, K. J., "Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age", *Brookings Papers on Economic Activity*, 2000, (1), S. 125-211.
- OECD, *OECD Information Technology Outlook 2002*, Paris, 2002.
- Pischner, R., Wagner, G. G., Haisken-DeNew, J., "Computer- und Internetnutzung hängen stark von Einkommen und Bildung ab – Geschlechtsspezifische Nutzungsunterschiede in der Freizeit besonders ausgeprägt", *DIW-Wochenbericht*, 2000, 76(41), S. 670-676.
- Ronning, G., "Share Equations in Econometrics. A Story of Repression, Frustration and Dead Ends", *Statistical Papers*, 1992, 33, S. 307-334.
- Siegel, D., "The Impact of Technological Change on Employment: Evidence From a Firm-Level Survey of Long-Island Manufacturers", *Economics of Innovation and New Technology*, 1998, 5(2) S. 227-246.
- Zwick, T., "Beschäftigungsmöglichkeiten von Fachkräften mit dualer Ausbildung in informationsintensiven Dienstleistungsunternehmen", *Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung*, 2001, 34, S. 74-81.

Employment of High-skilled Labour, Computer Investment and Innovation Expenditures

Speed-up of Technological Change – Summary

This paper analyses the link between the high-skilled employment share proxied by university graduates and the level of investment in information and communication technologies (ICT) as a percentage of total investment. The analysis is based on a survey of 1,000 Austrian firms in 2000. To account for firms which do not employ university graduates we apply a standard Tobit model. The empirical evidence indicates that firms with a higher ICT investment ratio employ a larger fraction of high-skilled workers. Finally, we find that innovation expenditures and the existence of patents are also important determinants explaining the high-skilled labour share.