

Elstner, Steffen; Grimme, Christian; Kecht, Valentin; Lehmann, Robert

Article

Produktivitätseffekte durch Informations- und Kommunikationstechnologien in Deutschland

ifo Schnelldienst

Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

Suggested Citation: Elstner, Steffen; Grimme, Christian; Kecht, Valentin; Lehmann, Robert (2022) : Produktivitätseffekte durch Informations- und Kommunikationstechnologien in Deutschland, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 75, Iss. 12, pp. 25-31

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/272079>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Steffen Elstner, Christian Grimme, Valentin Kecht und Robert Lehmann*

Produktivitätseffekte durch Informations- und Kommunikationstechnologien in Deutschland

»Die Digitalisierung ist überall zu sehen, nur nicht in den Produktivitätsstatistiken«, wird Robert Solows Produktivitätsparadoxon von 1987 häufig zitiert. In den letzten 35 Jahren haben die digitale Revolution und die damit einhergehende Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) zu tiefgreifenden Veränderungen in der Arbeitsweise der Unternehmen geführt. Die empirische Forschung zu den Auswirkungen dieser Innovationen auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität kam bisher jedoch zu keinem eindeutigen Ergebnis. Ungeklärt bleibt vor allem die Frage, ob technische Neuerungen in den IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen zu zusätzlichen Innovationen oder Produktivitätssteigerungen in anderen Wirtschaftsbereichen, sogenannten »Übertragungseffekten« (»spillover«), geführt haben. Auch theoretisch ist die Existenz solcher Übertragungseffekte nicht eindeutig. Aus Sicht der neoklassischen Wachstumstheorie verringern Innovationen im IKT-Bereich den Preis der dort entstehenden Waren und Dienstleistungen relativ zu anderen Waren und Dienstleistungen. Dadurch erhöht sich der Anreiz für die anderen Wirtschaftsbereiche, verstärkt in IKT zu investieren, so dass die Kapitalintensität der Produktion steigt. Allerdings impliziert das nicht, dass es in der Folge zu weiteren Innovationen in den anderen Wirtschaftsbereichen kommt (Totale Faktorproduktivität, TFP).¹ Dagegen argumentieren andere Theorien, dass es sich bei IKT um eine sogenannte »Basistechnologie« (»general purpose technology«) handelt. Basistechnologien zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Reihe von nachfolgenden Innovationen hervorrufen. Prominente Beispiele für solche Basistechnologien sind die Dampfmaschine oder die Elektrizität.

In einem neuen Artikel untersuchen wir die Existenz solcher Übertragungseffekte für Deutschland (Elstner et al. 2022). Um die Ergebnisse kausal interpretieren zu können, haben wir ein zweistufiges Verfahren entwickelt. Im ersten Schritt spezifizieren wir ein Vektorautoregressives (VAR-)Modell, um die

* Steffen Elstner, Bundesrechnungshof; Christian Grimme, Webasto; Valentin Kecht, Universität Bonn; Robert Lehmann, ifo Institut.

¹ Abzugrenzen von Innovationen oder Produktivitätssteigerungen und damit Änderungen der TFP sind Änderungen in der Arbeitsproduktivität. Bei der Arbeitsproduktivität handelt es sich um das Verhältnis aus Wertschöpfung zu Arbeitsvolumen. Diese kann sich auch in der neoklassischen Theorie in Folge von technischen Neuerungen im IKT-Bereich erhöhen.

IN KÜRZE

Wie haben sich Innovationen bei Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf die gesamtwirtschaftliche Produktivität in Deutschland ausgewirkt? Dieser Artikel zeigt, dass die Innovationstätigkeit im IKT-Bereich während der 2000er Jahre besonders ausgeprägt war und zu weitreichender Technologiediffusion führte. Jedoch materialisierten sich die Produktivitätssteigerungen in anderen Wirtschaftsbereichen erst ab dem Ende der 2000er Jahre. Dieses Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass Unternehmen Zeit zur Umstellung ihrer Produktionsprozesse benötigten und sich somit erst mit Verzögerung Produktivitätsgewinne eingestellt haben. Mit Hilfe der ifo Investorenrechnung wird zudem auf die Bedeutung des Leasings bei der Messung dieser Effekte hingewiesen, die ohne dessen Berücksichtigung überschätzt werden.

exogene Komponente des technischen Fortschritts im IKT-Bereich zu messen und diese von anderen Einflüssen zu trennen. Im zweiten Schritt schätzen wir mit Hilfe einer Reihe von Regressionsmodellen, inwiefern sich diese exogenen Kräfte auf die Produktivität in anderen Wirtschaftsbereichen ausgewirkt haben. Unsere Ergebnisse zeigen, dass es in Deutschland solche Übertragungseffekte auf andere Wirtschaftsbereiche, also zusätzliche TFP-Effekte, gibt. Allerdings kam es dazu vor allem erst im Nachgang der globalen Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/2009.

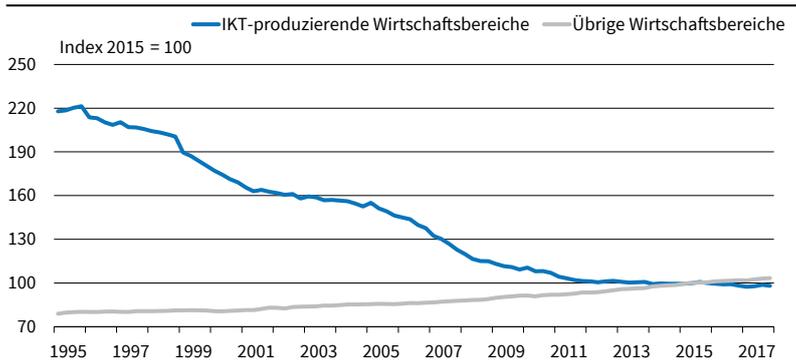
EXOGENER TECHNISCHER FORTSCHRITT BEI DEN INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIEN

Um Übertragungseffekte des IKT-Wirtschaftsbereichs auf andere Bereiche abschätzen zu können, müssen wir zunächst diejenigen Schwankungen des technischen Fortschritts im IKT-Bereich identifizieren, die ausschließlich in diesem Bereich entstehen. Solche exogenen Kräfte werden gemeinhin als Technologieschocks bezeichnet. Da wir uns auf einen besonderen Wirtschaftsbereich fokussieren, bezeichnen wir diese exogenen Kräfte im Folgenden als IKT-Schocks.

Abb. 1

Deflatoren der Bruttowertschöpfung

Saison- und kalenderbereinigte Werte



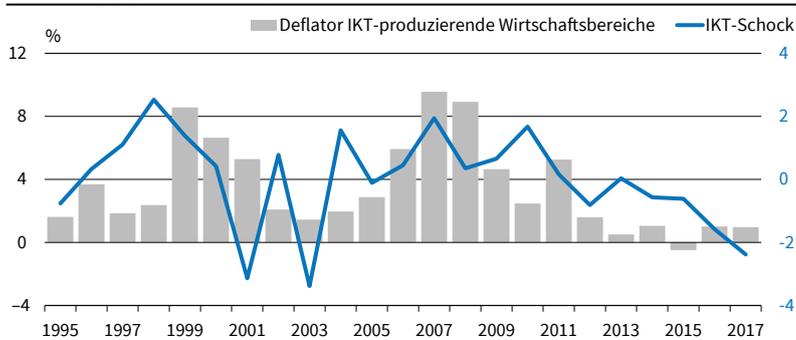
Quelle: Statistisches Bundesamt; Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

Abb. 2

IKT-Deflator und IKT-Schocks^a

Veränderung gegenüber dem Vorjahr



^a Veränderung des Deflators multipliziert mit -1.

Quelle: Statistisches Bundesamt; Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

Um unsere Ergebnisse später kausal interpretieren zu können, müssen die IKT-Schocks die folgenden drei Bedingungen erfüllen (Ramey 2016). Erstens sollte es sich um exogene Schocks handeln, die unabhängig von anderen technologischen Neuerungen und sonstigen makroökonomischen Einflüssen (wie z. B. der aktuellen wirtschaftlichen Lage) sind. Zweitens dürfen IKT-Schocks nicht mit anderen Schocks, wie z. B. fiskal- oder geldpolitischen Maßnahmen, korrelieren. Und drittens muss es sich bei den IKT-Schocks entweder um nicht durch Marktteilnehmer antizipierte Änderungen der Technologie (»surprise shocks«), um bekannte technologische Neuerungen, deren Entwicklungszeitpunkt aber unklar ist (»news shocks«), oder um eine Kombination aus beidem handeln. Nachfolgend wird aufgezeigt, wie wir solche exogenen Kräfte aus den Daten für Deutschland extrahieren.

Der Identifikation von IKT-Schocks liegt ein VAR-Modell zugrunde, das zunächst Produktivitätsschwankungen von gleichzeitigen und vergangenen Einflüssen anderer makroökonomischer Variablen bereinigt. Im Anschluss verwenden wir den Preis von IKT-Gütern und -Dienstleistungen relativ zu allen anderen Gütern und Dienstleistungen der deutschen Wirtschaft, um IKT-Schocks von anderen technologischen Neuerungen zu isolieren. Dieser Relativpreis ist

definiert als das Verhältnis der Deflatoren der Bruttowertschöpfung der IKT-produzierenden Wirtschaftsbereiche zu allen übrigen Wirtschaftsbereichen.

Dieser Identifikationsansatz beruht auf der Idee, dass sich Produktivitätssteigerungen im IKT-Bereich in sinkenden Preisen für IKT-Güter und -Dienstleistungen niederschlagen. Da die Produktion und damit auch die Preise in den anderen Wirtschaftsbereichen davon nicht unmittelbar tangiert sein sollten, kommt es im Nachgang der Produktivitätssteigerungen im IKT-Bereich zu einem Rückgang des Relativpreises. Dieses Phänomen kann in der Tat seit 1995 in Deutschland beobachtet werden (vgl. Abb. 1). So ist das Preisniveau der IKT-produzierenden Wirtschaftsbereiche seit Mitte der 1990er Jahre stark gefallen, während im gleichen Zeitraum die Preise in den übrigen Wirtschaftsbereichen langsam, aber kontinuierlich gestiegen sind. Setzt man beide Deflatoren ins Verhältnis, wird deutlich, dass der Relativpreis im Zeitraum 1995 bis 2017 beständig gesunken ist.²

Auf Basis dieser theoretischen Überlegungen extrahieren wir mittels des VAR-Modells eine Zeitreihe von jährlichen, exogenen IKT-Schocks; für technische Details sei an dieser Stelle auf Elstner et al. (2022) verwiesen. Ein Vergleich der Zuwachsraten des IKT-Deflators und der IKT-Schocks zeigt, dass sich beide Variablen sehr ähnlich über die Zeit hinweg entwickeln (vgl. Abb. 2).³ Insbesondere die positiven IKT-Schocks Ende der 1990er Jahre und in den Jahren 2006 und 2007 waren mit starken Preisrückgängen bei IKT-Gütern und -Dienstleistungen verbunden. Umgekehrt zeigen sich Anfang der 2000er Jahre und nach 2011 überwiegend negative IKT-Schocks sowie geringe Zuwachsraten des Deflators.

Die weitere Zerlegung unseres IKT-Schocks offenbart, dass der Schock tendenziell eine Kombination aus »news«- und »surprise«-Komponente ist, wobei die Korrelation mit der »news«-Komponente etwas ausgeprägter ausfällt. Diese Unterscheidung ist relevant, weil »news shocks« im Gegensatz zu »surprise shocks«, die als angebotsseitiges Phänomen interpretiert werden können, auf der Nachfrageseite wirken. Positive Nachrichten über technologische Neuerungen führen durch Veränderungen in den Erwartungen der Unternehmen zu erhöhten Investitionen und damit stärkerem Wirtschaftswachstum. Unsere Ergebnisse unterstreichen somit explizit die Bedeutung von nachfrageseitigen Erwartungen bei der Modellierung von Technologieschocks im IKT-Bereich.

² Eine Besonderheit des Bereichs IKT ist die dort seit 2003 zur Anwendung kommende hedonische Preismessung (Ademmer et al. 2017). Dabei werden die Preise von IKT-Gütern (z. B. PCs oder diverser Komponenten) mittels Regressionsanalysen um Qualitätsänderungen bereinigt. Produktivitätssteigerungen, die beispielsweise die Produktion schnellerer Prozessoren erlauben, führen somit selbst bei einem unveränderten Preisniveau der Endgeräte zu einer Verringerung des IKT-Deflators.

³ Aufgrund des negativen Zusammenhangs zwischen den beiden Variablen (ein positiver IKT-Schock führt zu einem Preisrückgang), wurde der Zuwachs des Deflators zur besseren Visualisierung vorab mit -1 multipliziert.

**ZUSÄTZLICHE DATEN UND MODELLIERUNG
DER ÜBERTRAGUNGSEFFEKTE**

Die Exogenität der IKT-Schocks ermöglicht es uns, die Effekte von Innovationen im IKT-Bereich auf die Innovationstätigkeit in anderen Wirtschaftsbereichen, gemessen anhand der TFP, zu analysieren. Da es sich bei der TFP um eine unbeobachtbare Größe handelt, konstruieren wir diese unter Verwendung von Daten des Statistischen Bundesamtes und der EU-KLEMS-Datenbank (O'Mahoney und Timmer 2009). Hierfür spezifizieren wir eine Produktionsfunktion mit den Inputfaktoren Kapital und Arbeit. Derjenige Teil des Wachstums der Bruttowertschöpfung, der nicht durch Zuwächse in diesen beiden Faktoren erklärt werden kann, wird als TFP definiert. Zusätzlich verknüpfen wir die Daten des Statistischen Bundesamtes und von EU KLEMS mit den Angaben aus der ifo Investorenrechnung (ifo Institut 2016).

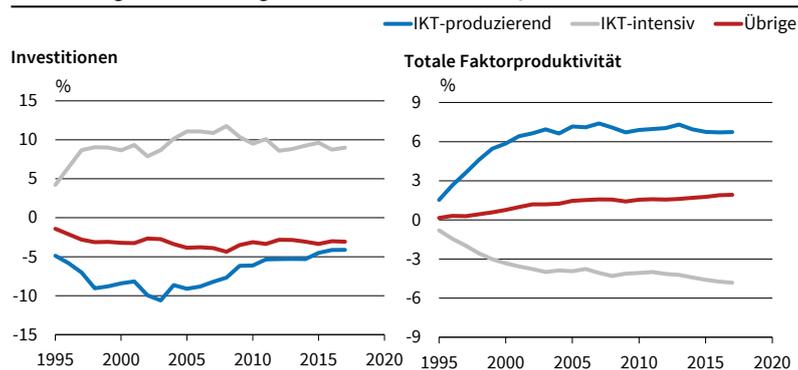
Die finalen TFP-Daten liegen für 33 Wirtschaftsbereiche vor, die wir – in der Abgrenzung von Stiroh (2002) – nachfolgend in drei Gruppen einteilen. Die erste Gruppe beschränkt sich auf die Produzenten von IKT-Gütern und -Dienstleistungen (IKT-produzierende Wirtschaftsbereiche). Gruppe 2, IKT-intensive Wirtschaftsbereiche, umfasst jene Wirtschaftsbereiche, deren IKT-Kapitalstock im Verhältnis zu ihrem gesamten Kapitalstock über dem Medianwert der gesamten Wirtschaft liegt. Die dritte Gruppe beinhaltet alle übrigen Wirtschaftsbereiche.

Gegenüber den Angaben aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) bringen die Investitionsdaten des ifo Instituts mehrere Vorteile mit sich, mit denen wir bei der Berechnung der TFP nicht nur die Quantität der eingesetzten Inputfaktoren, sondern auch deren Qualität besser berücksichtigen können. Neben der präziseren Messung von Investitionen und Deflatoren, sowohl nach Asset-Typen als auch Wirtschaftsbereichen, ist vor allem die Unterscheidung der Investitionen nach dem Eigentümer- und Nutzerkonzept hervorzuheben. Die Investitionsdaten nach den beiden Konzepten unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Besitzstruktur voneinander. Nach dem Eigentümerkonzept werden alle durch Leasing finanzierten Investitionen dem Leasingsektor (»Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen«) zugeordnet, während sie nach dem Nutzerkonzept denjenigen Wirtschaftsbereichen angerechnet werden, die sie tatsächlich bei der Produktion einsetzen.

Für die Messung der TFP überschätzen folglich die Investitionsdaten nach dem Eigentümerkonzept die ökonomisch relevanten Investitionen des Bereichs, in dem die Leasing-Unternehmen angesiedelt sind, während sie in den anderen Wirtschaftsbereichen, ceteris paribus, unterschätzt werden. Abbildung 3 zeigt links die prozentuale Abweichung der Investitionen zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept, separat für die drei Gruppen von Wirtschaftsbereichen. Da der Leasingsektor zu den IKT-intensiven Wirtschafts-

Abb. 3

Abweichungen zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept^a



^a Prozentuale Abweichung zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept.
Quelle: Statistisches Bundesamt; ifo Investorenrechnung; Berechnungen der Autoren. © ifo Institut

bereichen gehört, ist eine positive Differenz für diese Gruppe beobachtbar. Für die anderen beiden Gruppen zeigt sich eine deutlich negative Abweichung der Investitionen nach beiden Messkonzepten.

Folglich hat die verbesserte Messung von Investitionen direkte Auswirkungen auf die Berechnung der TFP. Grund dafür ist, dass höhere ausgewiesene Investitionen einen höheren Kapitalstock implizieren und damit – bei gegebener Produktion – eine niedrigere TFP. Die herkömmlichen Vorgehensweisen auf Basis der EU-KLEMS-Daten unterschätzen demnach die TFP der IKT-intensiven Branchen drastisch, während sie die TFP aller anderen Wirtschaftsbereiche als zu hoch ausweisen (vgl. Abb. 3 rechts). Diese Abweichungen belaufen sich auf bis zu 7% für die IKT-produzierenden Wirtschaftsbereiche und 5% für die IKT-intensiven Wirtschaftsbereiche.

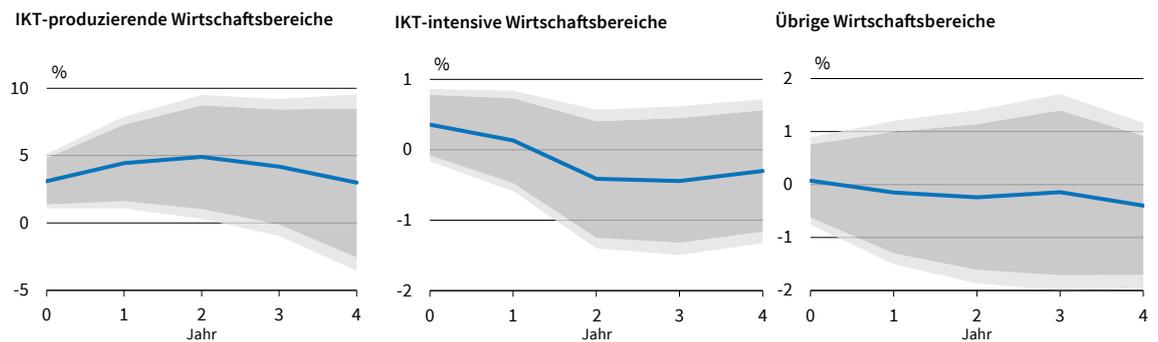
Die Übertragungseffekte der IKT-Schocks auf die TFP quantifizieren wir separat für die drei Gruppen mittels »Lokaler Projektionen« (»local projections«, Jordá 2005). Diese Methode erzeugt Impuls-Antwort-Folgen, indem die abhängige Variable in Wachstumsraten über verschiedene Zeithorizonte hinweg auf eine exogene Schockreihe regressiert wird. Inhaltlich bedeutet das, dass wir den kausalen Effekt eines IKT-Schocks auf die TFP im laufenden und in den folgenden Jahren schätzen. Beispielsweise kann es einige Zeit für Unternehmen in Anspruch nehmen, ihren Produktionsprozess auf die neuen Umstände hin umzugestalten, bevor es zu weiteren Innovationen kommen kann. Dies ist ein wichtiger Vorteil von Lokalen Projektionen, da damit dynamische Anpassungsprozesse abgebildet werden können.

**ÜBERTRAGUNGSEFFEKTE AUF
DIE PRODUKTIVITÄT**

Abbildung 4 zeigt die geschätzten Auswirkungen eines IKT-Schocks auf die jeweilige TFP für die drei beschriebenen Gruppen von Wirtschaftsbereichen. Der IKT-Schock wurde vorher so normiert, dass er einer Standardabweichung entspricht. Bei den IKT-produ-

Abb. 4

Übertragungseffekte auf die Totale Faktorproduktivität nach einem IKT-Schock, Zeitraum 1995 bis 2017^a

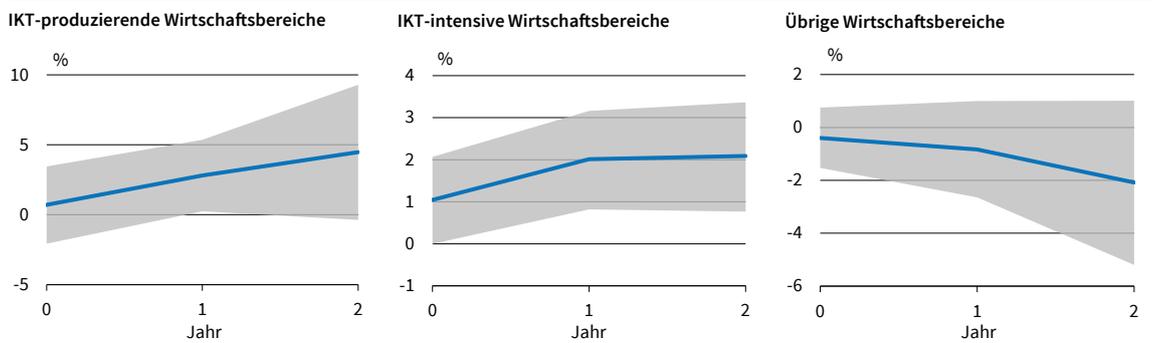


^a Die Abbildung zeigt die Impuls-Antwort-Folgen der Totalen Faktorproduktivität nach einem IKT-Schock (blaue Linie) für das Jahr des Schocks sowie die vier folgenden Jahre zusammen mit den geschätzten 95%- und 90%-Konfidenzintervallen.
Quelle: Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

Abb. 5

Übertragungseffekte auf die Totale Faktorproduktivität nach einem IKT-Schock, Zeitraum 2008 bis 2017^a



^a Die Abbildung zeigt die Impuls-Antwort-Folgen der Totalen Faktorproduktivität nach einem IKT-Schock (blaue Linie) für das Jahr des Schocks sowie die zwei folgenden Jahre zusammen mit den geschätzten 90%-Konfidenzintervallen.
Quelle: Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

zierenden Wirtschaftsbereichen zeigt unser Modell, dass Innovationen im IKT-Bereich zusätzlich die TFP im gleichen Jahr und in den beiden folgenden Jahren signifikant erhöhen. Der maximale Effekt ergibt sich mit 4,9% nach zwei Jahren, im Anschluss sind die geschätzten Koeffizienten insignifikant. Innovationen im IKT-Bereich führen somit zu weiteren Produktivitätszuwächsen innerhalb dieses Bereichs.

Bei den intensiven Nutzern von IKT finden wir kontemporär einen ökonomisch beträchtlichen, statistisch aber knapp insignifikanten Effekt. Für spätere Zeithorizonte sowie für die übrigen Wirtschaftsbereiche finden wir dagegen keine signifikanten Übertragungseffekte auf die TFP. Vorläufig bestätigt unsere kausale Analyse die früheren Ergebnisse von Inklaar et al. (2008) und Acharya (2016).

Bisher haben wir den gesamten Beobachtungszeitraum von 1995 bis 2017 betrachtet und keine signifikanten Übertragungseffekte gefunden. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass die Übertragungseffekte erst in der jüngeren Vergangenheit entstanden sind. Um diese Hypothese zu untersuchen, schätzen wir die Impuls-Antwort-Folgen basierend auf den Daten der letzten zehn Jahre der Stichprobe, also für den Zeitraum 2008 bis 2017. Abbildung 5 stellt die Ergebnisse dieser Schätzung dar.

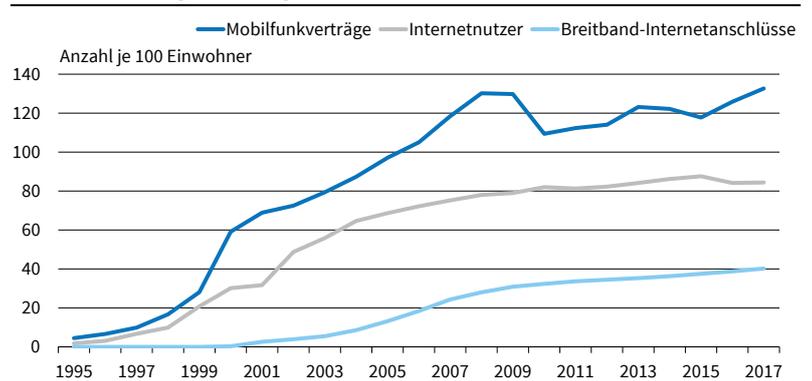
Bei den IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen zeichnet sich ein ähnliches Bild wie für den gesamten Zeitraum ab. Zwar ist die Schätzunsicherheit aufgrund der geringeren Stichprobengröße deutlich größer, jedoch finden wir recht große und persistente Produktivitätszuwächse in Folge von IKT-Innovationen. Bei den IKT-intensiven Wirtschaftsbereichen kommt es für den Zeitraum ab 2008 zu positiven und persistenten Übertragungseffekten. Während die kontemporäre Reaktion noch schwach signifikant ist, steigen die Effekte ein und zwei Jahre nach Auftreten des Schocks stark an und werden hochgradig signifikant. Die starken Übertragungseffekte treten damit in diesem Zeitraum erst mit Verzögerung auf, ähnlich wie in anderen Studien gezeigt (Brynjolfsson und Hitt 2003; Basu und Fernald 2007; Marsh et al. 2017; Liao et al. 2016).

Die allmähliche Übertragung von IKT-Innovationen auf die TFP anderer Wirtschaftsbereiche ist durch mehrere Faktoren bedingt. Zum einen spielen Suchkosten eine wichtige Rolle, da es für viele Unternehmen schwierig ist, einzuschätzen, welche neuen Technologien sinnvoll eingesetzt werden können. Dieses Argument steht in engem Zusammenhang mit der Erkenntnis, dass unsere identifizierten IKT-Innovationen primär als »news shocks« interpretiert werden können. Zum anderen bringen Investitionen in IKT

hohe Lernkosten mit sich, beispielsweise durch den Aufbau von Humankapital im Umgang mit verschiedenster Software. Ähnliche Verzögerungen können durch Friktionen in der Anpassung von Produktionsfaktoren entstehen oder auch wenn bestehende Technologien oder Kompetenzen veralten. Und schließlich benötigen Unternehmen Zeit zum Aufbau neuer Infrastruktur, z. B. von Online-Plattformen, da komplementäre Investitionen erst geplant und getätigt werden müssen, bevor sich Produktivitätsgewinne einstellen können.

Eine weitere zentrale Frage ist, warum in Deutschland Übertragungseffekte erst ab 2008 sichtbar werden. Ein erster Grund dafür ist, dass der Ausbau von IKT-Infrastruktur verstärkt während der 2000er Jahre stattfand. Aufgrund der beschriebenen Such- und Lernkosten führte diese Entwicklung aber erst zum Ende der 2000er Jahre zu zusätzlichen Produktivitätseffekten. So legte die Zahl von Mobilfunkverträgen, Internetnutzern und Breitband-Internetanschlüssen insbesondere zwischen 2000 und 2008 spürbar zu (vgl. Abb. 6). Seit etwa 2008 sind die Indikatoren zur Digitalisierung hingegen nur noch langsam gestiegen oder stagnieren sogar – Indizien dafür, dass die Digitalisierung nun endgültig in Deutschland angekommen ist. Bereits David (1990) stellte die These auf, dass eine kritische Masse von Technologiediffusion und komplementären Fähigkeiten benötigt wird, um IKT-getriebene Produktivitätssteigerungen durch die Reorganisation von Produktionsprozessen zu ermöglichen. Unsere Ergebnisse belegen dieses Argument. So wurden E-Commerce Geschäftsmodelle erst relativ spät profitabel, weil vorher überschüssiges Kapital in Marktpenetration investiert wurde. Auch musste die Digitalisierung erst weit genug vorangeschritten sein, um den Wissensaustausch und die Prozesse im Supply-Chain-Management zu optimieren, etwa durch die verstärkte Vernetzung zwischen und innerhalb von Unternehmen. Die neuen Kommunikationsmöglichkeiten erleichterten die Verbreitung dieser Managementpraktiken, die von anderen Unternehmen im Lauf der Zeit adaptiert wurden und sich somit als positive Externalitäten niederschlugen.

Abb. 6
Indikatoren zur Digitalisierung in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt.

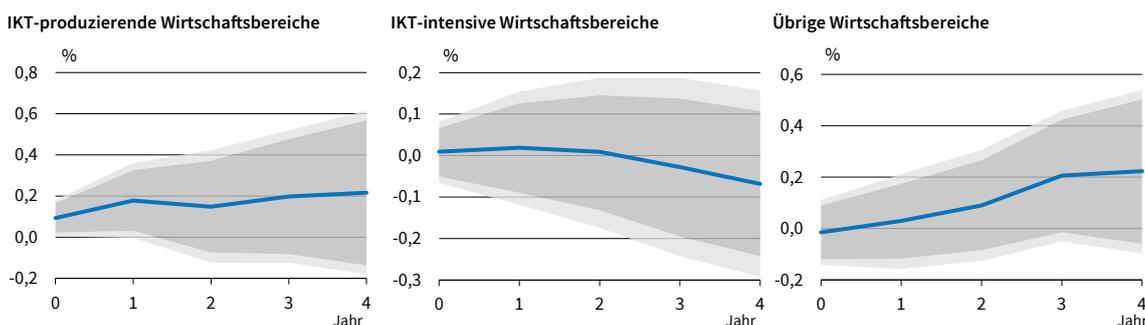
© ifo Institut

Als weiterer Grund für das späte Auftreten der Übertragungseffekte können die deutschen Arbeitsmarktreformen Mitte der 2000er Jahre angesehen werden. So benötigt die effektive Adaption und Diffusion von IKT oft die Reorganisation von Produktionsprozessen. Strikte Arbeitsmarktregulierung könnte diese Prozesse verhindern oder verlangsamen (Cette und Lopez 2012; Cette et al. 2014). Insgesamt könnten somit die Reformen Mitte der 2000er Jahre die Übertragungseffekte zu den IKT-intensiven Wirtschaftsbereichen verstärkt haben.

Schließlich stellen auch der Zeitpunkt und die Intensität der IKT-Innovationen einen Grund für das verzögerte Auftreten der Übertragungseffekte dar. So traten recht konzentriert in den Jahren 2007 und 2010 die größten Schocks auf, die dann in den folgenden Jahren zu starken Übertragungseffekten führten. Dagegen traten größere IKT-Innovationen in den Jahren zuvor nur sporadisch und mit wenig Persistenz auf.

Abschließend quantifizieren wir die Bedeutung des Leasings bei der Messung der Übertragungseffekte. Dazu schätzen wir die Lokalen Projektionen separat für die Daten nach Nutzer- und Eigentümerkonzept über den gesamten Zeitraum von 1995 bis 2017. Abbildung 7 zeigt die Differenz zwischen den jeweiligen Impuls-Antwort-Folgen für die Wirtschaftsbereiche insgesamt. Ähnlich wie in der deskriptiven

Abb. 7
Unterschiede in den Übertragungseffekten auf die Totale Faktorproduktivität I^a
Abweichung zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept

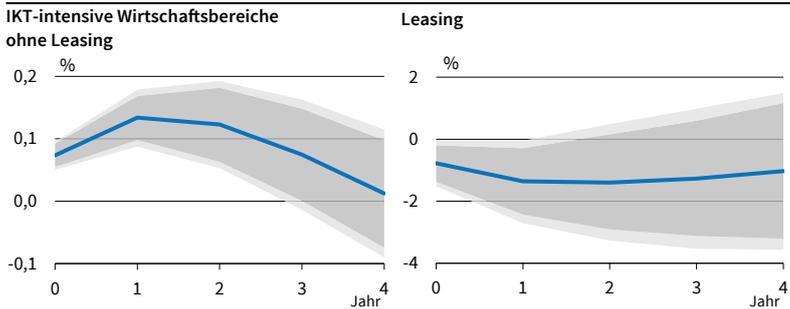


^a Die Abbildung zeigt die Differenzen der Impuls-Antwort-Folgen zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept nach einem IKT-Schock (blaue Linie) für das Jahr des Schocks sowie die vier folgenden Jahre zusammen mit den geschätzten 95%- und 90%-Konfidenzintervallen.
Quelle: Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

Abb. 8

Unterschiede in den Übertragungseffekten auf die Totale Faktorproduktivität II^a
 Abweichung zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept



^a Die Abbildung zeigt die Differenzen der Impuls-Antwortfolgen zwischen Eigentümer- und Nutzerkonzept nach einem IKT-Schock (blaue Linie) für das Jahr des Schocks und die vier folgenden Jahre zusammen mit dem geschätzten 95%- und 90%-Konfidenzintervallen.
 Quelle: Berechnungen der Autoren. © ifo Institut

Darstellung finden wir bei den IKT-produzierenden Wirtschaftsbereichen eine konstante Überschätzung der Übertragungseffekte über den gesamten Schätzhorizont. Der geschätzte Effekt liegt zwischen 0,1% und 0,2% und ist in den ersten beiden Jahren signifikant. Für die IKT-intensiven sowie für die übrigen Wirtschaftsbereiche zeigen sich hingegen insgesamt keine signifikanten Einflüsse des Leasings auf die Übertragungseffekte.

Da der Bereich Leasing Teil der IKT-intensiven Wirtschaftsbereiche ist, analysieren wir diese Gruppe im Folgenden separat. Dazu schätzen wir die Lokalen Projektionen erneut, differenzieren aber zwischen Leasing und allen anderen IKT-intensiven Wirtschaftsbereichen. Die daraus resultierenden Impuls-Antwort-Folgen sind in Abbildung 8 abgetragen. Wie erwartet führt das Eigentümerkonzept zu einer starken und signifikanten Unterschätzung von bis zu 1,4% im Bereich Leasing. In den anderen IKT-intensiven Wirtschaftsbereichen überschätzt das Eigentümerkonzept den Übertragungseffekt schwach, aber sehr persistent. Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass IKT-Innovationen die Leasingtätigkeit ansteigen lassen und somit die konventionelle Messung von IKT-Übertragungseffekten verzerren. Eine Trennung von Nutzer- und Eigentümerkonzept scheint damit sinnvoll für zukünftige Studien auf diesem Gebiet.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Trotz der nahezu allgegenwärtigen Verbreitung der Digitalisierung besteht in der Forschung keine Einigkeit über die zusätzlichen Produktivitätseffekte von IKT. Um diesen Zusammenhang besser zu verstehen, haben wir untersucht, inwiefern sich Innovationen bei IKT-produzierenden Unternehmen kausal auf die Produktivität in anderen Wirtschaftsbereichen auswirken. Unser Modell deutet dabei auf positive und persistente Übertragungseffekte bei der Totalen Faktorproduktivität seit Ende der 2000er Jahre hin; für den Zeitraum davor finden wir hingegen keine solchen Übertragungseffekte. Grund dafür ist ver-

mutlich die langsame Adaption von IKT-Technologien in Deutschland, kombiniert mit erheblichen IKT-Innovationen in der zweiten Hälfte der 2000er Jahre.

Angesichts unserer Ergebnisse lassen sich einige Aussagen und Handlungsempfehlungen in Bezug auf die gegenwärtige Situation in Deutschland ableiten. Die Technologieadaption wurde durch die Coronakrise stark vorangetrieben. Bereits im zweiten Quartal 2020 gaben in der Randstad-ifo-Personalleiterbefragung 54% der Unternehmen an, dass die Pandemie zu einer verstärkten Digitalisierung ihrer Betriebsabläufe geführt habe (Randstad 2020). Diese Veränderungen gingen Hand in Hand mit Zuwächsen im Bereich E-Commerce, die die Verwendung neuer Technologien im Logistikbereich erforderten, und einer starken Zunahme von Beschäftigung im Homeoffice. Damit hat die Pandemie zu einer weitreichenden und permanenten Reorganisation des Arbeitslebens geführt: Laut einer aktuellen Umfrage arbeiten Vollzeitbeschäftigte in Deutschland durchschnittlich 1,4 Tage pro Woche aus dem Homeoffice (Aksoy et al. 2022). Dieser Trend scheint sich nicht nur positiv auf die Produktivität und Jobzufriedenheit der Arbeitnehmer auszuwirken (Aksoy et al. 2022; Bloom et al. 2022), sondern erlaubt es den Unternehmen auch, Ausgaben zu reduzieren, beispielsweise für Büroräume oder Geschäftsreisen. Die erhöhte Nachfrage nach IKT-Gütern und -Dienstleistungen dürfte gleichzeitig die Innovationstätigkeit der Unternehmen in dieser Branche angekurbelt haben.

Die positive Externalität, die durch die Übertragungseffekte von IKT ausgeht, deutet auf die wichtige Rolle hin, die öffentliche Maßnahmen bei der Diffusion von IKT spielen. Ein zentraler Aspekt ist hierbei der Zugang zu finanziellen Ressourcen, da viele Unternehmen die nötigen Sicherheiten zur Förderung von Forschung und Entwicklung nicht bereitstellen können. An dieser Stelle könnte beispielsweise ein erleichteter Zugriff auf Wagniskapital komplementär zur traditionellen Kreditvergabe wirken. Ebenso könnten steuerliche Anreize zur Unterstützung von Forschungsausgaben und Trainingsmaßnahmen gesetzt werden. Schließlich könnte die Förderung von Homeoffice oder Hybridarbeit erweitert werden. Kombiniert mit zusätzlichen Investitionen in IKT-Infrastruktur, insbesondere den Breitbandausbau, könnte auf diese Weise in den kommenden Jahren das volle Produktivitätspotenzial von IKT-Innovationen ausgeschöpft werden.

LITERATUR

Acharya, R. C. (2016), »ICT Use and Total Factor Productivity Growth: Intangible Capital or Productive Externalities?« *Oxford Economic Papers* 68(1), 16–39.

Ademmer, M., F. Bickenbach, E. Bode, J. Boysen-Hogrefe, S. Fiedler, K. J. Gern, H. Görg, D. Groll, C. Hornok, N. Jannsen und S. Kooths (2017), *Produktivität in Deutschland: Messbarkeit und Entwicklung*, Kieler Beiträge zur Wirtschaftspolitik Nr. 12, IfW Kiel Institut für Weltwirtschaft, Kiel.

Aksoy, C. G., J. M. Barrero, N. Bloom, S. J. Davis, M. Dolls und P. Zarate (2022), »Working from Home Around the World«, NBER Working Paper No. 30446.

Basu, S. und J. Fernald (2007), »Information and Communications Technology as a General-purpose Technology: Evidence from US Industry Data«, *German Economic Review* 8(2), 146–173.

- Bloom, N., R. Han und J. Liang (2022), »How Hybrid Working from Home Works Out«, NBER Working Paper No. 30292.
- Brynjolfsson, E. und L. M. Hitt (2003), »Computing Productivity: Firm-level Evidence«, *Review of Economics and Statistics* 85(4), 793–808.
- Cette, G. und J. Lopez (2012), »ICT Demand Behaviour: An International Comparison«, *Economics of Innovation and New Technology* 21(4), 397–410.
- Cette, G., J. Lopez und J. Mairesse (2014), »Product and Labor Market Regulations, Production Prices, Wages and Productivity«, NBER Working Paper No. 20563.
- David, P. A. (1990), »The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox«, *American Economic Review* 80(2), 355–361.
- Elstner, S., C. Grimme, V. Kecht und R. Lehmann (2022), »The Diffusion of Technological Progress in ICT«, *European Economic Review* 149, 104277.
- ifo Institut (2016), »ifo Investorenrechnung«, LMU-ifo Economics & Business Data Center, München, verfügbar unter: doi: 10.7805/ebdc-iidb-2016.
- Inklaar, R., M. P. Timmer und B. Van Ark (2008), »Market Services Productivity across Europe and the US«, *Economic Policy* 23(53), 140–194.
- Jordà, Ò. (2005), »Estimation and inference of Impulse Responses by Local Projections«, *American Economic Review* 95(1), 161–182.
- Liao, H., B. Wang, B. Li und T. Weyman-Jones (2016), »ICT as a General-purpose Technology: The Productivity of ICT in the United States Revisited«, *Information Economics and Policy* 36, 10–25.
- Marsh, I. W., A. Rincon-Aznar, M. Vecchi und F. Venturini (2017), »We See ICT Spillovers Everywhere but in the Econometric Evidence: A Reassessment«, *Industrial and Corporate Change* 26(6), 1067–1088.
- O'Mahony, M. und M. P. Timmer (2009), »Output, Input and Productivity Measures at the Industry Level: The EU KLEMS Database«, *Economic Journal* 119(538), F374–F403.
- Ramey, V. A. (2016), »Macroeconomic Shocks and their Propagation«, in: J. B. Taylor und H. Uhlig (Hrsg.), *Handbook of Macroeconomics* Vol. 2A, North Holland, Amsterdam, 71–162.
- Randstad (2020), *Randstad-ifo-Personalleiterbefragung, Ergebnisse: 2. Quartal 2020*, verfügbar unter: https://www.randstad.de/s3fs-media/de/public/2020-08/randstad-ifo-personalleiterbefragung_q2_2020.pdf.
- Stiroh, K. J. (2002), »Information Technology and the US Productivity Revival: What Do the Industry Data Say?«, *American Economic Review* 92(5), 1559–1576.