

Belitz, Heike; Gornig, Martin; Lehmann, Tobias

Research Report

Einfluss der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer von Kapitalbeständen

DIW Berlin: Politikberatung kompakt, No. 192

Provided in Cooperation with:

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

Suggested Citation: Belitz, Heike; Gornig, Martin; Lehmann, Tobias (2023) : Einfluss der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer von Kapitalbeständen, DIW Berlin: Politikberatung kompakt, No. 192, ISBN 978-3-946417-83-5, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/283266>

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.

192

Politikberatung kompakt

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

2023

Einfluss der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer von Kapitalbeständen

Heike Belitz, Martin Gornig und Tobias Lehmann

IMPRESSUM

DIW Berlin, 2023

DIW Berlin
Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
Mohrenstraße 58
10117 Berlin
Tel. +49 (30) 897 89-0
Fax +49 (30) 897 89-200
www.diw.de

ISBN 978-3-946417-83-5

ISSN 1614-6921

Alle Rechte vorbehalten.
Abdruck oder vergleichbare
Verwendung von Arbeiten
des DIW Berlin ist auch in
Auszügen nur mit vorheriger
schriftlicher Genehmigung
gestattet.

DIW Berlin: Politikberatung kompakt 192

Heike Belitz*
Martin Gornig*
Tobias Lehmann*

Einfluss der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer von Kapitalbeständen

Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)

Berlin, 02. Mai 2023

* Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, DIW Berlin

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Verzeichnis der Tabellen	III
1 Einleitung.....	1
2 Analyseansatz und Datenauswahl.....	4
3 Ergebnisse.....	6
3.1 Indikatoren und Lagstrukturen	6
3.2 Differenzierung nach Sektoren.....	11
3.3 Abgrenzung zur allgemeinen Investitionstätigkeit.....	13
4 Schlussfolgerungen.....	17
Literatur.....	18
Anhang	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Veränderung des Bruttoanlagevermögens in Digitalgütern und Software in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019	6
Abbildung 2: Durchschnittliche jährliche Veränderung des Anlagevermögens in Software in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019	7
Abbildung 3: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagevermögens in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019	8
Abbildung 4: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des Anlagevermögens der Ausrüstungen in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019	9
Abbildung 5: Akaike-Informationskriterium für die bevorzugten Modelle des Zusammenhangs von Lag-strukturen der Veränderungsraten des Digitalindikators mit denen des Verhältnisses von Netto zu Bruttoanlagenvermögen beim gesamten Anlagekapitalbestand 1995 bis 2020	10
Abbildung 6: Akaike-Informationskriterium für die bevorzugten Modelle des Zusammenhangs von Lag-strukturen der Veränderungsraten des Softwareindikators mit denen des Verhältnisses von Netto zu Bruttoanlagenvermögen beim Ausrüstungskapitalbestand in 13 europäischen.....	10
Abbildung A 1: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Anlagebestände an Digitalgütern und Software in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019.....	20
Abbildung A 2: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Investitionen in Software in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019	21
Abbildung A 3: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagevermögens in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019	21
Abbildung A 4: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des Anlagevermögens der Ausrüstungen in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019	21

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Korrelation zwischen den jährlichen Veränderungsraten des Digital- bzw. des Softwareindikators mit der Veränderungsrate der Relation von Netto- und Bruttoanlagevermögen insgesamt bzw. der Ausrüstungen in ausgewählten europäischen Ländern 1995-2020.....	12
Tabelle 2: OLS-Schätzungen des Zusammenhangs von Veränderungen des Digitalindikators und der Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen insgesamt 1995-2008 und 2011-2019	14
Tabelle 3: OLS-Schätzungen des Zusammenhangs von Veränderungen des Softwareindikators und der Ver-änderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen der Ausrüstungen 1995-2008 und 2011-2019.....	15

1 Einleitung

Die Digitalisierung geht aus Sicht der Unternehmen seit Jahren mit einem steigenden Investitionsbedarf einher (DIHK, 2016). Auch für den Ausbau der digitalen Infrastruktur wird von zunehmend größer werdenden Investitionsbedarfen ausgegangen (Krebs & Scheffel, 2017). Nach internationalen Studien beläuft sich der jährliche Investitionsaufwand für die Digitalisierung mittlerweile auf rund 2,5% des Bruttoinlandsprodukts (IDC Corporate USA, 2020; Demary & Zdrzalek, 2022).

Entscheidend für die Gesamtbilanz ist aber nicht nur die Frage des Investitionsbedarfs für die Digitalisierung, sondern auch des Investitionsbedarfs durch die Digitalisierung. Eine langfristige Investitionsbilanz muss die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer des Kapitalstocks einbeziehen. Die Nutzungsdauer beschreibt dabei nicht nur die potenzielle Amortisationszeit, sondern mit dem früher oder später notwendigen Ersatz des Kapitalstocks auch den Investitionsbedarf. Hinsichtlich der Wirkungsrichtung der Digitalisierung auf die Kapitalnutzungsdauer werden in der Literatur Argumentationslinien sowohl in Richtung auf eine Verlängerung als auch eine Verkürzung der Nutzungs- bzw. potenziellen Amortisationszeit entwickelt.

Im Zuge der Digitalisierung werden Maschinen und Ausrüstungen um Steuerungen, bestehend aus Hardware und Software, erweitert. Diese Ergänzung macht die Maschinen produktiver. Sie kann auch zu einer längeren Lebensdauer führen, weil Maschinen länger, flexibler und zuverlässiger einsetzbar sind. So kann etwa von Maschinen und Bauteilen ein sogenannter „digitaler Zwilling“ geschaffen werden. Das Simulationsmodell steht zur Verfügung, um alle geplanten Erweiterungen vorab sicher durchzuspielen und bildet die Basis für die Weiterentwicklung der realen Technik. Auf diese Weise reduzieren sich Stillstandzeiten bei Aufrüstungen an Maschinen auf ein Minimum und die nächste Generation lässt sich schneller entwickeln (B&R Industrial Automation GmbH, 2021). Durch die Verwendung eines digitalen Zwillings wird neben der Massenreduktion und Belastungssteigerung auch die Verlängerung der Lebensdauer angestrebt (Glaessgen & Stargel, 2012). Dies soll mithilfe digitaler Zwillinge auch bei Bauteilen wie etwa Brücken durch die Echtzeitüberwachung erreicht werden (Baur, 2018).

IT-Anlagen sind in der Regel mit hohen Abschreibungsraten und großen Kapitalverlusten verbunden (Stiroh, 2001). Weil der technische Fortschritt im Bereich von Digitaltechnologien schneller ist als in anderen Technologien, könnte die Lebensdauer von Anlagen, die diese

Techniken integrieren, auch abnehmen. Die Lebensdauer von Hardware geht zudem zurück, wenn etwa neue Software auf älteren Prozessoren nicht mehr effektiv läuft (Geske, Ramey, & Shapiro, 2007).

Die Deutsche Bundesbank betont den vergleichsweise hohen Modernisierungsaufwand, den IuK-Technologien verursachen. Einmal implementierte Entwicklungsstände in diesem Bereich veralten - wirtschaftlich betrachtet - besonders schnell. Der wachsende Anteil der IuK-Güter und die kürzeren Produktzyklen in diesem Segment führen dazu, dass sich die ökonomische Nutzungsdauer des gewerblichen Anlagevermögens im Durchschnitt verkürzt. Dadurch vergrößert sich für den Kapitalbestand der Ersatzbeschaffungsbedarf (Deutsche Bundesbank Monatsbericht, Januar 2007).

Der Zusammenhang von Digitalisierung und Kapitalnutzungsdauer wird vor allem über die Wertverluste im Lebenszyklus und die entsprechende Festlegung der Abschreibungsraten für Computer und Software beeinflusst. Diese Raten sind entscheidend für Fragen der Steuerpolitik und Kapitalbewertung. Auch die Debatte über den Beitrag der Informationstechnologie zum Wirtschaftswachstum lenkt die Aufmerksamkeit auf die Rate, mit der verschiedene Digitalgüter an Wert verlieren (Dunn, Doms, Oliner, & Sichel, 2004; Geske, Ramey, & Shapiro, 2007).

Digitale Wirtschaftsgüter haben kurz nach Anschaffung und zu Beginn ihrer Nutzung den größten Wertverlust. Dies liegt zum einen daran, dass diese Wirtschaftsgüter wegen eines hohen Innovationsdrucks, eines schnellen Technologiewandels und kurzer Produktzyklen nur eine vergleichsweise kurze Zeit dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Dies liegt zum anderen aber auch daran, dass digitale Wirtschaftsgüter häufig an die besonderen Anforderungen des nutzenden Unternehmens angepasst werden und dadurch kaum noch marktfähig sind. Dies sollte aus der Sicht der Unternehmen auch in den Abschreibungsbedingungen berücksichtigt werden (Bitkom e.V., 2020).

Historisch ist die Lebensdauer von Digitalgütern in vielen Ländern verkürzt worden. So hat sich die Lebensdauer der EDV-Anlagen im Vereinigten Königreich von zehn Jahren in der Mitte der 1970er auf fünf Jahre Mitte der 1980er Jahre halbiert (Lansbury, Soteri, & Young, 1997). Für Hardware und Software galten dort im Jahr 2017 durchschnittliche Lebensdauern von fünf Jahren, was im Bereich der von anderen statistischen Ämtern verwendeten Praktiken lag. In den Niederlanden, den USA und Neuseeland wurden für bestimmte Arten von Software kürzere Nutzungsdauern zugrunde gelegt (Rincon-Aznar, Riley, & Young, 2017). Auch (Spengel, et al., 2018) finden weitgehend vergleichbare Abschreibungsbedingungen für digitale Wirtschaftsgüter in

vielen Ländern. Allerdings sahen digitale Vorreiter wie Dänemark oder die USA bereits eine Sofortabschreibung für Computersoftware unabhängig von der Höhe der Anschaffungskosten vor. In den USA sind mit der sogenannten Bonus Depreciation für Investitionen von Unternehmen in bewegliche Wirtschaftsgüter der digitalen Infrastruktur (z.B. im Rahmen des Ausbaus von Mobilfunknetzen), deren Anschaffungskosten unmittelbar im Jahr der Anschaffung steuerlich abzugsfähig.

Auch in Deutschland wurde im Koalitionsvertrag der Bundesregierung im Jahr 2020 vereinbart, eine „Superabschreibung“ als Investitionsprämie u.a. für digitale Wirtschaftsgüter in den Jahren 2022 und 2023 zu schaffen. Diese Maßnahme war wahrscheinlich auch inspiriert durch ähnliche Möglichkeiten für Sonderabschreibungen für Ausrüstungen und Digitalgüter und IT-Dienstleistungen in anderen Ländern wie etwa im Vereinigten Königreich, wo sie von April 2021 bis März 2023 befristet sind (Funke & Raphael, 2022).

Vor dem Hintergrund von sinkenden Lebensdauern und steigenden Abschreibungsraten von Digitaltechniken, aber auch von Möglichkeiten der Verlängerung der Lebensdauer von Maschinen und Bauten durch den Einsatz von solchen Technologien, untersuchen wir, ob und in welcher Weise ein Zusammenhang der Digitalisierung mit der Veränderung der Nutzungsdauer des Kapitals in Deutschland und zwölf weiteren europäischen Ländern besteht?

Die hier verwendeten Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu den gesamtwirtschaftlich-buchhalterischen Abschreibungen von Digitalgütern und anderen Anlagen unterscheiden sich von den betrieblichen Abschreibungen. Sowohl die Abschreibungen des Nettoanlagevermögens als auch die Abgangsraten des Bruttoanlagevermögens werden von den statistischen Ämtern geschätzt. Dies stellt hohe Anforderungen an eine konzeptionell einwandfreie und empirisch machbare Methodik. Die Ämter sind gehalten die Schätzungen über die Zeit an neue Gegebenheiten der betrieblichen Praxis anzupassen.

Die Analyse zeigt, dass die Digitalisierung in den wichtigsten Ökonomien der EU zur Verkürzung der Nutzungsdauer des Sachkapitals beigetragen hat. Der Zusammenhang zwischen steigenden Digitalisierungsinvestitionen und der Verringerung der Kapitalnutzungsdauer wird zudem über die Zeit stärker.

2 Analyseansatz und Datenauswahl

Zur Operationalisierung der Forschungsfrage ist es zunächst erforderlich, die Faktoren Digitalisierung und Kapitalnutzungsdauer durch geeignete Indikatoren zu konkretisieren. Dabei geht es nicht um das Niveau der Digitalisierung und der Kapitalnutzungsdauer, sondern um deren Veränderung, also die Frage, ob eine zunehmende Digitalisierung eine Veränderung der Kapitalnutzungsdauer bewirkt.

Ein möglicher Indikator für die Digitalisierung sind die Investitionen in Hardware und Software der Informationstechnologie. Nehmen die Investitionen in solche Anlagegüter zu, spricht dies für eine Erhöhung des Digitalisierungstempos und umgekehrt. Die Veränderung der Kapitalnutzungsdauer schlägt sich im Umfang des Bruttoanlagevermögens nieder. Je kürzer eine Anlage genutzt werden kann, umso schneller veraltet der für die Erstellung von Waren und Dienstleistungen eingesetzte Kapitalstock. Ein Indikator für den Alterungsprozess des Kapitalstocks ist das Verhältnis von Netto- zu Bruttoanlagevermögen – also wieviel des eingesetzten Kapitals noch nicht abgeschrieben ist.¹ Sinkt die Kapitalnutzungsdauer, muss ein höherer Anteil der Bruttoinvestitionen zum Ausgleich des Werteverzehrs eingesetzt werden. Das heißt, eine Verringerung der Kapitalnutzungsdauer bewirkt eine Erhöhung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttokapitalstock und umgekehrt.

Ziel des vorliegenden Untersuchungsansatzes ist es, einen durchschnittlichen Effekt der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer und damit den Investitionsbedarf zu identifizieren. Es geht also nicht darum, im Einzelfall eine kausale Wirkung nachzuweisen, sondern Hinweise auf die quantitative Bedeutung des Zusammenhangs zu gewinnen. Entsprechend steht methodisch die Analyse von aggregierten statistischen Angaben zu den Investitionen in das für die Digitalisierung erforderliche Anlagevermögen und die Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock als Proxy für die Nutzungsdauer im Vordergrund. Unterschiede in der Ausprägung der aggregierten Indikatoren lassen sich nach Branchen und Regionen bzw. Ländern differenzieren und die Veränderungen über die Zeit werden im Sinne eines Difference-in-Difference-Ansatzes mit entsprechenden Korrelationen ausgewertet.

Ein reichhaltiges Angebot an Daten zur Investitionstätigkeit und zum Kapitalstock weist die europäische Statistik (Eurostat) auf. Auf der Basis der amtlichen Statistik der einzelnen

¹ Das Verhältnis von Netto- zu Bruttokapitalstock, wird auch als Modernitätsgrad bezeichnet (Destatis).

Mitgliedsstaaten werden die entsprechenden Werte einheitlich nach den Vorgaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) aufbereitet. Als Indikatoren für die Digitalisierung lassen sich dort Veränderungen der Bruttoanlagebestände von Ausrüstungen der Informations- und Kommunikationstechnik (Computer-Hardware und Telekommunikationsausrüstungen) sowie Software und Datenbanken bestimmen. Angaben zum Netto- und Bruttokapitalstock werden bei Eurostat getrennt für die Bereiche Bauten, Ausrüstungen und geistiges Eigentum ausgewiesen.² Für die Analyse im Zeitraum von 1995 bis 2019 stehen Angaben von Eurostat für bis zu 13 verschiedene Wirtschaftsabschnitte (WZ-1-Steller) in bis zu 13 europäischen Ländern zur Verfügung.³

In den folgenden Analysen werden im Sinne eines generellen Einflusses zunächst die Veränderungen aller Digitalanlagevermögen denen aller Anlagevermögensarten gegenübergestellt. Hier werden demnach alle möglichen Wirkungskanäle der Digitalisierung auf die Nutzungsdauer des gesamten Kapitals berücksichtigt. Gleichzeitig können sich im Aggregat auch viele Veränderungen anderer Rahmendaten niederschlagen. Zudem ist das Digitalanlagevermögen selbst Teil des gesamten Anlagevermögens. In einem zweiten Ansatz werden daher die spezifischen Veränderungen des Anlagevermögens in Software und Datenbanken in Bezug auf die Veränderungen des Verhältnisses von Netto- zu Bruttokapitalstock nur bei den Ausrüstungen ausgewertet, deren Bestandteil sie nicht sind.

² Online <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser>.

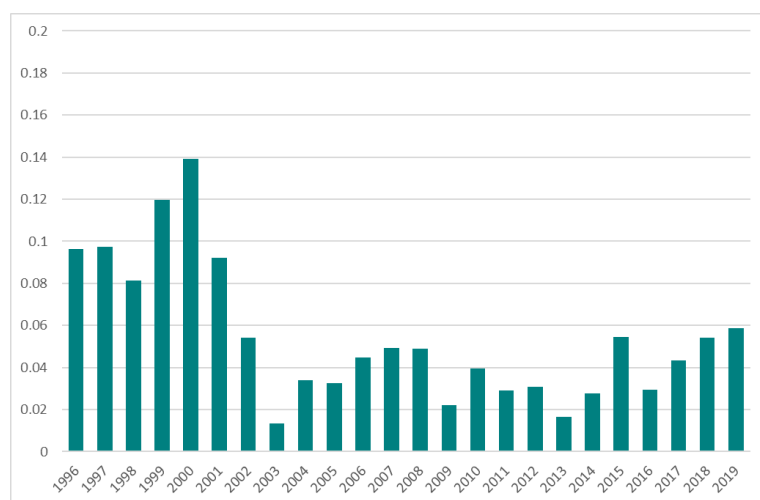
³ Österreich, Belgien, Tschechien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Ungarn, Irland, Italien, Niederlande und das Vereinigte Königreich.

3 Ergebnisse

3.1 Indikatoren und Lagstrukturen

Die Digitalisierung der Wirtschaft hat in den letzten Jahren zugenommen. Dies zeigt sich auch an den jährlichen Veränderungsraten des Anlagebestandes an Digitalgütern (Digitalindikator). Sie waren im Durchschnitt der 13 Länder zwischen 1995 und 2019 immer positiv (Abbildung 1). Stärkere Rückgänge des Wachstums gab es in den Jahren nach der Dotcom-Krise 2002 und 2003, im Zusammenhang mit der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2009 und auch im Zusammenhang mit der Eurokrise nochmal im Jahr 2013. Investitionen in Digitaltechnologien sind aber langfristig immer gestiegen, wenn auch nach 2001 deutlich weniger als zuvor. Der längerfristige Rückgang der Wachstumsraten dürfte dabei auch mit dem steigenden Anlagebestand an Digitalgütern zusammenhängen.

Abbildung 1: Durchschnittliche jährliche Veränderung des Bruttoanlagevermögens in Digitalgüter und Software in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019

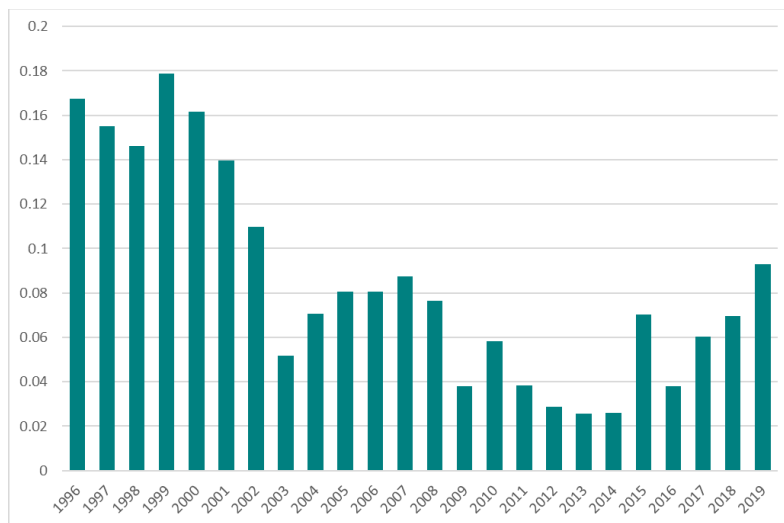


Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Veränderungsraten des Anlagebestandes an Software und Datenbanken (Softwareindikator) waren im Durchschnitt der hier betrachteten Länder ebenso wie die Veränderungen des Digitalanlagebestandes immer positiv (Abbildung 2). Sie sind längerfristig ebenfalls zurückgegangen und erst zuletzt wieder leicht gestiegen, ähnlich wie die Wachstumsraten des Anlagebestandes aller Digitalgüter zusammen. Allerdings ist die Entwicklung sowohl des Digital- wie auch des Softwareindicators über die Zeit in den einzelnen Ländern sehr heterogen (Abbildungen A1 und A2). In Deutschland und dem Vereinigten Königreich etwa waren die Veränderungsraten des Digitalindikators zeitweilig auch negativ, wobei die Ausschläge im Vereinigten Königreich in

beiden Richtungen größer waren als in Deutschland. In Frankreich wuchs der Digitalindikator dagegen im gesamten Untersuchungszeitraum. Dies war beim Softwareindikator sowohl in Deutschland als auch in Frankreich so, während im Vereinigten Königreich bei stärkerer Variation der Veränderungsraten wiederum auch negative Werte zu beobachten sind.

Abbildung 2: Durchschnittliche jährliche Veränderung des Anlagevermögens in Software in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019

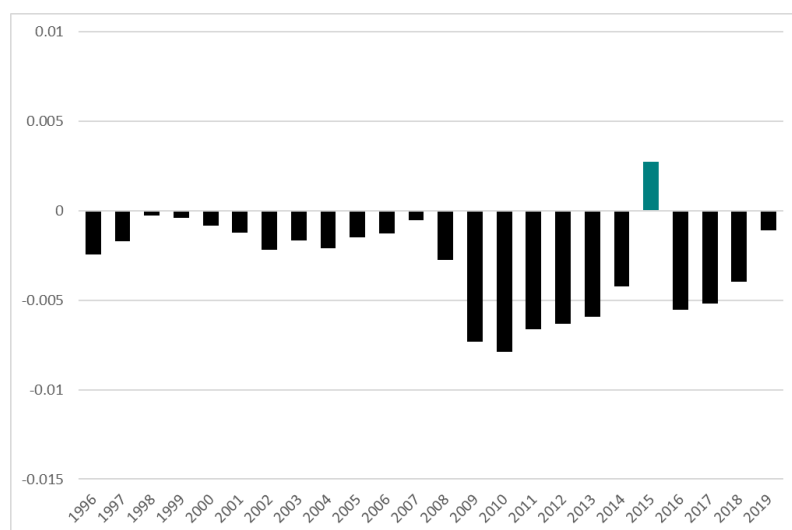


Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Die Nutzungsdauer des gesamten Kapitalstocks stieg in den letzten Jahren. Die jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagevermögens war in den untersuchten europäischen Ländern in der Periode von 1995 bis 2019 im Durchschnitt fast immer negativ (Abbildung 3). Die Rückgänge waren dabei in der zweiten Hälfte der untersuchten Zeitspanne größer als in der ersten Hälfte. Dies zeigt sich auch mit Blick auf einzelne große Länder wie etwa Frankreich und das Vereinigte Königreich (Abbildung A3). Die Veränderungsrate gingen allerdings zuletzt etwas zurück, d.h. der Trend zur Verlängerung der Kapitalnutzung hat sich etwas verlangsamt.⁴

⁴ Der positive Ausreißer 2015 wird durch Einzelwerte in Irland bestimmt.

Abbildung 3: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagevermögens in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019

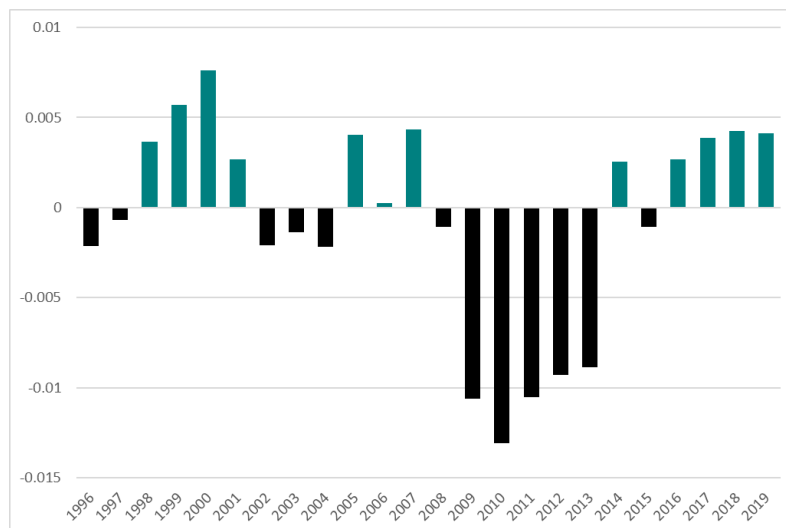


Quelle: Eurostat; eigene Berechnungen.

Die Nutzungsdauer des gesamten Kapitalstocks wird stark von langlebigen Bauten bestimmt, die einen großen Anteil ausmachen. Betrachtet man nur das Ausrüstungskapital, so sind die Veränderungsrate der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock in der Hälfte der 24 Jahre positiv, in der anderen Hälfte jedoch negativ (Abbildung 4). Nach der weltweiten Finanz- und Wirtschaftskrise folgte eine siebenjährige Periode mit Rückgängen dieser Relation und somit steigenden Nutzungsdauern. Danach waren die Veränderungsrate ab 2014 überwiegend positiv, was auf eine wieder schnellere Alterung des Ausrüstungskapitals hindeutet. In einzelnen Ländern war die Entwicklung über die Zeit jedoch unterschiedlich (Abbildung A4).

Somit stehen den eher steigende Nutzungsdauern des gesamten Anlagekapitals steigende Investitionen in Digitalgüter gegenüber. Ob dies auf einen Zusammenhang zwischen den Veränderungsrate der Digital- bzw. Softwareinvestitionen einerseits und der Nutzungsdauer der beiden Kapitalbestände andererseits hinweist, kann mit einer Korrelationsanalyse getestet werden. Dabei sind mögliche verzögerte Wirkungen zwischen den Bestandsveränderungen des digitalen Anlagevermögens in den Vorjahren und der Alterung des Kapitals zu berücksichtigen. Dabei lässt sich eine bestimmte Wirkungsverzögerung per se nicht begründen bzw. festlegen. Vielmehr ist zunächst davon auszugehen, dass auch Investitionen einzelner oder mehrerer zurückliegender Jahre verzögert auf die Nutzungsdauer des Kapitals wirken. Hinweise auf eine solche Wirkungsverzögerung lassen sich somit nur aus den Daten selbst ableiten.

Abbildung 4: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des Anlage-vermögens der Ausrüstungen in 13 europäischen Ländern 1995 bis 2019



Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Um zu entscheiden, welche Lagstrukturen die deutlichsten Hinweise zu möglichen verzögerten Wirkungszusammenhängen geben, ist hier das Akaike-Informationskriterium (Akaike information criterion: AIC) verwendet worden. Das AIC ist eine Methode für den Vergleich von Modellen (Cavanaugh & Neath, 2019). Es schätzt dabei die Menge an verlorengegangener Information eines komplexen Modells gegenüber einem unbekanntem stochastischen Modell und ermittelt somit einen Trade-off zwischen der Anpassungsgüte und der Komplexität. Das AIC bestraft dabei eine hohe Modellkomplexität. Das bevorzugte Modell ist dasjenige mit dem minimalen AIC-Wert, der immer negativ ist. Für die Zusammenhänge zwischen den Veränderungsdaten der Digital- bzw. Softwareindikatoren einerseits und der Veränderungen der Kapitalnutzungsdauern des gesamten Bestandes an Anlagen bzw. Ausrüstungen andererseits in den Ländern und Sektoren wurden hier bis zu sieben Zeitverzögerungen der Digital- bzw. Softwareindikatoren mit einem Lag von Null Jahren (aktuelle Veränderungsdaten) bis zu einem Lag von sechs Jahren in allen möglichen Kombinationen getestet.

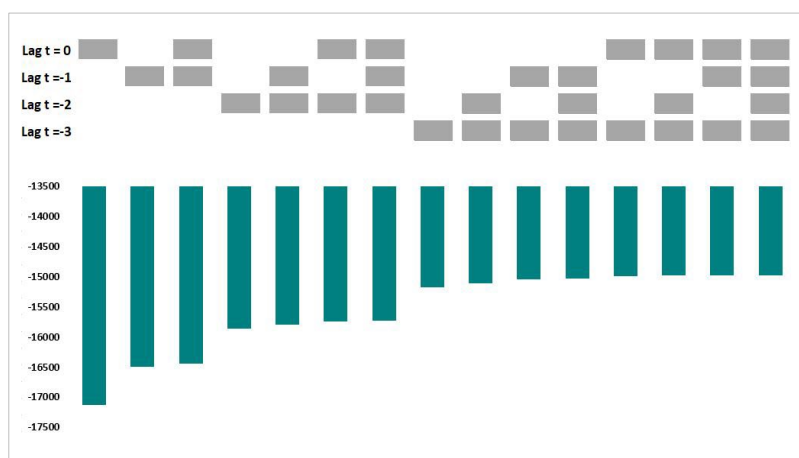
Die Abbildungen 5 und 6 zeigen für den jeweiligen Zusammenhang die ersten 15 Modelle mit den niedrigsten AIC-Werten in aufsteigender Reihenfolge mit den jeweils verwendeten Lags der Indikatoren. Der niedrigste Wert des AIC bestimmt das passgenaueste Modell mit dem geringsten Informationsverlust.

Abbildung 5: Akaike-Informationskriterium für die bevorzugten Modelle des Zusammenhangs von Lag-
strukturen der Veränderungsraten des Digitalindicators mit denen des Verhältnisses von Netto zu Brutto-
anlagenvermögen beim gesamten Anlagekapitalbestand 1995 bis 2020



Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung 6: Akaike-Informationskriterium für die bevorzugten Modelle des Zusammenhangs von Lag-
strukturen der Veränderungsraten des Softwareindicators mit denen des Verhältnisses von Netto zu Brutto-
anlagenvermögen beim Ausrüstungskapitalbestand in 13 europäischen



Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Für beide Zusammenhänge ist der AIC für das Modell mit ausschließlich den gegenwärtigen Werten, also ohne Berücksichtigung von Verzögerungen, am niedrigsten. Die aktuellen jährlichen Veränderungen der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagekapitals bzw. des Ausrüstungskapitals sind also am engsten mit den aktuellen jährlichen Veränderungen der Anlagebestände (Investitionen) in Digitaltechnologien bzw. Software verbunden.

Um zu testen, ob es einen Zusammenhang zwischen Digitalisierung und Kapitalalterung gibt, wird also der Korrelationskoeffizient zwischen den jährlichen Veränderungsdaten des

Digitalindikator (Anlagevermögen von Computerhardware und Telekommunikationsausrüstungen sowie Software und Datenbanken) und der Relation von Netto- und Bruttoanlagevermögen insgesamt im gleichen Jahr berechnet. Über alle Länder und Sektoren hinweg liegt der Koeffizient in der Periode von 1995 bis 2019 bei 0,24. Er ist bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von unter 1% statistisch hoch signifikant (Tabelle 1). Dies deutet auf einen positiven Einfluss der steigenden Investitionen in Digitaltechnologien auf den Rückgang der Nutzungsdauer des gesamten Anlagekapitals hin.

Auch der Korrelationskoeffizient zwischen den jährlichen Veränderungsraten des Anlagevermögens in Software und der Relation von Netto- und Bruttoanlagevermögen der Ausrüstungen ist mit 0,25 hoch signifikant. Dies deutet ebenfalls auf einen Rückgang der Kapitalnutzungsdauer der Ausrüstungen bei steigenden Investitionen in Software hin (Tabelle 1).

3.2 Differenzierung nach Sektoren

Der Grad der Nutzung von Digitaltechnologien und die damit zusammenhängende Ausstattung mit Digitalgütern und Software unterscheiden sich in den Branchen. So haben verschiedene Branchengruppen in Deutschland unterschiedliche Grade der Digitalisierung, gemessen in einem Digitalindex (Demary & Goecke, 2021). Das höchste Ergebnis erzielte im Jahr 2020 die Branche Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) gefolgt von einzelnen Branchen des verarbeitenden Gewerbes wie Fahrzeugbau sowie der Branchengruppe Elektrotechnik und Maschinenbau. Die geringsten Punktzahlen im Digitalisierungsindex erreichten das Sonstige produzierende Gewerbe (z. B. Baugewerbe, Energie- und Wasserversorgung), die Tourismusbranche und das Sonstige verarbeitende Gewerbe (z. B. die Herstellung von Textilien und Papier).

Die OECD hat ebenfalls auf Basis verschiedener Indikatoren mit Bezug zur Technologie, dem Markt und dem Humankapital eine sektorale Taxonomie der digitalen Intensität erarbeitet (Calvina, Criscuolo, Marcolin, & Squicciarini, 2018). Demnach hatte im Zeitraum 2013-2015 das verarbeitende Gewerbe mit Ausnahme des Fahrzeugbaus nur eine mittlere Digitalisierungsintensität. Hohe Digitalisierungsintensitäten wiesen dagegen die Wirtschaftsabschnitte Information und Kommunikation, Finanz- und Versicherungsdienste, freiberufliche, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen, sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen sowie sonstige Dienstleistungen auf.

Die Heterogenität des Digitalisierungsgrades lässt erwarten, dass auch der Zusammenhang zwischen der Veränderung der Kapitalbestände in IuK-Technologien und der Veränderung der

Nutzungsdauer des Kapitals sektoral unterschiedlich ausfällt. Für die Analyse dieses Zusammenhangs im Zeitraum von 1995 bis 2020 konnten Angaben von Eurostat für bis zu 13 verschiedene Wirtschaftsabschnitte (WZ-1-Steller) in einem Sample von zehn europäischen Ländern (ohne Deutschland, Ungarn und Irland) ausgewertet werden. Dabei zeigt sich eine positive und signifikante Korrelation für elf von 13 Wirtschaftsabschnitten (Tabelle 1). Lediglich in den wenig digitalisierten Abschnitten Energieversorgung und Wasserversorgung, Abwasser-, Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen gibt es keine signifikante Korrelationsbeziehung. Über dem Durchschnitt von 0,24 lagen die Korrelationskoeffizienten in den Wirtschaftsabschnitten verarbeitendes Gewerbe, Handel, Verkehr, die Information und Kommunikation, freiberufliche, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen, sonstige wirtschaftliche sowie sonstige Dienstleistungen. Dies sind Sektoren, in denen Digitaltechnologien bereits intensiv genutzt werden. Besonders hohe Korrelationskoeffizienten haben dabei die sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen und der Informations- und Kommunikationssektor.

Tabelle 1: Korrelation zwischen den jährlichen Veränderungsraten des Digital- bzw. des Softwareindikators mit der Veränderungsrate der Relation von Netto- und Bruttoanlagevermögen insgesamt bzw. der Ausrüstungen in ausgewählten europäischen Ländern 1995-2020

	Korrelationskoeffizienten der Veränderungsraten	
	Digitalindikator/ Anlagevermögen insgesamt	Softwareindikator/ Anlagevermögen Ausrüstungen
Insgesamt	0.24 ***	0.25 ***
Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren	0.31 ***	0.11 *
Energieversorgung	0.02	-0.07
Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung usw.	-0.01	0.01
Baugewerbe/Bau	0.25 ***	0.20 ***
Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen	0.32 ***	0.33 ***
Verkehr und Lagerei	0.34 ***	0.24 ***
Gastgewerbe/Beherbergung und Gastronomie	0.20 ***	-0.05
Information und Kommunikation	0.33 ***	0.31 ***
Finanz- und Versicherungsdienstleistungen	0.14 **	0.05
Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen	0.33 ***	0.00
Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen	0.37 ***	0.06
Kunst, Unterhaltung und Erholung	0.19 ***	0.24 ***
Sonstige Dienstleistungen	0.41 ***	-0.06

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Ob auch ein Zusammenhang zwischen den jährlichen Veränderungen des Softwarekapitalbestands und denen des Anlagevermögens an Ausrüstungen besteht, kann mit den Daten für 12 europäische Länder getestet werden (ohne Irland). Die entsprechenden Korrelationskoeffizienten sind für nur fünf und damit weniger Wirtschaftszweige positiv und signifikant: Baugewerbe, Handel, Verkehr und Lagerei, Information und Kommunikation sowie Kunst, Unterhaltung und Erholung. Im verarbeitenden Gewerbe ist der Zusammenhang nur schwach signifikant. In einigen anderen Sektoren, in denen auch ein Zusammenhang zwischen den gesamten Digitalinvestitionen und dem Anlagevermögen insgesamt besteht, gibt es keine Korrelationen zwischen der Veränderung des Softwarekapitals und der Veränderung der Kapitalnutzungsdauer der Ausrüstungen: im Gastgewerbe, bei Finanz- und Versicherungsdiensten, bei freiberufliche, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen, den sonstigen wirtschaftlichen sowie den sonstige Dienstleistungen. (Tabelle 1). Insgesamt gibt die Korrelationsanalyse erste Hinweise darauf, dass vor allem in Sektoren, in denen IuK-Technologien bereits intensiver genutzt werden, die Nutzungsdauer des Anlagekapitals sinkt.

3.3 Abgrenzung zur allgemeinen Investitionstätigkeit

Eine zunehmende Digitalisierung ist begleitet durch eine Verringerung der Nutzungsdauer des Kapitalstocks. Dies gilt insgesamt im Durchschnitt und für die meisten Wirtschaftsabschnitte. Die Investitionen und damit der Ausbau des Anlagevermögens in den IKT-Bereichen und der Software können aber nicht nur Ausdruck von mehr oder weniger Digitalisierung sein, sondern auch Folge veränderter Investitionsbedingungen im Allgemeinen. Wichtig ist es daher, die Einflüsse der Veränderung der Investitionen in die Digitalisierung auf den Kapitalbestand und seine Nutzungsdauer möglichst von anderen Determinanten der Investitionskonjunktur zu trennen.

In multiplen Regressionen wurden deshalb die Zusammenhänge von Veränderungen der Investitionen in Digitalgüter und Software und der allgemeinen Investitionstätigkeit mit den Veränderungen des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen getestet. Unterschieden wurde dabei zwischen Veränderungen der allgemeinen Investitionstätigkeit über alle betrachteten EU-Länder und Sektoren hinweg und den spezifischen Investitionskonjunkturen der Länder und Sektoren.

Die Investitionstätigkeit reagiert zudem besonders heftig und abrupt auf krisenhafte Verwerfungen. Relevant im Beobachtungszeitraum ist hier insbesondere die Ende 2008 einsetzende Finanz- und Wirtschaftskrise mit ihren starken Auswirkungen insbesondere auf die

Durchschnittswerte des Jahres 2009. Entsprechend wurden die vorliegenden Regressionen für die Perioden 1995 bis 2008 und 2010 bis 2019 geschätzt. Auch wurde auf eine mögliche Ausweitung des Beobachtungszeitraumes auf das Jahr 2020 verzichtet, da sich hier bereits gravierende Einschnitte durch die Corona-Pandemie niedergeschlagen haben.

Die Ergebnisse der OLS-Schätzungen bestätigen dabei einen eigenständigen Zusammenhang zwischen den Veränderungen des Umfangs des Digitalkapitals (IKT-Güter und Software) auf die Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen insgesamt (Tabelle 2). Der Koeffizient des Einflusses der Veränderung der Digitalisierung nimmt zwar ab, wenn die Einflüsse der Veränderung der Investitionstätigkeit insgesamt in den Ländern und Sektoren berücksichtigt wird. Aber selbst, wenn die spezifischen Investitionskonjunkturen in einem Sektor innerhalb eines Landes berücksichtigt werden, bleibt der Zusammenhang zur Veränderung der Digitalisierung statistisch signifikant.

Tabelle 2: OLS-Schätzungen des Zusammenhangs von Veränderungen des Digitalindikator und der Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen insgesamt 1995-2008 und 2011-2019

Variablen	1995-2008				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Digitalindikator	0.0212***	0.0200***	0.0181***	0.0180***	0.0161***
Gesamtinvestitionen		0.0387***			
Branchenspezifische Investitionen			0.0484***		
Länderspezifische Investitionen				0.0232***	
Länder-und sektorspezifische Investitionen					0.0124***
Konstante	-0.00346***	-0.00499***	-0.00518***	-0.00462***	-0.00393***
Beobachtungen	1,859	1,859	1,859	1,859	1,859
R ²	0.037	0.044	0.087	0.046	0.09
Adjustiertes R ²	0.0361	0.0429	0.0858	0.0451	0.0888
F Wert	70.61	42.68	88.24	44.93	91.58
Variablen	2011-2019				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Digitalindikator	0.0403***	0.0381***	0.0374***	0.0231***	0.0343***
Gesamtinvestitionen		0.0516***			
Branchenspezifische Investitionen			0.0418***		
Länderspezifische Investitionen				0.0503***	
Länder-und sektorspezifische Investitionen					0.0117***
Konstante	-0.00497***	-0.00656***	-0.00649***	-0.00565***	-0.00550***
Beobachtungen	1,231	1,231	1,231	1,231	1,230
R ²	0.046	0.052	0.067	0.108	0.149
Adjustiertes R ²	0.0447	0.0506	0.0653	0.106	0.148
F Wert	58.59	33.76	43.95	74.16	107.7

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Der eigenständige Einfluss zunehmender Digitalisierung auf die Verringerung der Nutzungsdauer des gesamten Kapitalstocks wird für beide Perioden nachgewiesen. Die Stärke des Zusammenhangs ist gemessen an der Höhe der Koeffizienten allerdings in der zweiten Periode deutlich ausgeprägter. So liegt im Zeitraum zwischen 1995 und 2008 der Einfluss der Veränderung der Digitalisierung und der sektor- und länderspezifischen Investitionskonjunktur etwa gleich auf. Im Zeitabschnitt zwischen 2010 und 2019 liegt der Einfluss veränderter Digitalisierung auf die Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen insgesamt dagegen dreimal so hoch wie der der Investitionskonjunktur.

Noch deutlicher ausgeprägt sind die Unterschiede zwischen beiden Perioden, wenn man die Zusammenhänge zwischen Veränderungen der Softwareanlagebestände und des Verhältnisses von Netto- zu Bruttokapital nur für das Ausrüstungsvermögen betrachtet (Tabelle 3).

Tabelle 3: OLS-Schätzungen des Zusammenhangs von Veränderungen des Softwareindikators und der Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen der Ausrüstungen 1995-2008 und 2011-2019

Variablen	1995-2008				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Softwareindikator	0.00329	0.00282	0.00272	0.000426	0.000341
Gesamtinvestitionen		0.0758***			
Branchenspezifische Investitionen			0.0510***		
Länderspezifische Investitionen				0.0570***	
Länder-und sektorspezifische Investitionen					0.0228***
Constant	0.000555	-0.00253**	-0.00143*	-0.00243***	-0.000596
Beobachtungen	2,176	2,176	2,176	2,176	2,176
R ²	0.001	0.008	0.015	0.016	0.042
Adjustiertes R ²	0.000585	0.00708	0.0141	0.0151	0.0415
F Wert	2.274	8.750	16.54	17.62	48.11
2011-2019					
Variablen	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Softwareindikator	0.0371***	0.0349***	0.0351***	0.0139	0.0342***
Gesamtinvestitionen		0.100***			
Branchenspezifische Investitionen			0.0593***		
Länderspezifische Investitionen				0.0830***	
Länder-und sektorspezifische Investitionen					0.0112***
Constant	-0.00238**	-0.00552***	-0.00459***	-0.00394***	-0.00297***
Beobachtungen	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460
R ²	0.011	0.017	0.021	0.045	0.030
Adjustiertes R ²	0.0103	0.0154	0.0197	0.0435	0.0290
F Wert	16.18	12.42	15.68	34.14	22.81

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Im Zeitraum zwischen 1995 und 2008 kann kein statistisch signifikanter Einfluss des Softwareindicators auf die Nutzungsdauer des Ausrüstungskapitals nachgewiesen werden. Bestätigt wird lediglich der Zusammenhang zwischen den Veränderungen der Investitionstätigkeit in den Ländern und Sektoren auf die Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoausrüstungsvermögen.

Im Zeitabschnitt zwischen 2010 und 2019 dagegen besteht zwischen dem zunehmenden Einsatz von Software (Veränderung des Softwarekapitalstocks) und der Verringerung der Kapitalnutzungsdauer der Ausrüstungen (Veränderung des Verhältnisses von Netto- zu Bruttoanlagevermögen) ein statistisch gesicherter Zusammenhang. Dies gilt auch dann, wenn man für die Einflüsse der sektor- und länderspezifischen Investitionskonjunktur kontrolliert. Der Einfluss der Veränderung des Einsatzes von Software ist dabei wiederum dreimal so hoch wie der der Veränderung der Investitionstätigkeit in den Sektoren der einzelnen Länder. Lediglich die teils ausgeprägten Unterschiede der Investitionsverläufe zwischen den einzelnen betrachteten EU-Ländern überdecken offenbar den Einfluss der Digitalisierung auf die Veränderung der Kapitalnutzungsdauer.

4 Schlussfolgerungen

In den letzten Jahrzehnten ist in Europa tendenziell das Verhältnis von Netto- zu Bruttokapitalstock gesunken, was auf eine Verlängerung der Nutzungsdauer des Kapitalstocks und damit eine Ausweitung der Amortisationszeit der eingesetzten Investitionsmittel hindeutet. Zwar kann Digitalisierung grundsätzlich auch zu längerer Nutzung des vorhandenen Kapitalstocks beitragen, im Durchschnitt der wichtigsten Ökonomien in der EU allerdings weisen die vorgelegten empirischen Analysen darauf hin, dass die Digitalisierung die Nutzungsdauer des Sachkapitals verkürzt.

Der Zusammenhang zwischen steigenden Digitalisierungsinvestitionen und der Verringerung der Kapitalnutzungsdauer wird über die Zeit stärker. Insbesondere nach der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008/2009 wird die Verbindung zwischen mehr Digitalisierung und kürzeren Nutzungsdauern immer enger. Digitalisierung wird damit tendenziell nicht den schon jetzt hohen volkswirtschaftlichen Investitionsbedarf in Deutschland (Bardt, Dullien, Hüther, & Rietzler, 2019) verringern, sondern im Gegenteil noch erhöhen. Je mehr die Digitalisierung voranschreitet, desto mehr Investitionen werden benötigt, um den schneller veraltenden Kapitalstock zu ersetzen. Gleichzeitig sinkt mit der verkürzten Lebensdauer des Anlagevermögens die potenzielle Amortisationszeit.

Zur Sicherung von Wohlstand und Wachstum ist es erforderlich, die Investitionsneigung weiter zu steigern. Für die Wirtschaftspolitik leitet sich daraus ab, durch geeignete Maßnahmen die Bedingungen für Investitionen zu verbessern. Die Investitionskommission des Bundeswirtschaftsministeriums hat hierzu schon 2015 einen umfassenden Forderungskatalog vorgelegt (BMWi, 2015). Dieser sieht neben der Ausweitung komplementärer Bildungs- und Infrastrukturinvestition und dem Abbau bürokratischer Hemmnisse auch eine Flankierung durch steuerliche Anreize vor. Neben den im Koalitionsvertrag angekündigten Sonderabschreibungen auf einzelne Güterarten könnte hier auch an generell günstigere Abschreibungsregeln gedacht werden. Ein Weg ist die Einführung degressiver Abschreibungssätze (Belitz, et al., 2020), ein anderer die allgemeine Verkürzung der für die steuerlichen Abschreibungen zugrunde gelegten betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauern (Fratzscher, Gornig, & Schiersch, 2016).

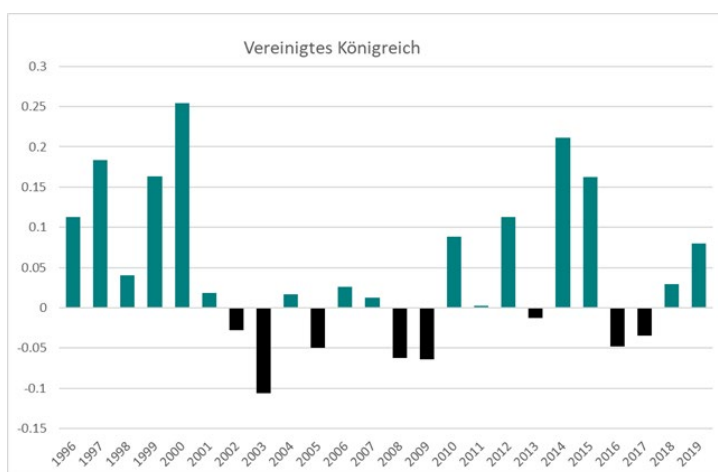
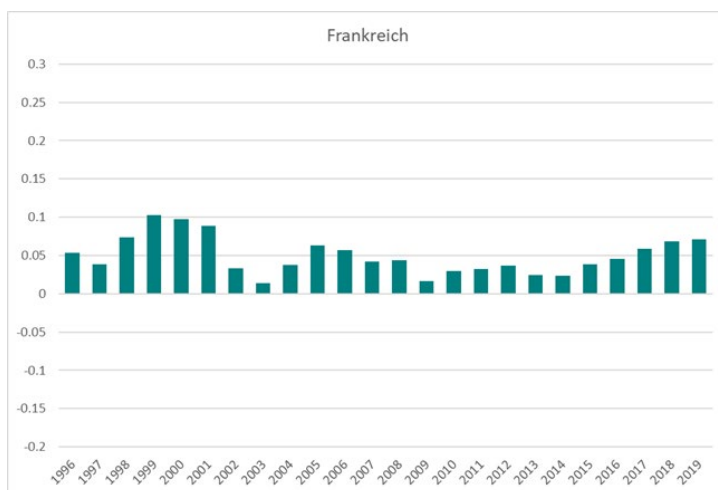
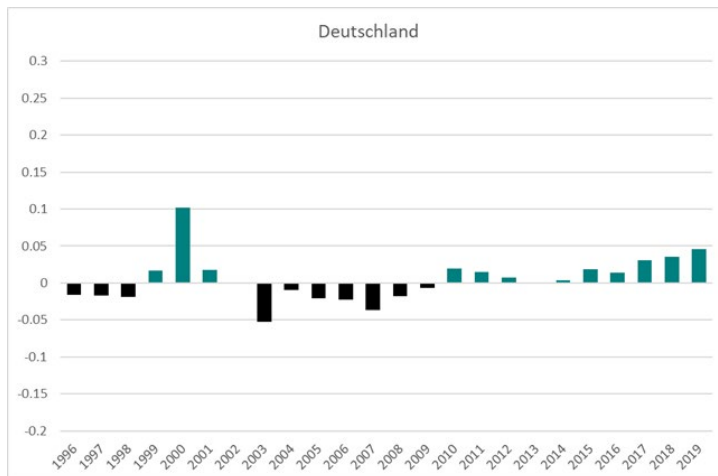
Literatur

- B&R Industrial Automation GmbH. (2021): Das perfekte Zusammenspiel. automotion: Das Technologie-Magazin von B&R. Themenschwerpunkt Simulation und digitale Zwillinge 09/2021. 21. S. 4-9. von www.br-automation.com/automotion abgerufen.
- Bardt, Hubertus, Sebastian Dullien, Michael Hüther, Katja Rietzler (2019): Für eine solide Finanzpolitik: Investitionen ermöglichen! *IMK Report 152*.
- Baur, Paul (2018): Digitale Technologie für sicherere Brücken. Abgerufen am 12. 12 2022 von SAP News Center / Feature/ Internet der Dinge: <https://news.sap.com/germany/2018/11/sichere-bruecken-iot-digitaler-zwilling/>.
- Belitz, Heike, Marius Clemens, Marcel Fratzscher, Martin Gornig, Claudia Kemfert, Alexander Kritikos, Karsten Neuhoff, Malte Rieth, C. Katharina Spieß (2020): Mit Investitionen und Innovationen aus der Corona-Krise. *DIW-Wochenbericht*, 87(24). S. 442-451.
- Bitkom e.V. (2020): Stellungnahme: Verbesserung der Abschreibungsbedingungen für digitale Technologien. Von <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Abschreibungsbedingungen-fuer-digitale-Technologien> abgerufen.
- BMWi (2015): Stärkung von Investitionen in Deutschland. Bericht der Expertenkommission des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- Calvino, Flavio, Chiara Criscuolo, Luca Marcolin, Mariagrazia Squicciarini (2018): A taxonomy of digital intensive sectors. Paris: OECD.
- Cavanaugh, Joseph E., Andrew A. Neath(2019): The Akaike information criterion: Background, derivation, properties, application, interpretation, and refinements. *WIREs Comput Stat*(e1460.).
- Demary, Markus, Jonas Zdrzalek (2022): Transformation in NRW – Wie kann die digitale und klimklimate neutrale Transformation der Unternehmen in NRW am besten finanziert werden? IW Gutachten. Köln.
- Demary, Vera, Henry Goecke (2021): Digitalisierung der Branchen in Deutschland – eine empirische Erhebung. *Wirtschaftsdienst*. 101(3). S. 181–185.
- Deutsche Bundesbank Monatsbericht (2007): Investitionstätigkeit in Deutschland unter dem Einfluss von technologischem Wandel und Standortwettbewerb. Deutsche Bundesbank. Frankfurt/Main.
- DIHK (2016): Wirtschaft digital: Perspektiven erkannt, erste Schritte getan. Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung, Berlin.

- Doms, Mark E., Wendy E. Dunn, Stephen D. Oliner, Daniel E. Sichel (2004): How Fast Do Personal Computers Depreciate? Concepts and New Estimates. National Bureau of Economic Research. Cambridge.
- Fratzscher, Marcel, Martin Gornig, Alexander Schiersch (2016): Investitionsschwäche der Unternehmen schafft Handlungsbedarf. DIW-Wochenbericht. 83(15). S. 275-280. Berlin.
- Funke, Michael, Terasa Raphael (2022): Temporary Super Depreciation Allowances for Green and Digital Investments. CESifo. München.
- Geske, Michael J., Valerie A. Ramey, Matthew D. Shapiro (2007): Why Do Computers Depreciate? In Berndt, Ernst R. & Charles R. Hulten: Hard-to-Measure Goods and Services: Essays in Honor of Zvi Griliches. National Bureau of Economic Research. S. 121-150.
- Glaessgen, Edward H., David Stargel (2012): The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics. Von <https://doi.org/10.2514/6.2012-1818> abgerufen.
- IDC Corporate USA (2020): Digital Transformation Investments to Top \$6.8 Trillion Globally as Businesses & Governments Prepare for the Next Normal.
- Krebs, Tom, Martin Scheffel (2017): Öffentliche Investitionen und inklusives Wachstum in Deutschland. Bertelsmann-Stiftung. Gütersloh.
- Lansbury, M., S. Soteri, Garry Young (1997): Retrospective Estimates of Capital stock. NIESR Report to the Office for National Statistics.
- Rincon-Aznar, Ana, Rebecca Riley, Garry Young (2017): Academic Review of Asset Lives in the UK. National Institute of Economic and Social Research (NIESR). National Institute of Economic and Social Research (NIESR).
- Spengel, Christoph, Katharina Nicolay, Ann-Catherin Werner, Marcel Olbert, Daniela Steinbrenner, Frank Schmidt, Thomas Wolf (2018): Steuerlicher Digitalisierungsindex 2018, Steuerliche Standortattraktivität digitaler Geschäftsmodelle. PWC. Mannheim.
- Stiroh, Kevin J. (2001): Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say? Federal Reserve Bank of New York. New York.

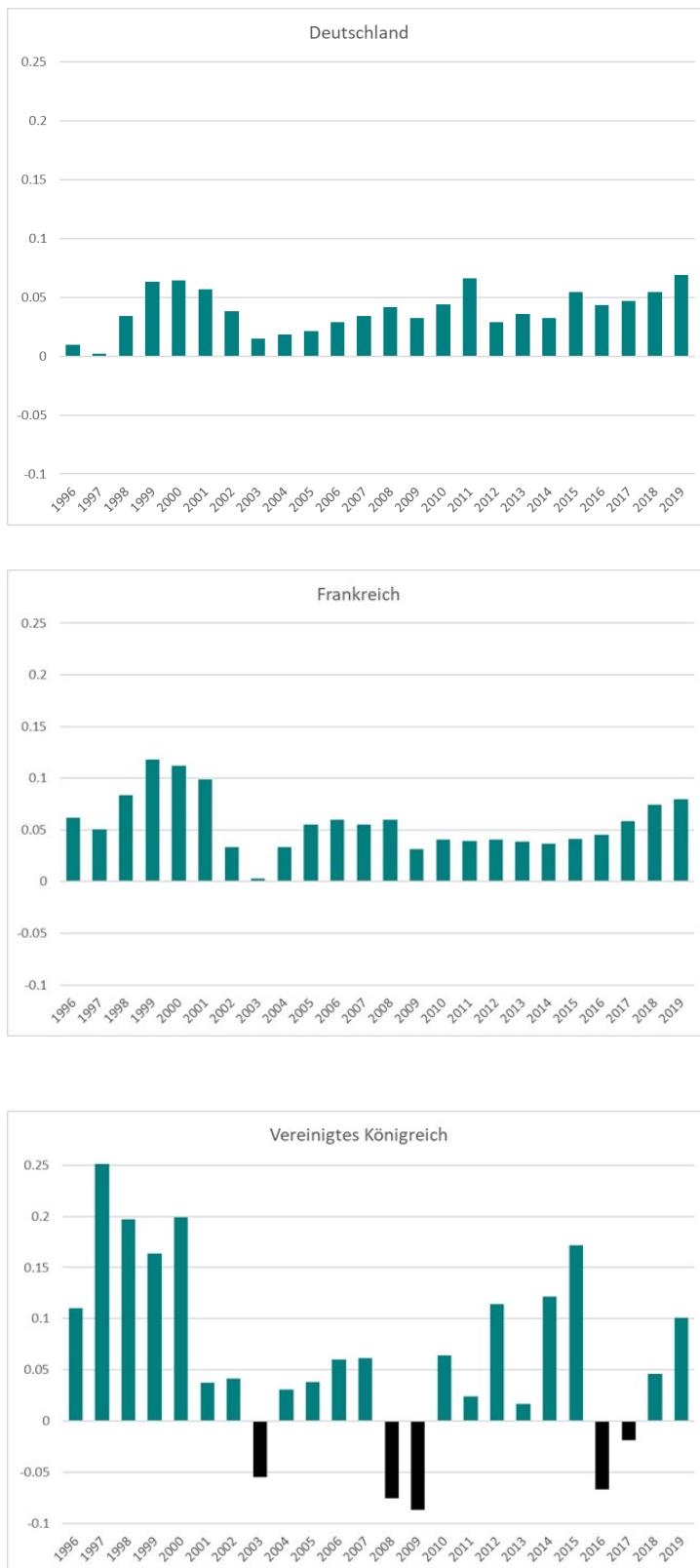
Anhang

Abbildung A 1: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Anlagebestände an Digitalgütern und Software in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019



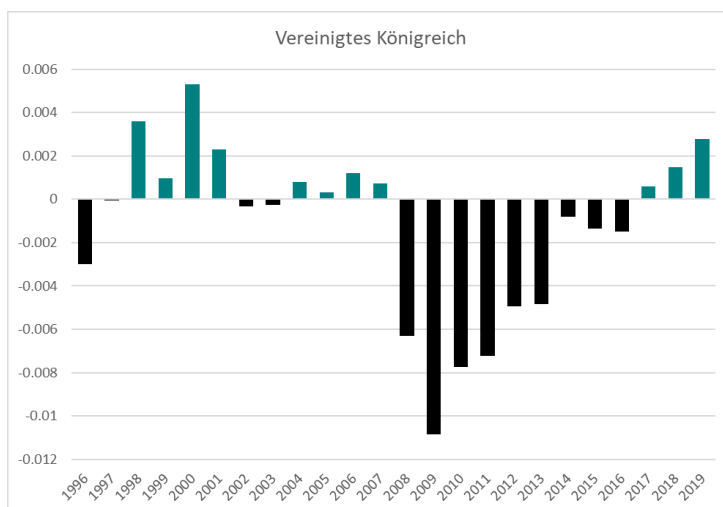
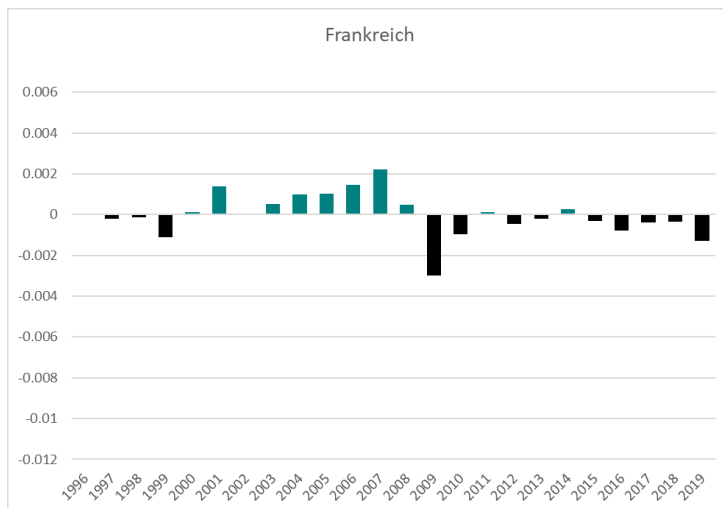
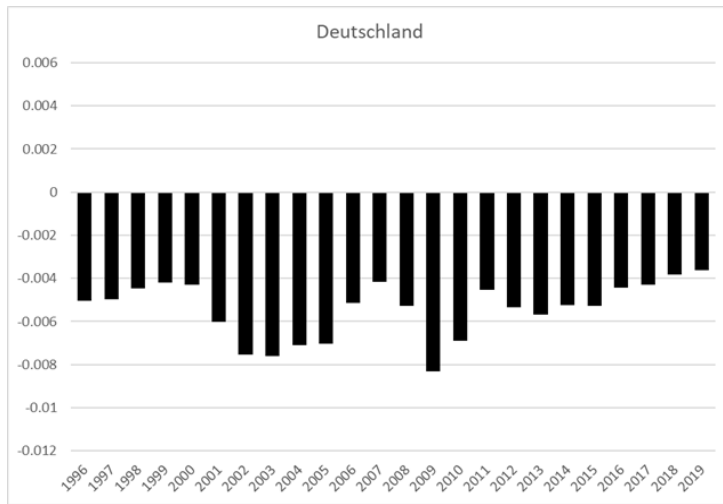
Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung A 2: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Investitionen in Software in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019



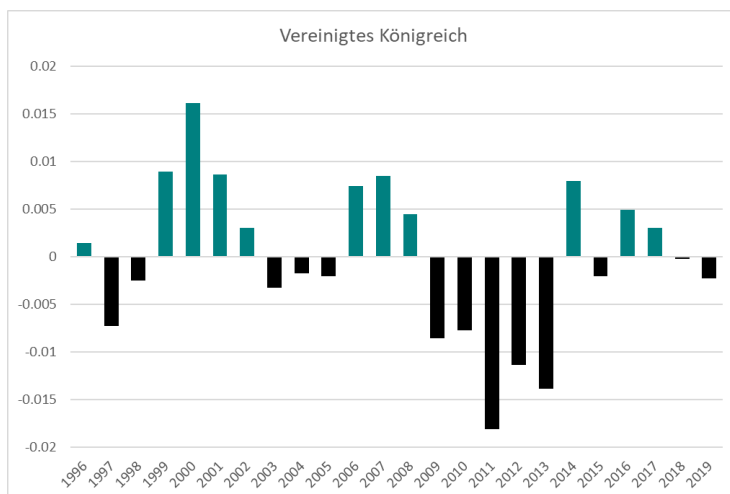
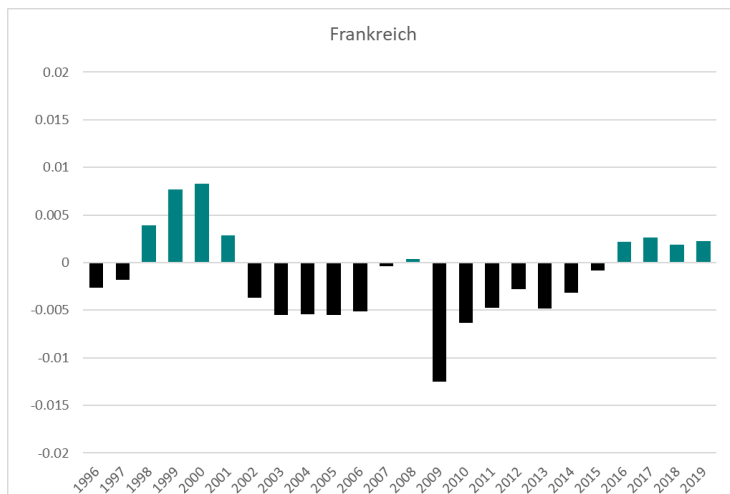
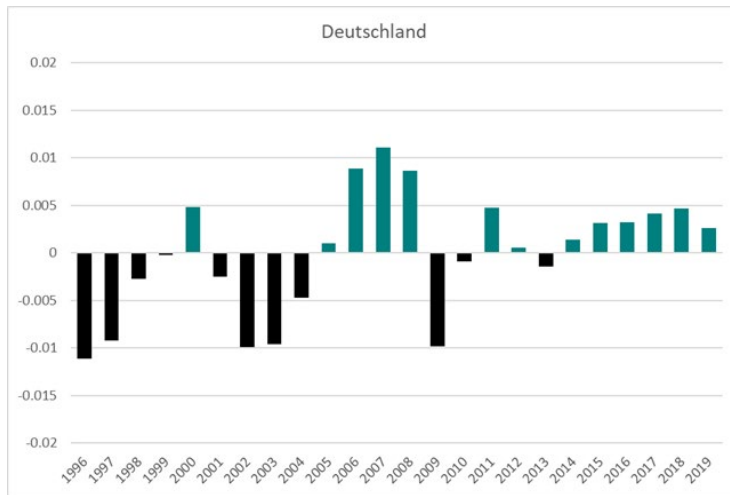
Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung A 3: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des gesamten Anlagevermögens in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019



Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung A 4: Durchschnittliche jährliche Veränderung der Relation von Netto- zu Bruttokapitalstock des Anlagevermögens der Ausrüstungen in Deutschland, Frankreich und im Vereinigten Königreich 1995 bis 2019



Quelle: Eurostat; Berechnungen des DIW Berlin.