

Die Digitalisierung aus  
Innovationsperspektive

—  
perspektiven

policy brief

01 - 2021



# Die Digitalisierung aus Innovationsperspektive

---

**Faktencheck und Handlungsbedarf**

## **Autoren**

Bernd Beckert, Elisabeth Eberling, Alexander Feidenheimer, Michael Friedewald, Matthias Gotsch,  
Marian Klobasa, Henning Kroll, Christian Lerch, Nicholas Martin, Torben Schubert

# Hintergrund

---

**Die Corona-Krise hat der Digitalisierung einen Schub verliehen – vorhandene Pläne mussten schneller als gedacht umgesetzt, Testphasen abgekürzt oder übersprungen werden und dort, wo es keine Pläne gab, galt es zu improvisieren.**

Im Schnelldurchlauf wurden Kommunikationstools für das Homeoffice, das Homeschooling, die Telemedizin, die virtuelle Kundenansprache und andere Bereiche ausprobiert und für den täglichen Einsatz angepasst. Vieles wurde möglich, was zuvor undenkbar erschien, aber nicht alles klappte auf Anhieb.

Die Krise offenbarte auch Deutschlands Defizite bei der Digitalisierung: unzureichender Ausbau der Glasfaser- und Mobilfunknetze, ein geringer Digitalisierungsgrad der öffentlichen Verwaltung mit einem Patchwork inkompatibler Systeme, eine häufig verbreitete Unternehmenskultur, welche die Potenziale der Digitalisierung auf Effizienzgewinne reduziert. Auf der anderen Seite wurde auch deutlich, was die Virtualisierung nicht leisten kann und was fehlt, wenn man auf persönliche Begegnungen verzichten muss.

## Bestandsaufnahme

Die anfängliche Euphorie über den Digitalisierungsschub ist inzwischen einer nüchternen Bestandsaufnahme gewichen und es wird die Frage diskutiert, was bleibt, wenn sich die Verhältnisse wieder normalisieren. Sicher ist, dass die Digitalisierung unser tägliches Leben, unsere Arbeit und fast alle gesellschaftlichen Kontexte stärker bestimmen wird als zuvor.

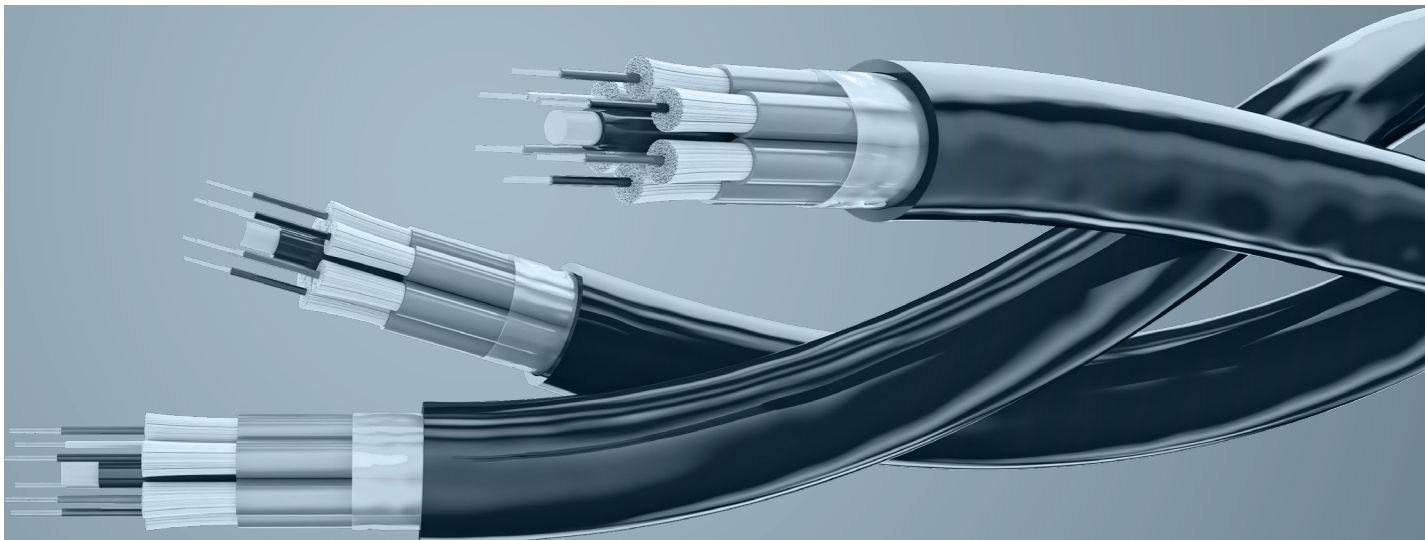
Auch in diesem Policy Paper versuchen wir eine Bestandsaufnahme der Digitalisierung – aus der Innovations- und Transformationsperspektive heraus. Dabei kommen ausgewählte Aspekte der Digitalisierung zur Sprache, die sich aus Erkenntnissen einer Vielzahl von Forschungsprojekten des Fraunhofer ISI speisen. Die übergreifende Frage lautet: »Welche Innovationspotenziale bietet die Digitalisierung?«, beziehungsweise »Was können Politik, Wirtschaft und Gesellschaft tun, um mit Hilfe digitaler Technologien nachhaltige Innovationen zu realisieren?«

Dabei konzentrieren wir uns auf Aspekte, die wir für besonders relevant halten und mit denen wir uns am Fraunhofer ISI in den letzten Jahren intensiv beschäftigt haben. Anhand von acht Fragen versuchen wir, die Innovationspotenziale der Digitalisierung zu bestimmen, die Voraussetzungen ihrer Realisierung aufzuzeigen und die sich daraus ergebenden Handlungsoptionen zu benennen.

Die Fragen beziehen sich auf die Voraussetzungen der Digitalisierung (01), auf konkrete Auswirkungen auf Innovationsprozesse (02, 03, 04), auf die Bereiche Produktion (05), Energie (06) und Umwelt (07) sowie auf die Notwendigkeit, Digitalisierungsprozesse adäquat zu messen, um die stattfindenden Transformationsprozesse bewerten und steuern zu können (08).

# 08

## Fragen zu den Innovationspotenzialen von Digitalisierung



## Fragen

Die Fragen lauten:

01

**Was sind aus Innovationssicht die Schwachstellen der digitalen Infrastruktur in Deutschland?**

02

**Wann führt die Digitalisierung zu offeneren Innovationsprozessen?**

03

**Welche Auswirkungen hat die strenge europäische Datenschutzregulierung auf das Innovationsgeschehen?**

04

**Wie können vertrauenswürdige KI-Systeme praktisch umgesetzt werden?**

05

**Wie lässt sich das Produktivitätsparadoxon der Digitalisierung auflösen?**

06

**Wie können Digitalisierung und Künstliche Intelligenz die Energiewende beschleunigen?**

07

**Wie lassen sich die Umwelteffekte der Digitalisierung besser analysieren?**

08

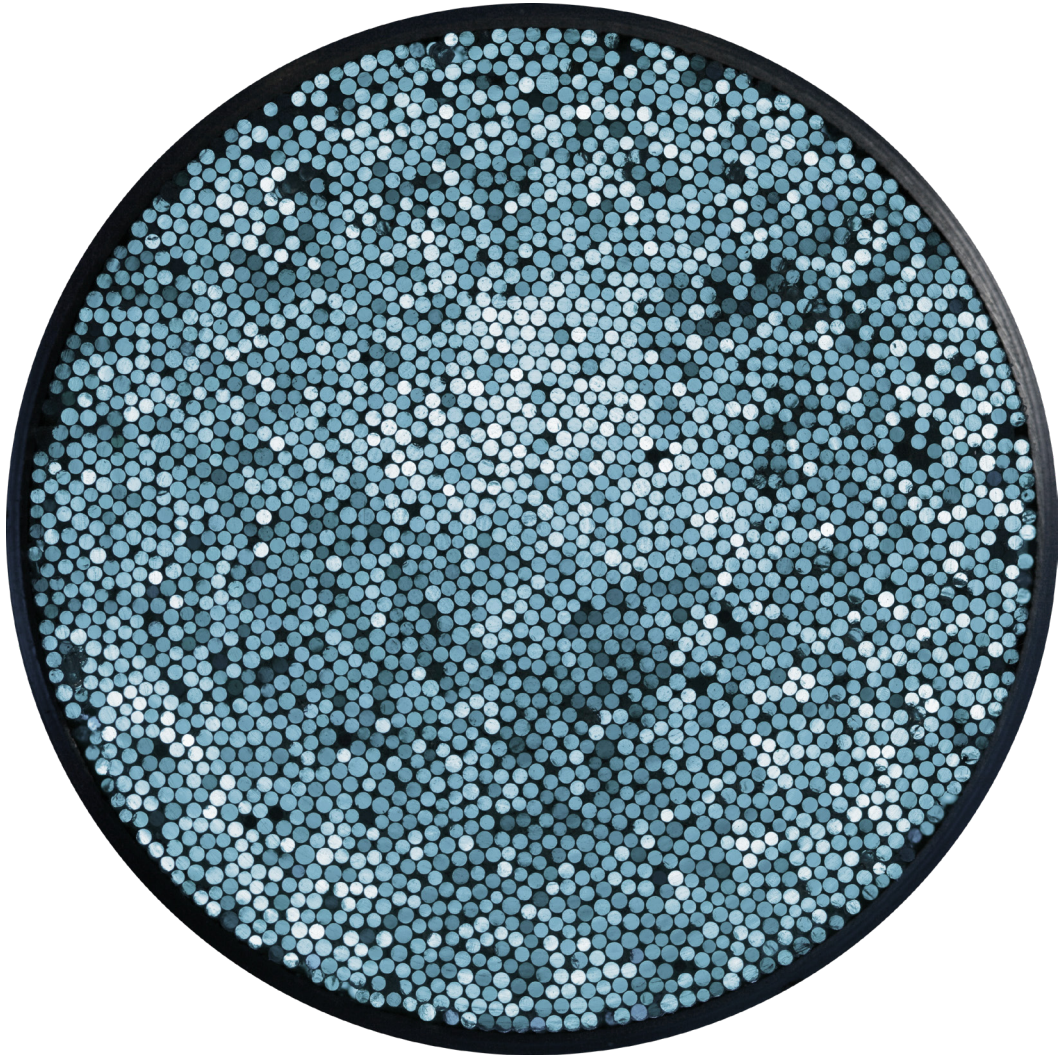
**Wie kann die ökonomische Wirkung der Digitalisierung konzeptionell und methodisch besser abgeschätzt werden?**

Die Themenwahl ist sicher nicht vollständig, die Digitalisierung umfasst als Querschnittstechnologie und Megatrend viele weitere Bereiche des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens. Die ausgewählten Themen stehen aber beispielhaft für viele Fragen, die die Digitalisierung aufwirft.

In allen acht Teilfragen beziehen wir uns auf den aktuellen Stand der Forschung. Nicht immer lassen sich eindeutige Antworten auf die gestellten Fragen geben. Die Digitalisierung erweist sich als kein Thema der Entweder-Oder-Aussagen, sondern erfordert differenzierte Antworten. Dennoch sind Handlungsbedarfe und wissenschaftliche Desiderate ableitbar – dort nämlich, wo die Möglichkeiten der Digitalisierung noch nicht erkannt werden oder wo Chancen auf nachhaltige Innovationen verspielt zu werden drohen.



**Handlungsbedarfe für die Möglichkeiten und Chancen von Digitalisierung erkennen**





# Kernaussagen

---

Im Kurzteil haben wir die Kernaussagen zu acht aus unserer Sicht wichtigen Digitalisierungs-Fragen zusammengefasst und möchten hier kurz und knapp den Forschungsstand darlegen.

## 01

### Was sind aus Innovationssicht die Schwachstellen der digitalen Infrastruktur in Deutschland?

Die Corona-Krise hat die Lücken in der Breitband-Internet-Versorgung deutlich aufgezeigt. Gerade bei den leistungsfähigen und zukunftssicheren Glasfaseranschlüssen hinkt Deutschland stark anderen europäischen Ländern hinterher: Im Unterschied zu Schweden (56,8 Prozent), Spanien (53,3 Prozent) oder Frankreich (25,6 Prozent) hatten hierzulande Ende 2020 nur 3,3 Prozent aller Haushalte Glasfaseranschlüsse.

Leistungsfähige Netze sind aus Innovationssicht besonders wichtig. Denn dort, wo schnelle Leitungen und stabile Verbindungen verfügbar sind, profitieren Wirtschaft und Gesellschaft, werden kreative Kräfte freigesetzt und digitale und soziale Innovationen verschiedenster Art möglich. Deshalb muss die Politik den Breitbandausbau weiter vorantreiben und die Telekommunikationsunternehmen konsequenter auf Glasfaser setzen. Und die Kommunen in ländlichen Gebieten sollten weitere Expertise aufbauen, um dort eigene Netze zu bauen, wo sich dies für private Unternehmen nicht lohnt. In der Corona-Krise konnten Telekommunikations- und Kabel-TV-Unternehmen ein Stück in die digitale Zukunft blicken und feststellen, dass Bedarfe schneller wachsen können als erwartet. Jetzt gilt es, die Infrastrukturlücken in einer konzertierten Aktion möglichst schnell zu schließen.

## 02

### Wann führt die Digitalisierung zu offeneren Innovationsprozessen?

Die Digitalisierung ermöglicht neue Feedback- und Beteiligungsformen, etwa von Kund:innen, Zulieferern oder anderen externen Akteuren bei der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen. »Open Innovation« grenzt sich vom konventionellen Verständnis ab, bei dem in einem abgeschlossenen unternehmensinternen Bereich Innovationen durch die FuE-Abteilung entwickelt und umgesetzt werden (»Closed Innovation«). Vielfach wurde argumentiert, dass Open Innovation als neue Stufe der Öffnung von Innovationsprozessen konventionelle Prozesse komplett ablösen wird, zumindest aber zum dominanten Innovationsmodus wird.

Tatsächlich ist die Situation komplexer. Die Open Innovation-Entwicklung ist wie die Digitalisierung kein Automatismus. Die Vorteile offener Beteiligungsprozesse lassen sich von Unternehmen, Verwaltungen und der Gesellschaft nur nutzen, wenn sich die Akteure aktiv auf den neuen Innovationsmodus und neue Kooperationen einlassen, wenn sie sich noch stärker vernetzen und digitale Plattformen aktiv nutzen.

Daher braucht es hier einen breiteren innovationspolitischen Blick, der über die rein betriebswirtschaftlich relevanten Aspekte von Open Innovation hinausgeht, um die tatsächliche Veränderung von Innovationsprozessen in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft adäquater zu erfassen und die sich daraus ergebenden Transformationspotenziale aufzuzeigen.

## 03

### Welche Auswirkungen hat die strenge europäische Datenschutzregulierung auf das Innovationsgeschehen?

Die Klage, die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sei ein bürokratisches Monster, das nur Kosten verursache und Innovationen verhindere, taucht immer wieder auf. Empirisch gesehen ist die Sache allerdings weniger eindeutig. Es fehlen belastbare Analysen zu innovationsfördernden und -hemmenden Auswirkungen des strengeren Datenschutzes. Deshalb werden oft Umfrageergebnisse herangezogen, in denen Firmen angeben, »innovative Projekte« seien aufgrund der neuen Verordnung gescheitert. Demgegenüber steht, dass viele Unternehmen auch »Vorteile« durch die DSGVO für ihre Firma sehen. Es stellt sich die Frage, ob eine derartige Gegenüberstellung nicht sehr unterschiedliche Dinge bilanziert.

Aus innovationspolitischer Sicht ist die entscheidende Frage, ob es Anbietern aus Deutschland und Europa gelingt, die Vorgaben des strengen europäischen Datenschutzes effizient und nutzerfreundlich umzusetzen und ob sich ein Leitmarkt entwickeln kann, wie dies zum Beispiel bei der Regulierung des Umweltschutzes in der Vergangenheit der Fall war.

Ziel der europäischen Datenschutzregelung ist es, Rechtssicherheit, Verbraucherschutz und Nutzervertrauen zu fördern. Unbestritten ist, dass die EU hier Standards geschaffen hat, die eine globale Ausstrahlung haben und Beachtung finden. Unklar ist dagegen, inwieweit sich daraus auch Wettbewerbsvorteile für europäische Produkte und Dienstleistungen ergeben. Die genaue Analyse von Innovationseffekten schärft den Blick für die unterschiedlichen Wirkungsdimensionen. Sie kann darüber hinaus auch wichtige Impulse für die aktuelle Debatte um eine regulatorische Einhegung von Markt- und Meinungsmacht im Internet liefern.

## 04

### Wie können vertrauenswürdige KI-Systeme konkret umgesetzt werden?

Künstliche Intelligenz (KI) stellt eine neue Stufe der Entwicklung von automatisierten, autonomen Systemen dar. Mit ihrer Verbreitung stellen sich Fragen der Vertrauenswürdigkeit, im Hinblick auf die Privatsphäre und letztlich Fragen der Selbstbestimmung des Menschen.

Die Diskussion hierzu wird unter der Überschrift »vertrauenswürdige KI« geführt. Vertrauenswürdigkeit soll künftig zu einem Qualitätsmerkmal europäischer KI-Systeme werden. Um dies zu erreichen, wurden konzeptionelle Vorschläge gemacht, Implementations-Leitfäden geschrieben und Zertifizierungssysteme entworfen. Woran es derzeit allerdings fehlt, sind konkrete Beispiele für entsprechende Umsetzungen. Erfolgsbeispiele sind aber dringend notwendig, um die Vorteile vertrauenswürdiger KI-Systeme zu demonstrieren und Nachahmer zu motivieren.

Die Implementierung vertrauenswürdiger KI ist ein interdisziplinäres Projekt, in das neben Informatiker:innen und Ingenieur:innen auch Sozial- und Geisteswissenschaftler:innen eingebunden werden sollten – und zwar nicht erst nachträglich, sondern bereits in frühen Phasen des Entwicklungs- und Implementierungsprozesses. Die sozialwissenschaftliche Technikforschung stellt hierfür eine ganze Reihe von Methoden und Interventionsmöglichkeiten bereit. Die Forschungs- und Innovationspolitik sollte jetzt Anreize setzen, damit entsprechende Implementierungen umgesetzt werden, die einen originär europäischen KI-Ansatz mit erfolgreichen Beispielen untermauert.

## 05

### Wie lässt sich das Produktivitätsparadoxon der Digitalisierung auflösen?

Die Produktivitätsentwicklung ist ein wesentlicher Indikator zur Erfolgsmessung von Unternehmen, insbesondere im produzierenden Gewerbe. Die mit der Digitalisierung verbundenen beziehungsweise erhofften Produktivitätsfortschritte lassen sich allerdings derzeit nicht mittels der amtlichen Statistik zeigen. Es scheint, als würden die Kosten der Digitalisierung den Nutzen im Sinne einer erhöhten Produktivität übersteigen; ein Phänomen, das als Produktivitätsparadoxon bekannt ist.

Dieses lässt sich nur durch eine erweiterte Perspektive auflösen, mit der man auf die Wirkungen der Digitalisierung blickt. Die Innovationsforschung versucht hier über bestehende volkswirtschaftliche Ansätze hinauszukommen und mittels neuer Erklär-Modelle und Methoden das Zusammenspiel von Produktivitätsentwicklung und Digitalisierung differenziert zu betrachten und zu erklären. Hierzu gehört, dass neben den Effizienzgewinnen durch den Einsatz digitaler Technologien auch die Impacts der Arbeitsflexibilisierung, der höheren Arbeitsqualität und der Erschließung von Innovationspotenzialen durch neue digitale Wertschöpfungsmodelle Berücksichtigung finden.



## 06

### Wie können Digitalisierung und KI die Energiewende beschleunigen?

Die Digitalisierung und besonders die KI verbessern schon heute wichtige Prozesse im Rahmen der Energiewende. KI hilft etwa die Entscheidungsgrundlagen für den Betrieb und die Organisation des Energiesystems zu erstellen sowie bei der Planung von Energieinfrastrukturen eine Vielzahl an Randbedingungen zu berücksichtigen. Das Energiesystem der Zukunft wird geprägt sein von vielen kleinen Solaranlagen, Stromspeichern und flexiblen Stromanwendungen wie Wärmepumpen oder Elektrofahrzeugen. KI kann hier die Auslastung und damit den Infrastrukturbedarf sowie die Zusammenführung von Energieerzeugung und -bedarf optimieren.

Voraussetzung für ein effizientes Energiesystems ist, dass entsprechende Daten von Erzeuger:innen, Nachfrager:innen und Netzen zur Verfügung stehen und durch KI ausgewertet werden können. Dazu ist eine leistungsfähige und anwendungsorientierte Messinfrastruktur unter anderem zum Netzzustand und in den Haushalten notwendig, die derzeit noch weitgehend fehlt. Nur wenn genügend Daten zur Verfügung stehen, lassen sich innovative Services und neue Geschäftsmodelle mit dezentralen Erzeugern umsetzen. In verschiedenen Pilotprojekten wurden Vorgehensweisen erprobt und Erfolgsfaktoren identifiziert, die Unternehmen und Politik nun nutzen sollten, um die Energiewende weiter voranzubringen.

## 07

### Wie lassen sich die Umwelteffekte der Digitalisierung besser analysieren?

Die mit der Digitalisierung einhergehenden Veränderungen wirken sich auch auf die Umwelt aus. Dabei stellt sich die Frage nach den Nettoeffekten: Ob und inwieweit die Digitalisierung eher zu einer Be- oder Entlastung für die Umwelt führt, ist bei der Nachhaltigkeitsdiskussion entscheidend. Obwohl es konkrete Vorschläge zur Untersuchung des Potenzials der Digitalisierung in Bezug auf Umwelteffekte gibt, steht eine umfassende, systematische Betrachtung derzeit aus. Dies hängt auch mit der Komplexität der Materie zusammen, denn die ökologischen Effekte können nicht losgelöst von ökonomischen und sozialen Fragestellungen betrachtet werden.

Dabei ist eine genauere Analyse der Umweltwirkungen notwendig, insbesondere, weil sich politische Vorgaben zur Steuerung der Entwicklung nur mit empirischen Erkenntnissen

begründen lassen. Auch die Frage, inwieweit gesellschaftliche Verhaltensänderungen – beispielsweise hin zu einer stärkeren Suffizienz – erforderlich sind, um positive Umweltwirkungen zu erzielen, ist davon betroffen.

Der Beitrag der Innovationsforschung besteht darin, mit jeweils angepassten Methoden Teilbereiche im Hinblick auf die jeweiligen Bedingungen positiver Umweltwirkungen der Digitalisierung zu analysieren. Denn durch die enorme Dynamik und den Querschnittscharakter der Digitalisierung reicht es heute nicht mehr aus, »die Digitalisierung« als Ganzes zu untersuchen.

## 08

### Wie kann die ökonomische Wirkung der Digitalisierung konzeptionell und methodisch besser abgeschätzt werden?

Im Ländervergleich zeigt sich, dass digitale Technologien unterschiedlich genutzt werden, was sich entsprechend auf die wirtschaftliche Performance von Nationalökonomien auswirkt. Die USA konnten sich zum Beispiel ökonomische Vorteile verschaffen, indem sie digitale Technologien in der nationalen Wertschöpfung verankert und digitale Leitmärkte geschaffen haben. Für zahlreiche europäische Länder, darunter Deutschland, verbindet sich dagegen mit der Digitalisierung eine erhebliche Herausforderung, da sie etablierte Grundlagen technologischer Wettbewerbsfähigkeit, auf denen bisheriger Wohlstand beruhte, in Frage stellt und eine Neuaufstellung erfordert.

Die präzise Beschreibung und Messung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Digitalisierung ist eine wichtige Voraussetzung für nationale Anpassungs- und Steuerungsstrategien. Wirtschafts- und innovationspolitische Maßnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit sollten dabei auf Studien basieren, die sowohl die Effekte von nicht grundsätzlich strukturverändernden digitalen Innovationen abschätzen als auch disruptive Innovationen einbeziehen.

Die Innovationsforschung hat hierfür ein Wirkungspfad-Modell entwickelt, das die drei Ebenen »Technologie«, »Anwendungskontext« und »Wirkungsrichtung« unterscheidet und spezifisch kombiniert. Das Modell erlaubt nicht nur die Entwicklung geeigneter Indikatoren, sondern lässt auch bessere Aussagen über die Wirkungen der Digitalisierung zu. Untersuchungen zur Auswirkung der Digitalisierung auf Makroebene sollten sich künftig stärker an Mehrebenen-Modellen orientieren, auch wenn diese auf den ersten Blick komplexer als herkömmliche Modelle erscheinen.



# Die Fragen im Detail

---

In dieser Langfassung der Antworten wollen wir ausführlicher auf die acht Fragen rund um die Digitalisierung eingehen, Hintergründe erläutern und auf noch offene Fragen hinweisen.

## 01

### Was sind aus Innovationssicht die Schwachstellen der digitalen Infrastruktur in Deutschland?

Die gute Nachricht: Das Netz ist nicht zusammengebrochen während der Corona-Krise, obwohl der Datenverkehr in kurzer Zeit um 100 Prozent im Festnetz und um 75 Prozent im Mobilfunknetz zunahm (Blankenburg 2020). Ein Grund dafür ist, dass sich die enorme Steigerung des Datenverkehrs über den Tag verteilte und nicht nur in die abendliche Spitzennutzungszeit fiel. Die schlechte Nachricht: Deutschland liegt im europäischen Vergleich der verfügbaren Bandbreiten immer noch auf einem der hinteren Plätze und ist in vielen Regionen schlecht gerüstet für die steigende Nachfrage nach Gigabit-Internetanschlüssen. Viele fragen sich, wie es sein kann, dass eines der leistungsfähigsten und innovativsten Länder der Welt in fast allen Rankings zur digitalen Infrastruktur über Jahre hinweg so schlecht abschneidet (zum Beispiel OECD 2019, European Commission 2020, FTTH Council Europe 2020). Während andere Länder ihre Internet-Zugangnetze mit großem Aufwand modernisiert und ausgebaut haben, hat Deutschland den nötigen Breitbandausbau offenbar verschlafen.

Tatsächlich gilt es zu unterscheiden zwischen Festnetz und Mobilfunknetz und zwischen Grundversorgung und leistungsfähigen Breitbandanschlüssen. Während die Grundversorgung mit leitungsgebundenen Internetanschlüssen als weitgehend gesichert gilt (95,4 Prozent aller Haushalte in Deutschland können einen Internetanschluss mit einer Übertragungsgeschwindigkeit zwischen 16 und 30 Mbit/s – meist über DSL – erhalten, vergleiche Breitbandatlas 2020), weist das Mobilfunknetz weiterhin viele weiße Flecken auf und bleibt in vielfacher Hinsicht hinter dem üblichen Standard anderer Länder zurück. Besonders hinkt Deutschland bei den leistungsfähigen Glasfaseranschlüssen hinterher. Diese gelten als zukunftssicher, weil sie Übertragungen im Gigabit-Bereich und sehr schnell aufbauende Verbindungen ermöglichen sowie genügend Bandbreite für Übertragungen in beide Richtungen (Download und Upload) zur Verfügung stellen. Darüber hinaus sind engmaschige Glasfasernetze eine Voraussetzung für schnelle 5G Mobilfunkverbindungen (Berner 2017).

Aber nur 3,3 Prozent aller Haushalte in Deutschland können derzeit Fibre-To-The-Home oder Fibre-To-The-Building (FTTH/B)-Anschlüsse nutzen, im Unterschied zu Schweden (56,8 Prozent), Spanien (54,3 Prozent), Frankreich (25,6 Prozent) oder Dänemark (24,0 Prozent) (Stand Ende 2019, FTTH Council Europe 2020, S. 17). Das lange Festhalten



Der Datenverkehr nahm während der Corona-Krise im Festnetz um 100 und im Mobilfunknetz um 75 Prozent zu

»  
Wo Bandbreiten  
im Überfluss zur  
Verfügung stehen,  
werden kreative  
Kräfte freigesetzt,  
die digitale und  
soziale Innovationen fördern

an kupferbasierten DSL-Anschlüssen hat in Deutschland wie auch in anderen Ländern zu einem deutlichen Rückstand geführt – die großen Telekommunikationsunternehmen setzen hier auf die Vermarktung von DSL statt auf die Neuverlegung von Glasfaserleitungen (zum Beispiel Italien, Großbritannien, Österreich).

Aus Innovationssicht sind leistungsfähige Netze aber von besonderer Bedeutung: Die Innovationsforschung zeigte in den letzten Jahren, dass dort, wo Bandbreiten im Überfluss und mit entsprechenden Qualitätsmerkmalen zur Verfügung stehen (Stabilität, geringe Latenz, Symmetrie usw.) eine Dynamik und kreative Kräfte freigesetzt werden, die digitale und soziale Innovationen verschiedenster Art fördert (zum Beispiel Arnold 2018, Briglauer et al. 2019). Sicher braucht es auch noch andere Faktoren wie zum Beispiel Kreativität, Vielfalt, Anwendungswissen und Akzeptanz, um die Potenziale einer leistungsfähigen digitalen Infrastruktur zu entfalten. Aber ohne die technische Infrastruktur bleibt es bei »schmalbandigen« Innovationen mit schwächerem Impact in den entsprechenden Regionen (Beckert 2019, S. 9).

Die Politik fördert den Breitbandausbau seit etlichen Jahren. Laut Bundesregierung soll Deutschland bis Ende 2025 über ein flächendeckendes Gigabit-Netz verfügen. Insbesondere im ländlichen Raum werden Ausbauprojekte subventioniert, seit 2018 nur noch solche, die konsequent auf Glasfaser setzen. Der Bund hat bisher rund 7,3 Milliarden Euro in den Netzausbau investiert, bis Ende 2020 waren über 1.900 Ausbauprojekte bewilligt (BMVI 2020). Und auch die Bundesländer unterstützen den Glasfaserausbau, wo es sich für die kommerziellen Betreiber nicht rechnet. So setzt zum Beispiel das Land Baden-Württemberg seit Jahren auf das so genannte Betreibermodell, bei dem die Kommunen den Netzausbau in Eigenregie betreiben und finanzieren und die Netze anschließend an kommerzielle Service-Anbieter verpachten (IM Baden-Württemberg 2020).

Trotzdem kommt der Glasfaserausbau nicht schnell genug voran. Aktuell verhindern vor allem komplizierte Antrags- und Genehmigungsverfahren, dass noch mehr Projekte

realisiert werden. Und fehlende Tiefbaukapazitäten verteuern und verlangsamen sowohl kommunale als auch kommerzielle Ausbauprojekte.

In der Corona-Krise konnten Telekommunikations- und Kabel-TV-Unternehmen ein Stück weit in die digitale Zukunft blicken und sehen, dass Bedarfe schneller als erwartet wachsen können (zum Beispiel Windolph 2020). Damit entfällt ein Argument, das lange Zeit größere Investitionen in die Breitbandinfrastruktur verhinderte: die vermeintlich fehlende Nachfrage nach hochbitratigen Anschlüssen. Dabei haben viele Modellrechnungen und die Entwicklungen in innovativen Regionen gezeigt, dass der Bedarf mit dem Angebot steigt und sich Netzinvestitionen langfristig auszahlen (Van Baal et al. 2016, Schleife et al. 2017, WIK 2016).

Obwohl aktuelle Entwicklungen vorsichtig optimistisch stimmen, bleiben wichtige Baustellen für den Breitbandausbau in Deutschland: Die staatliche Förderung sollte konsequent weitergeführt, Antrags- und Genehmigungsverfahren vereinfacht und der Anspruchskreis erweitert werden. Nur so lässt sich die aktuelle Dynamik im TK-Bereich aufrechterhalten. Auch die Bundesländer sollten ihre Programme im Sinne von »Glasfaser only« weiterführen. Weiterhin ist es notwendig, die Kreise, Städte und Gemeinden mit mehr Breitband-Expertise auszustatten. Vielfach fehlt es schlicht an geeignetem Personal, die kommunalen Glasfaserprojekte zu planen und umzusetzen (Beckert 2019, S. 82f).

## 02

### Wann führt die Digitalisierung zu offeneren Innovationsprozessen?

Die Digitalisierung ermöglicht neue Feedback- und Beteiligungsformen bei der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen. Die Öffnung etablierter Innovationsprozesse für neue Akteure ist ein Kennzeichen von Open Innovation, einem Innovationsmodus, bei dem Transparenz, Kollaboration und Beteiligung zum Beispiel von Nutzer:innen, Kunden,

Zulieferern, Mitarbeiter:innen oder anderen externen Akteuren im Mittelpunkt stehen.

»Open Innovation« grenzt sich vom konventionellen Verständnis von »Closed Innovation« ab, bei dem in einem abgeschlossenen unternehmensinternen Bereich Innovationen hauptsächlich durch die interne FuE-Abteilung entwickelt und umgesetzt werden (vergleiche Möslin und Neyer 2009, S. 89 oder Hess 2019, S. 66).

Während in der Innovationsforschung Einigkeit darüber besteht, dass Open Innovation eine neue Öffnungsdimension von Innovationsprozessen darstellt und parallel zum Fortschreiten der Digitalisierung gesehen werden muss (zum Beispiel Guellec et al. 2020, Urbinati et al. 2020, Häußermann et al. 2018, Keuper et al. 2013) ist unklar, wie weit sich Wirtschaft und Gesellschaft bereits auf diesen neuen Innovationsmodus eingestellt haben.

Zwar gibt es Studien zur Nutzung von Open Innovation in bestimmten Wirtschaftssektoren wie etwa dem Dienstleistungssektor (Roth 2018), in bestimmten Unternehmensclustern wie etwa mittelgroßen deutschen Weltmarktführern (Vonnahme und Lang 2019) oder auch über alle Branchen hinweg, dann aber mit einer engen Definition von Innovationskooperationen (zum Beispiel ZEW 2019).

Die empirischen Befunde reichen allerdings nicht aus, um die These vieler Open-Innovation-Vertreter zu belegen, dass es sich bei der Öffnung von Innovationsprozessen für neue Akteure um eine zwangsläufige Entwicklung handelt, die früher oder später alle Branchen und Bereiche erfassen und die schließlich das ganze Innovationsgeschehen dominieren wird (zum Beispiel von Hippel 2005, Bogers et al. 2010 oder Breschi et al. 2017).

Eine Analyse zur neuen Rolle der Nutzer:innen in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechniken, industrielle Produktion, Gesundheitswesen, Bioökonomie und neue Materialien zeigte, dass traditionelle und neuartige Innovationsmodi parallel zueinander existieren und dynamisch aufeinander wirken (Beckert et al. 2021). Die Situation scheint tatsächlich komplexer zu sein als es die Vorstellung einer ungebrochenen

Öffnungsbewegung nahelegt. Denn auch Schließungsprozesse lassen sich beobachten, insbesondere dort, wo es um Innovationen mit hoher Marktrelevanz und um die Kommerzialisierung von geistigem Eigentum geht.

Aus diesen Analysen lässt sich zweierlei schließen: Zum einen handelt es sich bei der Open-Innovation-Entwicklung wie auch bei der Digitalisierung nicht um einen Automatismus. Die Vorteile offener Beteiligungsprozesse können von Unternehmen, Verwaltungen und der Gesellschaft nur genutzt werden, wenn sich die Akteure auf den neuen Innovationsmodus einlassen, sich für neue Kooperationen und Akteure öffnen und sich noch stärker vernetzen und digitale Plattformen aktiv nutzen.

Zum anderen lässt sich daraus schließen, dass die klassische FuE keineswegs ausgedient hat. Sie bleibt weiterhin relevant im industriellen wie auch im Dienstleistungskontext. Hier gilt es insgesamt, genauer hinzuschauen und die Veränderung von Innovationsprozessen langfristig und insbesondere in ihrem jeweiligen Bezug zur Digitalisierung zu betrachten.

## 03

### Welche Auswirkungen hat die strenge europäische Datenschutzregulierung auf das Innovationsgeschehen?

Bislang scheint die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) sowohl innovationshemmende als auch -fördernde Wirkungen zu entfalten. Evidenz für innovationshemmende Effekte findet sich zum Beispiel in den repräsentativen Befragungen des Branchenverbandes BitKom: Dort geben 14 Prozent der Firmen an, dass »innovative Projekte« in ihrer Firma wegen der DSGVO gescheitert sind. 29 Prozent glauben, die DSGVO verhindere Innovationen in der EU. 16 Prozent sehen in der DSGVO sogar eine Gefahr für ihr Geschäft (BitKom 2019). 79 Prozent sehen im Datenschutz eine der »größten Hürden« für den Einsatz neuer Technologien in ihrer Firma (BitKom 2020a). Es gibt verstreute Hinweise, dass vor allem Big Data, Internet of Things und digitale Plattformen betroffen sein könnten (BitKom 2020a, KPMG 2017,



Die DSGVO scheint sowohl innovationshemmende als auch -fördernde Wirkungen zu entfalten



Bitkom 2020b). Im Android App-Markt (Google Playstore) hat die DSGVO zu massiven Rückgängen in der Entwicklung neuer Apps und zum Rückzug vieler Entwickler geführt (Janssen et al. 2020). Andererseits geben aber 25 Prozent der befragten Unternehmen an, die DSGVO bringe ihrer Firma »Vorteile«, 50 Prozent halten sie für einen »Wettbewerbsvorteil« für EU-Firmen (BitKom 2019).

Eine wirtschaftspolitische Bewertung dieser Zahlen ist jedoch schwierig. So ist unklar, wer die im negativen Sinne am stärksten betroffenen Firmen sind. Sind etwa die 16 Prozent, die um ihre Geschäftstätigkeit fürchten, wachstumsstarke Entwickler von Zukunftstechnologien? Oder Vertreter einer auf umfassender Ausspähung (Christl und Spiekermann 2016) basierenden Online-Werbebranche mit fraglichem gesellschaftlichen oder wirtschaftlichen Mehrwert (Frederik und Martijn 2019, Marotta et al. 2019)? Wer verbirgt sich hinter der größeren Zahl von Firmen, die Vorteile aus der DSGVO ziehen? Wir wissen es nicht.

Ebenfalls unklar ist, wie diese qualitativen Einschätzungen zum Teil zu bewerten sind: Folgt aus der Aussage, dass »Datenschutz« eine oft genannte »Hürde« für die Einführung neuer Technologien ist, dass der Datenschutz Firmen vor immense Probleme stellt? Oder eher, dass es sich um gängige Hürden handelt, die es bei jeder Technologieeinführung gibt? Gelingt es Firmen in der Regel, diese »Hürde« mit vertretbarem Aufwand zu nehmen? Wann nicht?



Die Umsetzung der DSGVO ist für viele Firmen sehr arbeitsaufwändig gewesen und ist es zum Teil noch immer

Schließlich ist unklar, auf welche Aspekte der DSGVO etwaige Innovationshemmnisse zurückzuführen sind. Das Datenschutzrecht verbietet fast keine Datenverarbeitungen *per se*, sondern stellt zu erfüllende Vorgaben auf, damit diese zulässig sind. So ist die Frage eher, ob diese Vorgaben mit vertretbarem Aufwand erfüllbar und ob sie klar genug spezifiziert sind, um rechtssichere Umsetzungen zu erlauben. Gilt beides nicht, könnte dies Innovationsprojekte tatsächlich hemmen, da Kosten entstehen und das Risiko des Scheiterns erhöht wird. Radikale Innovationsprojekte mit ohnehin hohem Risiko könnten so weiter gebremst werden. Bekanntermaßen geht es beim Datenschutz immer um personenbezogene Daten. Innovative Angebote, die auf aggregierten Verkehrsdaten (wo kein

Personenrückschluss möglich ist), Wetterdaten, Umweltdaten und Ähnlichem basieren, sind hiervon ausgenommen.

Prinzipiell stellt sich die Frage, inwieweit die DSGVO den Zugang zu personenbezogenen Daten spürbar erschwert. Die Umsetzung der DSGVO ist für viele Firmen sehr arbeitsaufwändig gewesen und ist es zum Teil noch immer. Viele Firmen fühlen sich weiterhin mit hoher Rechtsunsicherheit konfrontiert. Es gibt Hinweise darauf, dass Innovationshemmnisse weniger in konkreten Vorgaben der DSGVO an sich als im Compliance-Aufwand und in der empfundenen Rechtsunsicherheit liegen könnten (BitKom 2019, Janssen et al. 2020, Martin et al. 2019). Sollten diese Hemmnisse wegfallen, weil Prozesse angepasst und technische Lösungen entwickelt werden und weil Gerichtsurteile zunehmend Klarheit geben, dürften auch die Klagen über die innovationshemmende Wirkung zurückgehen. Denkbar ist aber auch, dass Aufwände dauerhaft höher bleiben und eine hohe Rechtsunsicherheit bleibt.

Innovationsfördernde Effekte des Datenschutzes liegen in gesteigertem Vertrauen digitaler Angebote aufgrund der DSGVO sowie im neuen Bedarf für Compliance-Lösungen. Der Compliance-Aufwand für Datenschutz hat Anreize für Firmen geschaffen, in Technologien zu investieren, die diese Arbeiten vereinfachen, automatisieren und handhabbar machen (Martin et al. 2019, IAPP und TrustArc 2019). Wie Branchenverzeichnisse zeigen, ist seit Einführung der DSGVO die Zahl der Firmen, die entsprechende Produkte entwickeln, sprunghaft gestiegen (IAPP 2020). Aber nicht nur die Compliance ist betroffen. Innovationsaktivitäten adressieren ein breites Spektrum von Lösungen, von Produkten zur Daten(schutz)governance über IT-Sicherheit bis zu Verfahren der Anonymisierung beziehungsweise Pseudonymisierung und der Auswertung der entsprechenden Daten (IAPP 2020, The Royal Society 2019). Wie beim Umweltschutz könnte die Regulierung auch hier einen Leadmarkt erzeugen.

Die Befürchtung von Datenmissbrauch kann private wie gewerbliche Kunden vom Kauf datenbasierter Produkte abhalten, was Anreize zur Entwicklung neuer Technologien



senken kann. Datenschutzfragen scheinen zum Beispiel ein wichtiger Grund für die Nicht-Nutzung digitaler Sprachassistenten zu sein (Deloitte und BitKom 2018). Auch rechtlich unproblematische Innovationen scheitern zum Teil an der Angst vor »Auspähung« (Martin et al. 2019). Regulierung ist grundsätzlich geeignet, derartige Ängste zu nehmen und Vertrauen herzustellen (Karaboga et al. 2021). Unter welchen konkreten Bedingungen dies gelingen kann, ist jedoch genauso wie die Frage nach den innovationsfördernden oder -hemmenden Impacts der europäischen Datenschutzvorgaben ein relevantes Forschungsdesiderat.

*Die diesem Beitrag zugrunde liegende Forschung wurde teilweise mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 16KIS0741K gefördert.*

## 04

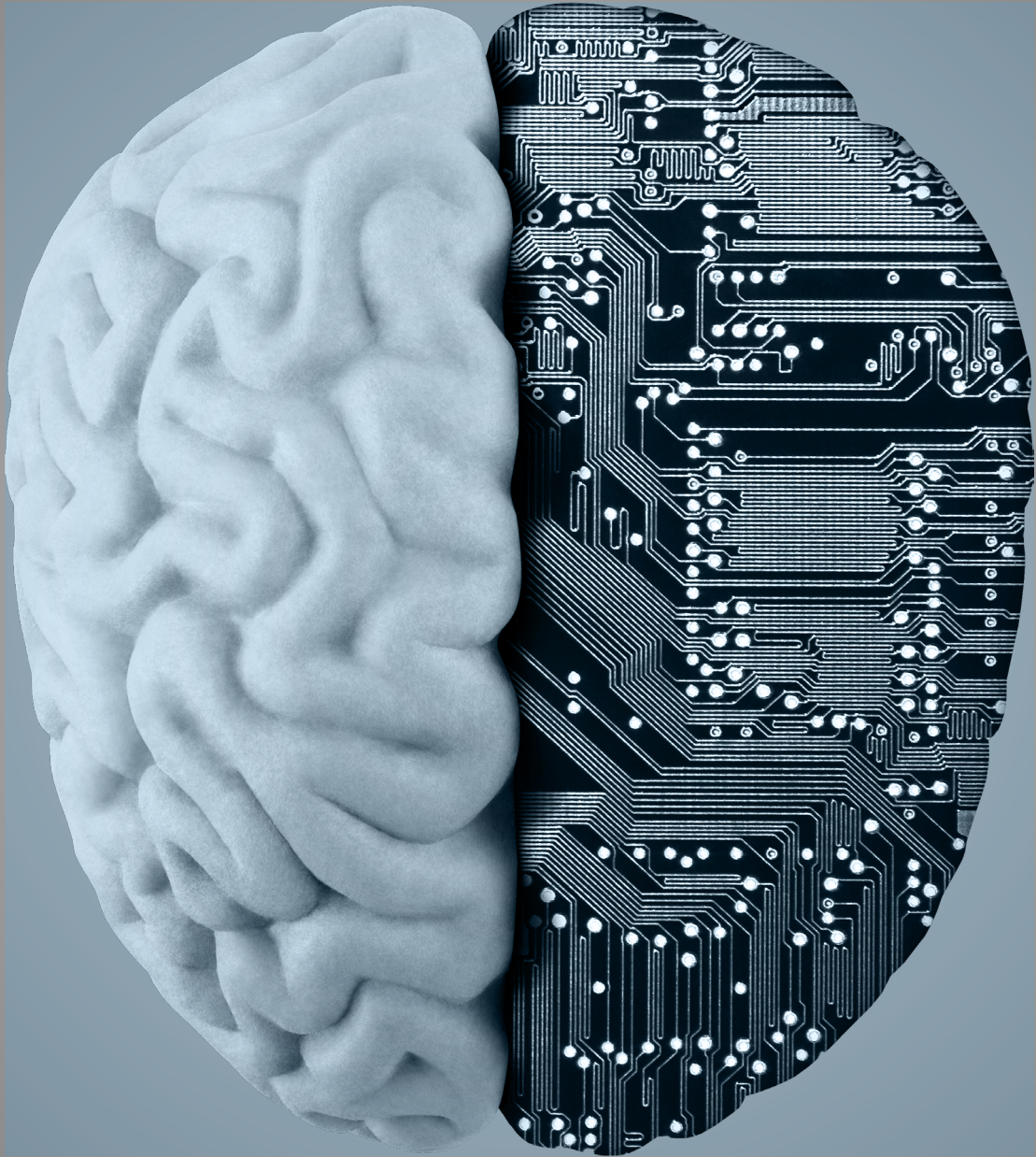
### Wie können vertrauenswürdige KI-Systeme implementiert werden?

Neuartige Methoden der Muster- und Bilderkennung auf der Basis maschinellen Lernens lassen sich in ganz unterschiedlichen Anwendungsgebieten einsetzen, um künftige Zustände oder Verhaltensweisen vorherzusagen. KI-Systeme, die maschinelles Lernen einsetzen, können zum Beispiel im Gesundheitsbereich zur Diagnose von Krankheiten eingesetzt werden und individuelle Therapien empfehlen. Bei der Arbeitsvermittlung können automatisierte Systeme berechnen, für welche Menschen sich Weiterbildungsangebote lohnen und für welche nicht. Beim autonomen Fahren lassen sich KI-Systeme zur Innenraumüberwachung einsetzen, um zu berechnen, wie schnell der Fahrer oder die Fahrerin in einer kritischen Situation wieder die Kontrolle übernehmen kann. Künstliche Intelligenz stellt eine neue Entwicklungsstufe hin zu automatisierten, autonom agierenden Systemen dar. Damit stellen sich aber auch Fragen der Vertrauenswürdigkeit solcher Systeme, hinsichtlich der Privatsphäre und letztlich Fragen der Selbstbestimmung des Menschen.

Die Diskussion zu diesen Fragen wird unter der Überschrift »KI-Ethik« oder »vertrauenswürdige KI« (»Trustworthy AI«) geführt. Die Expert:innen der High-Level Expert Group on Artificial Intelligence der EU-Kommission haben sich bereits 2019 dafür ausgesprochen, Vertrauenswürdigkeit zu einem Qualitätsmerkmal europäischer KI-Systeme zu machen und dazu sieben Anforderungskriterien definiert, die vom Vorrang menschlichen Handelns vor maschinellen Entscheidungen über den Datenschutz und die Nichtdiskriminierung bis hin zur Rechenschaftspflicht reichen (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence 2019). Auch die Datenethikkommission der Bundesregierung hat sich für die Umsetzung ethischer und rechtlicher Grundsätze in KI-Anwendungen ausgesprochen (Datenethikkommission 2019). Dahinter steht die Suche nach einem genuin europäischen Weg für den Einsatz von Künstlicher Intelligenz, der sich vom rein kommerziellen Einsatz in den USA und dem Einsatz für Überwachungszwecke in China unterscheiden soll.

Um Vertrauenswürdigkeit zu einem Qualitätsmerkmal europäischer KI zu machen, hat die europäische High-Level-Group eine umfangreiche Checkliste erstellt, die Anbieter und Nutzer:innen einsetzen können, um zu überprüfen, inwieweit das zu implementierende KI-System den sieben Anforderungen entspricht (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence 2020). In jüngster Zeit kamen weitere Vorschläge hinzu, um die teilweise abstrakten und kontextsensitiven Anforderungen in praktische Arbeitsvorlagen zu überführen und um die Bewertung besser handhaben zu können. So hat zum Beispiel die AI Ethics Impact Group unter der Koordination von VDE und Bertelsmann Stiftung ein KI-Ethik-Kennzeichnungssystem entwickelt, das sich an das Energieeffizienz-Label anlehnt und für die sechs Dimensionen Transparenz, Verantwortlichkeit, Privatheit, Gerechtigkeit, Zuverlässigkeit und ökologische Nachhaltigkeit jeweils sieben Güteklassen definiert (AI Ethics Impact Group 2020). Weitere Vorschläge zur konkreten Umsetzung von vertrauenswürdigen KI-Anwendungen kommen von der Plattform Lernende Systeme (Huchler et al. 2020), aus dem Forum Privatheit (2020) oder für den medizinischen Bereich aus dem Projekt Deepen Genomics (König et al. 2021). Für eine

»  
Vertrauenswürdigkeit soll ein Qualitätsmerkmal europäischer KI sein



Analyse unterschiedlicher Guidelines siehe Hagendorff 2020).

Woran es derzeit allerdings fehlt, sind konkrete Umsetzungsbeispiele, die entsprechend der vorliegenden Leitlinien und Checklisten durchgeführt werden. Erfolgsbeispiele sind aber dringend notwendig, um die Vorteile vertrauenswürdiger KI-Systeme zu demonstrieren und Nachahmer zu motivieren. Ein Grund für die aktuell fehlenden Beispiele dürfte sein, dass die Entwickler:innen von KI-Systemen ebenso wie die Verantwortlichen in Organisationen, die KI-Systeme implementieren, die Anforderungskataloge oftmals als etwas ansehen, das von außen an sie herangetragen wird und das mit ihrer eigentlichen Arbeit nichts zu tun hat (siehe Hagendorff 2020, S. 114f). Aufgrund der weitreichenden gesellschaftlichen Konsequenzen von KI ist dies allerdings ein fataler Trugschluss. KI-Anwendungen ohne durchdachtes Nutzungs- und Wirkungskonzept laufen Gefahr, Nutzererwartungen zu ignorieren und Akzeptanz zu verspielen.

Hier wird deutlich, dass es sich bei der Implementierung vertrauenswürdiger KI um ein interdisziplinäres Projekt handelt, in das neben Informatiker:innen und Ingenieur:innen auch Sozial- und Geisteswissenschaftler:innen eingebunden werden sollten – und zwar nicht erst nachträglich, um die Lösungen zu bewerten und zu kritisieren, wenn es sie schon gibt, sondern bereits in frühen Phasen des Entwicklungs- und Implementierungsprozesses.

Formate und Methoden, die sich hierfür eignen, sind zum Beispiel der Socio-Technical-Integration-Ansatz oder der ganzheitliche Design-Ansatz nach dem Vorbild von Privacy-by-Design: Die Methode der sozio-technischen Integration sieht vor, dass Sozialwissenschaftler:innen mit Informatiker:innen in den Forschungslaboren und in Implementationskontexten interagieren und anhand spezieller Protokolle nutzerbezogene, ethische und gesellschaftliche Anforderungen und Folgen ihrer Arbeit von Beginn an gemeinsam reflektieren (Fisher and Schuurbijs 2013). Der ganzheitliche Design-Ansatz funktioniert ganz ähnlich und hilft, frühzeitig im Entwicklungszyklus mögliche Technikfolgen zu antizipieren, zu bewerten und dann gegebenenfalls durch Designänderungen zu adressieren. Im

Co-Design-Prozess werden dabei Systemplaner:innen, technische Entwickler:innen, Sozialwissenschaftler:innen und potenzielle Nutzer:innen einbezogen. Dabei können Roadmaps eingesetzt werden, um die unterschiedlichen Positionen aufzuzeigen und letztlich auf das Ziel hin auszurichten (siehe zum Beispiel SmartMaps 2018).

Gute Erfahrungen mit diesen Formaten wurden insbesondere im angelsächsischen Bereich in verschiedenen Technologiefeldern gemacht. In Deutschland führt diese Art der integrativen Technikentwicklung ein Schattendasein. Um die Konzepte der vertrauenswürdigen KI mit Leben zu füllen, kommt es jetzt darauf an, solche oder ähnliche Methoden von »embedded social scientists« in Deutschland einzusetzen, um konkrete Beispiele zu schaffen, die als Blaupause für den europäischen KI-Ansatz dienen können.

## 05

### Wie lässt sich das Produktivitätsparadoxon der Digitalisierung auflösen?

Die Produktivität hat sich in den einzelnen Produktionssektoren seit der Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2009 sehr unterschiedlich entwickelt. Während zum Beispiel der Maschinen- und Anlagenbau und die Metallbranche bislang gerade wieder das Niveau von vor 2009 erreicht haben, konnte der Fahrzeugbau sowie die Elektronik, Optik und Messtechnik deutliche Produktivitätsgewinne seit 2009 verzeichnen (Rammer et al. 2018). Folglich stellt sich auch mit Blick auf die Digitalisierung die Frage, wodurch die Produktivitätsentwicklung beeinflusst wird und wie sie sich messen lässt.

Grundsätzlich ergibt sich die Produktivität aus dem Verhältnis von Input zu Output. Sie wird meist in Form der sogenannten Arbeitsproduktivität gemessen, die sich damit auf ein Unternehmen, einen Sektor, oder ganze Wirtschaftszweige beziehen kann. Die Arbeitsproduktivität bemisst sich an der generierten Bruttowertschöpfung je geleisteter Arbeitsstunde. Die Produktivitätsentwicklung wird



KI-Anwendungen ohne durchdachtes Nutzungs- und Wirkungskonzept laufen Gefahr, Nutzererwartungen zu ignorieren und Akzeptanz zu verspielen

»  
Viele Unternehmen haben während des Lockdowns 2020 neue digitale Lösungen eingeführt

von zahlreichen Faktoren beeinflusst, wie etwa der Geldpolitik, der Preisentwicklung auf Rohstoffmärkten, demografische Entwicklungen, Arbeitsmarktreformen oder dem sektoralen Strukturwandel (Ademmer et al. 2017). Die Digitalisierung stellt somit einen weiteren Einflussfaktor unter zahlreichen anderen wirtschaftlichen und technologischen Größen dar.

Derzeit lässt sich der Effekt der Digitalisierung auf die Produktivitätsentwicklung gesamtwirtschaftlich nicht exakt messen. Allerdings existieren verschiedene Thesen, wie digitale Technologien die Produktivität von Industrie und Unternehmen beeinflussen können. So setzt die Digitalisierung bei der Produktivität, dem Output und dem Input an (Rammer et al. 2018). Durch digitale Technologien können (Produktions-)Prozesse von Betrieben neu ausgerichtet, automatisiert und damit effizienter gestaltet werden. Ebenso lassen sich Informationsaustausch und Interaktion mit Kunden, Zulieferern und Partnern durch digitale Technologien effizienter gestalten. Beide Beispiele machen die internen Abläufe von Betrieben effizienter, was zu einer Reduktion des Inputs führt.

Ebenso ergeben sich durch die Digitalisierung weitreichende Möglichkeiten für neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle, die neue Werte schaffen und in den Output fließen. Um diesen zu erhöhen, müssen sich aber auch höhere Preise für die neuen Produkte und Dienste auf den Märkten durchsetzen lassen. Ist dies nicht möglich oder verringern sich die Preise eventuell sogar, kommt es folglich zu keiner Erhöhung des Outputs. Die bloße Digitalisierung von Produkten und Diensten führt also nicht zwangsläufig zu einer höheren Produktivität.

Auf betrieblicher Ebene zeigt sich zudem ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Einsatz digitaler Technologien und der Arbeitsproduktivität: Je höher der Digitalisierungsgrad eines Betriebs in dessen Produktion, desto höher die Arbeitsproduktivität (Lerch et al. 2017). Ähnliches gilt beim Angebot digitaler Geschäftsmodelle von Produktionsbetrieben. Flankieren Produkthersteller

ihre serviceorientierten Geschäftsmodelle mit digitalen Technologien, so weisen sie eine höhere Arbeitsproduktivität auf als Betriebe, die ihre Geschäftsmodelle weiterhin analog anbieten (Lerch und Maloca 2020). Allerdings ist hier in beiden Fällen zu berücksichtigen, dass nicht zwangsläufig davon ausgegangen werden kann, dass die Digitalisierung der Treiber dieser höheren Arbeitsproduktivität ist. Ebenso ist denkbar, dass produktivere Betriebe häufiger auf digitale Technologien setzen, da sie zum Beispiel stärker investieren können als andere Betriebe.

Großes Interesse gilt derzeit den Auswirkungen der Corona-Krise. Jüngste Daten zeigen, dass viele Unternehmen während des Lockdowns 2020 neue digitale Lösungen eingeführt haben und zudem verstärkt in digitale Technologien investieren (Lerch et al. 2020 sowie Bernau 2021).

Die hier vorgestellten Thesen zu konkreten Produktivitätspotenzialen der Digitalisierung einerseits und die ausbleibenden Produktivitätssteigerungen in der Statistik andererseits zeigen das Paradoxon beim Zusammenspiel von Produktivität und Digitalisierung deutlich auf. Die Wirkung der Digitalisierung auf die Produktivität ist komplex, vielfältig und je nach Blickwinkel unterschiedlich. Von daher gilt es, je nach Betrachtungsgegenstand geeignete Erklärungsmodelle und Methoden einzusetzen, um das Zusammenspiel von Produktivitätsentwicklung und Digitalisierung zu untersuchen. Ebenso sollten im Zuge der Digitalisierung nicht nur Produktivitätsfortschritte betrachtet werden, sondern auch Aspekte der Flexibilisierung, der Erhöhung der Arbeitsqualität, der Erschließung von Innovationspotenzialen oder die Möglichkeiten neuer digitaler Wertschöpfungsmodelle mit in Fortschrittsüberlegungen einbezogen werden.



# 06

## Wie können Digitalisierung und Künstliche Intelligenz die Energiewende beschleunigen?

Die Energiewirtschaft ist bereits heute eine sehr stark datengetriebene Branche, in der Planungs- und Optimierungsmethoden eingesetzt werden. Der Einsatz von KI-Methoden bedeutet hier einerseits einen weiteren Effizienzschub und eröffnet andererseits neue Gestaltungsmöglichkeiten des Gesamtsystems. KI-Systeme können Muster in großen Datensätzen erkennen, Vorhersagen über künftige Zustände wie Verbräuche machen und Entscheidungen, die auf der Basis vieler verschiedener Parameter getroffen werden müssen, synchronisieren und automatisieren.

Der größte Nutzen digitaler Technologien und insbesondere von KI wird im Energiebereich durch die Prognose und Betriebsoptimierung von kleinen PV-Anlagen, Stromspeichern und flexiblen Verbrauchern erwartet. Hinzu kommt die bessere Planung und Betriebsführung von Energieinfrastrukturen. Installieren Einzelhaushalte weiter verstärkt PV-Anlagen und Stromspeicher oder nutzen Elektrofahrzeuge und elektrische Wärmepumpen, können sich die Belastungen insbesondere im Stromverteilnetz deutlich erhöhen. Mit Hilfe von KI lässt sich in einem solchen Fall ein effizienter und sicherer Betrieb der Energieinfrastruktur gewährleisten, auch wenn Kapazitätsengpässe im Stromnetz bestehen. Bei einem weiteren Anstieg der Erzeugungskapazität können wetterbedingt (bei viel Sonne oder viel Wind) häufiger Situationen mit einem großen Angebot an Energie entstehen, die kurzfristig eine entsprechende Nachfrage und verfügbare Übertragungswegen zur Verteilung der Energie suchen. Durch den KI-Einsatz kann der Abgleich zwischen Angebot und Nachfrage sekundenschnell erfolgen, wobei sich prinzipiell eine Vielzahl an Rahmenbedingungen und Präferenzen der Nutzer:innen berücksichtigen lassen.

Dazu bedarf es jedoch einer disruptiven Veränderung des Energiesystems, welche

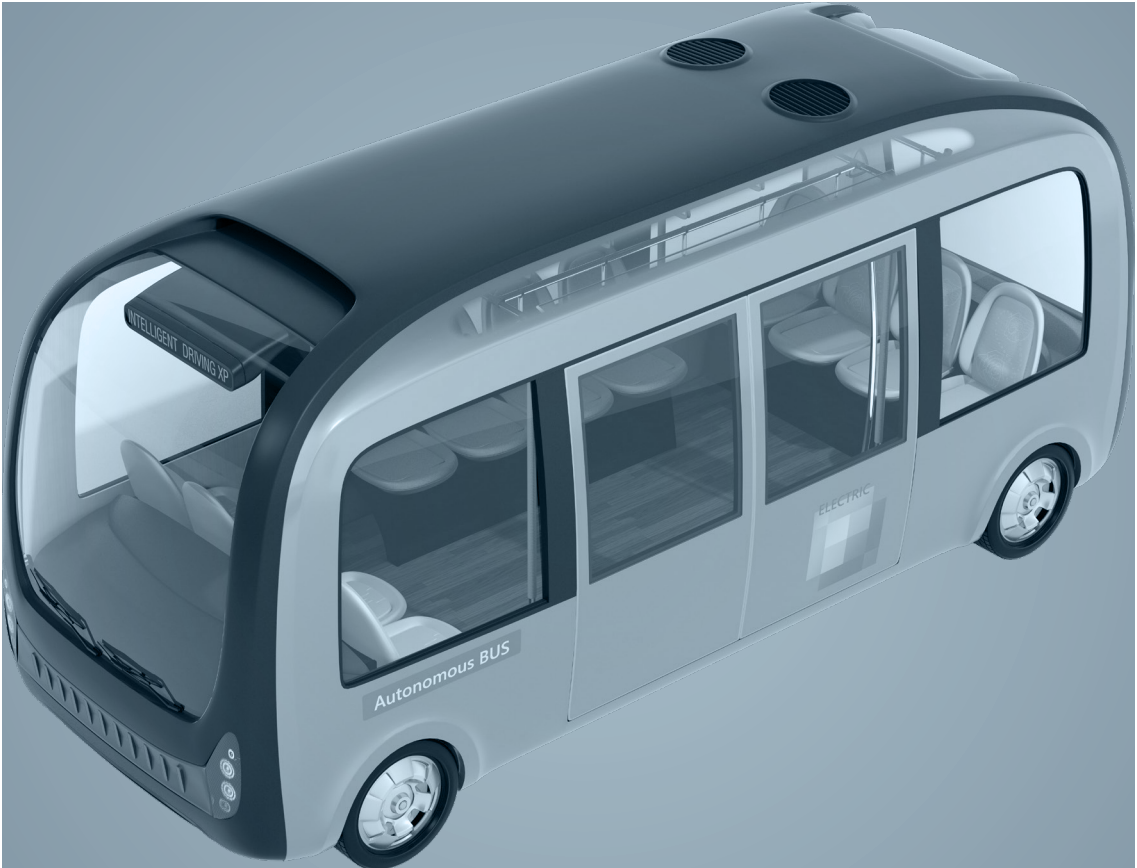
aufgrund der starken Regulierung länger dauern dürfte. Um eine deutlich höhere Auslastung der Netzinfrastruktur und der bestehenden Erzeugungsanlagen realisieren zu können, ist eine umfangreiche Anpassung von Planungsgrundsätzen des deutschen Energiesystems notwendig.

Bisher wird KI vor allem zur Prognose und beim Stromhandel genutzt. Für eine weitere Verbreitung von KI ist die Verfügbarkeit, Nutzung und Auswertung von Daten eine Grundvoraussetzung. Hier bietet insbesondere die datenbasierte Zustandserkennung von Anlagen und Infrastrukturen einen vielversprechenden Anwendungsfall, um das Energiesystem nachhaltiger und effizienter zu machen. Dafür müssen – im Unterschied zum Monitoring der Bedarfseite – keine personen- oder haushaltsbezogenen Daten erhoben und verarbeitet werden. Dennoch ist es auch hier notwendig, Transparenz und Nachvollziehbarkeit von automatisierten Entscheidungssystemen sicherzustellen, um Vertrauen in die eingesetzten Systeme zu schaffen. Vertrauen wird insbesondere dann zentral, wenn die KI-Systeme weitgehend eigenständig zum Beispiel im Bereich des Netzbetriebes entscheiden oder als autonomer Stromhändler aktiv werden sollen. Zukünftige Forschungsfragen sind dazu unter anderem wie und in welchem Maße KI-Methoden dann zu zertifizieren sind.

Für Unternehmen in der Energiewirtschaft bedeutet die Anwendung von KI eine Änderung der Unternehmensprozesse. Diese müssen sich noch stärker an digital verfügbaren Daten ausrichten, um kundennäher und effizienter agieren zu können. Dazu ist es zum einen notwendig, entsprechende Voraussetzungen in den Unternehmen zu schaffen. Dazu bedarf es Expert:innen die sowohl die KI-Methoden als auch die möglichen Anwendungsfelder verstehen und diese zusammenbringen können. Zum anderen ist auch die Qualifizierung von Mitarbeiter:innen und die Einbindung von KI-Methoden in bestehende Prozesse notwendig, damit Künstliche Intelligenz als Unterstützung und nicht als Konkurrenz wahrgenommen wird.



**Für Unternehmen in der Energiewirtschaft bedeutet die Anwendung von KI eine Änderung der Unternehmensprozesse**





## 07

### Wie lassen sich die Umwelteffekte der Digitalisierung besser analysieren?

Die mit der Digitalisierung einhergehenden Veränderungen haben ohne Zweifel auch relevante Auswirkungen auf die Umwelt und werden zukünftig noch stärkere Relevanz erlangen. Ob und inwieweit die Digitalisierung dabei insgesamt zu einer Belastung oder im Gegenteil vielmehr zu einer Entlastung für die Umwelt führen wird, ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand noch nicht seriös abschätzbar, da eine systematische Analyse der Auswirkungen des digitalen Wandels auf die Umwelt noch aussteht (Gotsch 2020, WBGU 2019).

Eine genaue Analyse der Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels, speziell unter Umweltgesichtspunkten, erfolgt derzeit im Rahmen mehrerer Forschungsvorhaben (zum Beispiel Fraunhofer ISI 2020). Erste Ergebnisse sollen den digitalen Wandel aus umweltpolitischer Sicht dabei nicht nur passiv begleiten, sondern vielmehr aktiv beeinflussen. Bereits in der Vergangenheit wurde im Zuge der Diskussion um digitale Neuerungen auch punktuell auf mögliche Umweltvorteile verwiesen: Beispiele sind mögliche Effizienzsteigerungen durch automatisiertes Fahren im Straßenverkehr oder in einer zunehmend digitalen Produktion (Gotsch et al. 2019), die zunehmende Integration erneuerbarer Energien ins Stromnetz oder Fortschritte durch ein digital unterstütztes Umweltmanagement (Gotsch et al. 2020). Außerdem wird seit längerem unter dem Stichwort »Green IT« die Energieeffizienz und Umweltfreundlichkeit von IT-Produkten selbst betrachtet (UBA 2018). Der springende Punkt ist die Systematisierung der Fragestellungen und Perspektiven, die im Hinblick auf die Chancen und Risiken des digitalen Wandels eine entscheidende Rolle spielen (WBGU 2019). Hinzu kommt, dass sich die ökologischen Wirkungen nicht losgelöst von ökonomischen und sozialen Fragestellungen betrachten lassen, sondern deren Verknüpfungen zu betrachten sind.

In einigen Bereichen gilt die Digitalisierung durchaus als treibende Kraft und große Chance für den Weg zu einer nachhaltigeren Gesellschaft. Jedoch wird auch vermehrt vor zu großen Hoffnungen gewarnt, verbunden mit dem Verweis auf mögliche Risiken durch nicht absehbare beziehungsweise nicht berücksichtigte Rebound-Effekte (Daum 2020). Ebenfalls wird auf den stark steigenden Ressourcenverbrauch zur Herstellung und zum dauerhaften Betrieb der IKT-Technologie verwiesen.

Einen Vorschlag zur detaillierteren Bewertung des Potenzials möglicher Umwelteffekte liefert ein Bewertungsschema, das die umweltrelevanten Effekte der Digitalisierung in die Kategorien direkte, indirekte und systemische Effekte einteilt (Horner et al. 2016, Gotsch 2020). Die direkten Effekte ergeben sich aus Herstellung, Betrieb und Entsorgung von IKT-Komponenten; gemeint ist also die Umweltbelastung, die sich über den gesamten Lebenszyklus der Komponenten ansammelt. Die indirekten Effekte beziehen sich auf mögliche Effizienzgewinne und positive Ersatzwirkungen, die aus der Anwendung neuer digitaler Möglichkeiten gegenüber dem Status Quo resultieren. Systemische Effekte (insbesondere Rebound- beziehungsweise Rückkopplungseffekte) sind aus Umweltsicht unbedingt zusätzlich zu beachten. Die Reboundeffekte lassen eine negative Wirkung erwarten, da digitale Effizienzgewinne durch Mehrkonsum (aufgrund fallender Preise) ausgeglichen werden, was letztendlich zu einer schlechteren Umweltsituation führen kann (Horner et al. 2016).

Für eine übergreifende und zusammenfassende Betrachtung sind insbesondere die Effekte auf der indirekten und der systemischen Ebene wichtig (Gotsch 2020). Grundsätzlich führen die direkten Effekte der Digitalisierung immer zunächst zu einem steigenden Material- und Energiebedarf und damit zu einer höheren Umweltbelastung. Ihnen gegenüber stehen jedoch die indirekten Effekte der Effizienzgewinne und der positiven Ersatzwirkungen, die mal mehr, mal weniger Relevanz entfalten können. Die auf der dritten Ebene angesiedelten strukturellen Effekte können die positiven Wirkungen der Effizienzgewinne



Die Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels unter Umweltgesichtspunkten wird derzeit erforscht

beziehungsweise Ersatzwirkungen durch systemische Transformationen weiter verstärken oder aber auch entgegenwirken und dadurch insgesamt zu einer schlechteren Umweltsituation führen.

Um folglich positive strukturelle Effekte zu erzielen, müssen insbesondere die politischen Vorgaben und Rahmenbedingungen passfähig sein, unter denen die Akteure (Unternehmen, Staat und Privatpersonen) agieren, beziehungsweise müssen entsprechende Anreize gegeben werden, um die erwünschten Wirkungen zu erzielen. Um diese Vorgaben, Rahmenbedingungen und Anreize entwickeln zu können, ist eine systematische Analyse der Chancen und Risiken des digitalen Wandels dringend erforderlich. Denn nur so lassen sich die Bedingungen identifizieren, unter denen eine positive Gesamtwirkung der Digitalisierung auf die Umwelt erreicht werden kann. Hierzu reicht es nicht aus, »die Digitalisierung« als Ganzes zu untersuchen, vielmehr muss sie in sinnvoll strukturierte Teiluntersuchungsbereiche zerlegt werden. Es scheinen zudem gesamtgesellschaftliche systemische Verhaltensänderungen – beispielsweise hin zu einer stärkeren Suffizienz – notwendig, um mögliche Digitalisierungsgewinne im Sinne einer positiven Umweltwirkung realisieren zu können.

## 08

### » **Wie kann die ökonomische Wirkung der Digitalisierung konzeptionell und methodisch besser abgeschätzt werden?**

Die nationale Wettbewerbsfähigkeit lässt sich nur erhalten, wenn die Integration digitaler Lösungen in wirtschaftliche Prozesse gelingt

In den kommenden Jahren wird der Erhalt der nationalen Wettbewerbsfähigkeit einerseits stärker als bisher von der Integration digitaler Lösungen in etablierte wirtschaftliche Prozesse abhängen; andererseits aber auch vom Gelingen, die gebotenen Möglichkeiten neuer Technologien kreativ zur Entwicklung neuer Modelle der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Leistungserbringung zu nutzen. Eine adäquate Messung gesamtgesellschaftlicher Impacts der Digitalisierung ist

notwendig, um Zusammenhänge analysieren und Steuerungsmaßnahmen entsprechend konzipieren zu können.

Wie für neue Schlüsseltechnologien typisch, ergeben sich aus grundsätzlichen Erkenntnissen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie nicht nur vielfältige neue Produkte, sondern auch eine immense Vielzahl von unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten. Einerseits bilden Digitalisierungsprozesse eine zentrale Voraussetzung für die zukunftsorientierte Organisation industrieller Produktionsprozesse und deren Einbettung in produktive Modelle der Leistungserbringung. Andererseits eröffnen sie als Plattforttechnologien neue Optionen im Bereich des Konsumentenverhaltens beziehungsweise der Marktorganisation insgesamt. Schließlich bieten sie neue Möglichkeiten der staatlichen Leistungserbringung und der Gestaltung des gesellschaftlichen Zusammenlebens.

Bereits mehrfach wurde gezeigt, dass die aus Digitalisierungsprozessen im Einzelnen zu erwartenden Effekte sich aus der Zielrichtung ihres Einsatzes ergeben (Horvat et al. 2019, Kroll et al. 2017). Somit sind bei der Betrachtung des gesamtgesellschaftlichen Impacts der Digitalisierung drei Ebenen zu differenzieren: Erstens, auf Ebene der Technologien selbst. Auch und gerade im Bereich digitaler Technologien zeichnen sich Lösungen durch sehr unterschiedliche Kernfunktionalitäten aus, woraus verschiedenartige Wirkungen resultieren. Zweitens, auf Ebene der wirtschaftlichen beziehungsweise gesellschaftlichen Funktionsbereiche, in denen sie zum Einsatz kommen. Diese Ebene definiert die allgemeine Zielsetzung, mit der digitale Technologien eingesetzt werden und damit sowohl ihren unmittelbaren wie auch ihren potenziellen Wirkungsraum. Drittens, auf Ebene der Wirkungen selbst, die nicht nur die klassischen volkswirtschaftlichen Variablen (Output, Produktivität, Wachstum) abdecken, sondern auch weitergehende sozio-ökonomische Variablen mit einbeziehen.

Ein derartiges Mehrebenen-Modell wurde zum Beispiel von Kroll et al. (2020) vorgestellt und anhand der Beispiele Augmented/Virtual Reality, Predictive Maintenance und digitalen

Plattformen illustriert. Auf der mittleren Ebene, der Ebene der Anwendungsbereiche, lassen sich derzeit vor allem sechs Themenfelder identifizieren, in denen gesamtgesellschaftliche Wirkungen des Einsatzes digitaler Technologien analysiert werden sollten (Kroll et al. 2018):

- Digitalisierung des Innovationsprozesses
- Digitalisierung des Produktionsprozesses
- Digitalisierung von Wertschöpfungsketten und -systemen
- Digitalisierung von Kommerzialisierung und Marketing
- Digitalisierung nicht-wirtschaftlicher sozialer Interaktionen
- Digitalisierung der Nachfrageartikulation

Auf Grundlage eines solchen Mehrebenen-Modells sollten zukünftige empirisch-ökonomische Untersuchungen spezifische Indikatoren zur Nutzung digitaler Technologien auf regionaler beziehungsweise nationaler Ebene entwickeln und diese in Bezug zur Wirtschaftsleistung, Beschäftigung oder anderen Impact-Indikatoren setzen. Neben den direkten wirtschaftlichen Wirkungen

kommen hierbei auch indirekte Wirkungen und unintendierte Effekte in den Blick.

In dieser Weise eingeordnet lassen sich konkrete Untersuchungen durchführen, die sich mit unterschiedlichen Aspekten befassen: zum einen mit den sozioökonomischen Impacts zunehmender Digitalisierung entlang spezifischer Wirkungspfade (Pathways); zum anderen mit dem spezifischen technischen Potenzial einer Technologie mit ihrem Einsetzungszusammenhang, die sie in Folge mit einer Reihe unmittelbarer Wirkungen verbinden (Outputs, Outcomes). Diese wiederum können darüber hinaus weitere, systemische Folgewirkungen entfalten (Douthwaite et al. 2003, Donovan und Hanney 2011). Selbst wenn eine abschließende Modellierung unter Umständen nicht alle dieser Zwischenschritte abbilden kann, ist ein Bewusstsein über den Zusammenhang zwischen first and second order effects für die Aufstellung geeigneter und valider Modelle zentral (Schubert und Kroll 2014).



Die gesamtgesellschaftlichen Wirkungen des Einsatzes digitaler Technologien sollten analysiert werden



# Literatur

---

## Frage 01

- Arnold, René (2018):** Glasklare Vorteile durch FTTH. In: WIK Newsletter Nr. 110, März, S. 11–13. Bad Honnef: WIK
- Beckert, Bernd (2019):** Ein Gigabitnetz für Baden-Württemberg. Aktueller Stand und Perspektiven des Glasfaserausbaus. Studie des Fraunhofer ISI mit Unterstützung der Baden-Württemberg Stiftung, Karlsruhe, März, <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-538024.html>
- Berner, Walter (2017):** 5G und Glasfaser sind Freunde. In: Die Gemeinde, BWGZ 6, S. 203–205
- Blankenburg, Dido (2020):** Warum ich in der Krise von unseren Netzen beeindruckt bin und was wir trotzdem ändern sollten, um den nächsten Technologiesprung hinzubekommen. Impulsvortrag auf dem 25. Breitband-Forum am 2. November 2020
- BMVI (2020):** Steckbrief zum Bundesförderprogramm für den Breitbandausbau. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. [www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html](http://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html)
- Breitbandatlas (2020):** Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Ende 2019). Erhebung der atene KOM im Auftrag des BMVI, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/aktuelle-breitbandverfuegbarkeit-in-deutschland-stand-ende-2020--1758024>
- Briglauer, Wolfgang; Dürr, Niklas; Gugler, Klaus (2019):** A Retrospective Study on the Regional Benefits and Spillover Effects of High-Speed Broadband Networks: Evidence from German Counties. ZEW Discussion Paper No. 19–26. Mannheim: ZEW
- European Commission (2020):** Broadband Coverage in Europe 2019. Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Agenda. Study prepared for DG Connect by HIS, OMDIA and Point Topic. Luxembourg: EC, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/broadband-coverage-europe-2019>
- FTTH Council Europe (2020):** Panorama. Markets at September 2019. FTTH Council Europe Webinar, April 23<sup>rd</sup>. [https://www.ftthcouncil.eu/home/latest-news/new-fibre-market-panorama-2020-revealed?news\\_id=3857](https://www.ftthcouncil.eu/home/latest-news/new-fibre-market-panorama-2020-revealed?news_id=3857)
- IM Baden-Württemberg (2020):** Breitbandbericht Baden-Württemberg. Ministerium für Inneres, Digitalisierung und Migration: Stuttgart, <https://im.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/breitbandbericht-baden-wuerttemberg/>
- OECD Broadband Portal (2019):** Percentage of fibre connections in total fixed broadband, Dezember 2019. [www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/](http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/)
- Schleife, Katrin; Niemann, Frank; Dupuis, Dominique, Beckert, Bernd, Wydra, Sven (2017):** The Economic and Social Impact of Software and Services on Competitiveness and Innovation. Study for the European Commission. Brussels: European Commission DG Connect, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/economic-and-social-impact-software-and-services-competitiveness-and-innovation>
- Van Baal, Sebastian; Beckert, Bernd; Bertenrath, Roman et al. (2016):** Der Weg in die Gigabitgesellschaft. Wie Netzausbau zukünftige Innovationen sichert. Eine Studie für das Vodafone Institut für Gesellschaft und Kommunikation, Juni. <https://www.vodafone-institut.de/de/publikationen/vodafone-instiig-data-survey/>
- WIK (2016):** Gigabitnetze für Deutschland. Studie für das BMWi. Bad Honnef: Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste (WIK)
- Windolph, Andreas (2020):** Wachsen Digitale Bedarfe durch und nach Corona? PwC Public Sector Advisory. Vortrag auf dem 25. Breitband-Forum am 2. November 2020

## Frage 02

- Beckert, Bernd; Bratan, Tanja; Friedewald, Michael; Lerch, Christian; Lindner, Ralf; Reiß, Thomas, Wydra, Sven (2021):** Die neue Rolle der Nutzer in einem turbulenten Innovationsumfeld. Karlsruhe: Fraunhofer ISI

- Bogers, Marcel; Afuah, Allen; Bastian, Bettina (2010):** Users as Innovators: A Review, Critique, and Future Research Directions. In: *Journal of Management* 36 (4), S. 57–875
- Breschi, Rafaele; Freundt, Tjark; Orebäck, Malin et al. (2017):** The expanding role of design in creating an end-to-end customer experience. McKinsey & Company Operations
- Guellec, Dominique; Paunov, Caroline; Planes-Satorra, Sandra (2020):** Digital Innovation: Cross-sectoral dynamics and policy implications. In: OECD (2020): *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation. Key Developments and Policies*. OECD Publishing, Paris, S. 99–118
- Häußermann, Johann Jakob et al. (2018):** Open Transfer: Ergebnisse des BMBF-geförderten Verbundprojektes zu Wissenschaft-Wirtschaft-Kooperationen in den Branchen Mikroelektronik, Optik sowie Mobilität und Verkehr, Fraunhofer Center for Responsible Research and Innovation und WZB, Berlin
- Hess, Thomas (2019):** Digitale Transformation strategisch steuern. Vom Zufallstreffer zum systematischen Vorgehen. Wiesbaden: Springer
- Keuper, Frank; Hamidian, Kiumars; Verwaayen, Eric; Kalinowski, Torsten; Kraijo, Christian (Hrsg.) (2013):** Digitalisierung und Innovation: Planung, Entstehung, Entwicklungsperspektiven. Wiesbaden: Gabler
- Möslein, Kathrin M.; Neyer, Anne-Katrin (2009):** Open Innovation. Grundlagen, Herausforderungen, Spannungsfelder. In: Zerfaß, Ansgar; Möslein, Kathrin M. (Hrsg.): *Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement. Strategien im Zeitalter der Open Innovation*. Wiesbaden: Gabler, S. 85–103
- Roth, Ines (2018):** Ver.di innovationsbarometer 2017. Open Innovation – interaktive Innovationsarbeit. Berlin: ver.di – Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft. April.
- Urbinati, Andrea; Chiaroni, Davide; Chiesa, Vittorio; Fratini, Federico (2020):** The role of digital technologies in open innovation processes: an exploratory multiple case study analysis. In: *R&D Management* Volume 50, Issue 1. Special Issue: Open Innovation in the Digital Age, January 2020, S. 136–160
- Von Hippel, Eric (2005):** *Democratizing Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press
- Vonnahme, Lukas; Lang, Thilo (2019):** Peripher global: Ergebnisse der standardisierten Befragung zu Innovationsaktivitäten von Weltmarktführern in Deutschland. Working paper series des SFB 1199 an der Universität Leipzig Nr. 18. Leipzig
- ZEW (2020):** Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019. Mannheimer Innovationspanel. [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/19/mip\\_2019.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/mip/19/mip_2019.pdf)

### Frage 03

**BitKom (2019):** DS-GVO, ePrivacy, Brexit – Datenschutz und die Wirtschaft. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-09/bitkom-charts-pk-privacy-17-09-2019.pdf>

**BitKom (2020a):** Digitalisierung der Wirtschaft. [https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-03/bitkom-charts-digitalisierung-der-wirtschaft-01-04-2020\\_final.pdf](https://www.bitkom.org/sites/default/files/2020-03/bitkom-charts-digitalisierung-der-wirtschaft-01-04-2020_final.pdf)

**Bitkom (2020b):** Chartbericht: Digitale Plattformen 2020. <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Chartbericht-Digitale-Plattformen-2020>

**Christl, W.; Spiekermann, S. (2016):** *Networks of Control: A Report on Corporate Surveillance, Digital Tracking, Big Data & Privacy*. Facultas: Wien. [https://crackedlabs.org/dl/Christl\\_Spiekermann\\_Networks\\_Of\\_Control.pdf](https://crackedlabs.org/dl/Christl_Spiekermann_Networks_Of_Control.pdf)

**Deloitte und BitKom (2018):** *Zukunft der Consumer Technology 2018*. <https://www.bitkom.org/sites/default/files/file/import/180822-CT-Studie-2018-online.pdf>

**Frederik, J.; Martijn, M. (2019):** The new dot com bubble is here: it's called online advertising. *The Correspondent*. <https://thecorrespondent.com/100/the-new-dot-com-bubble-is-here-its-called-online-advertising/872445200-5450b1fe>

**International Association of Privacy Professionals (IAPP) (2020):** *Privacy Tech Vendor Report 4.1*. [https://iapp.org/media/pdf/resource\\_center/2020TechVendorReport.pdf](https://iapp.org/media/pdf/resource_center/2020TechVendorReport.pdf)

**International Association of Privacy Professionals (IAPP) und TrustArc (2019):** *How Privacy Tech is Bought and Deployed*. <https://iapp.org/resources/article/how-privacy-tech-is-bought-and-deployed-2019/>

**Janssen, R.; Kesler, R.; Kummer, M.; Waldfoegel, J. (2020):** *GDPR and the Lost Generation of Innovative Apps*. Vortrag am MaCCI EpoS Virtual IO Seminar (7. Mai 2020). <https://www.youtube.com/watch?v=vBylitkHeMc>



- Kantar (2019):** Special Eurobarometer 487a – March 2019  
»The General Data Protection Regulation« Report.  
doi:10.2838/579882
- Karaboga, Murat, Martin, Nicholas und Friedewald, Michael (2021):** Governance der EU-Datenschutzpolitik: Harmonisierung und Technikneutralität in und Innovationswirkung der DSGVO. In: Michael Friedewald und Alexander Roßnagel (Hrsg.): Die Zukunft von Privatheit und Selbstbestimmung: Analysen und Empfehlungen zum Schutz der Grundrechte in der digitalen Welt. Wiesbaden: Springer Vieweg, i.E.
- KPMG (2017):** Mit Daten Werte Schaffen. <https://klardenker.kpmg.de/mit-daten-werte-schaffen-datenanalysen-immer-ausgereifter/>
- Marotta, V.; Abhishek, V.; Acquisti, A. (2019):** Online Tracking and Publishers' Revenues: An Empirical Analysis. Working Paper. [https://weis2019.econinfosec.org/wp-content/uploads/sites/6/2019/05/WEIS\\_2019\\_paper\\_38.pdf](https://weis2019.econinfosec.org/wp-content/uploads/sites/6/2019/05/WEIS_2019_paper_38.pdf)
- Martin, N.; Matt, C.; Niebel, C.; Blind, K. (2019):** How data protection regulation affects startup innovation. *Information Systems Frontiers* 21, No. 6, S.1307–1324
- The Royal Society (2019):** Protecting privacy in practice: The current use, development and limits of Privacy Enhancing Technologies in data analysis. London. <https://royal-society.org/-/media/policy/projects/privacy-enhancing-technologies/privacy-enhancing-technologies-report.pdf>
- Frage 04**
- AI Ethics Impact Group (2020):** From Principle to Practice. An interdisciplinary framework to operationalise AI ethics. VDE & Bertelsmann Stiftung. [www.ai-ethics-impact.org/en](http://www.ai-ethics-impact.org/en)
- Datenethikkommission (2019):** Gutachten der Datenethikkommission der Bundesregierung. Berlin: BMI, Oktober. <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/it-digitalpolitik/gutachten-datenethikkommission.html>
- Fisher, Erik; Schuurbijs, Daan (2013):** Socio-technical Integration Research: Collaborative Inquiry at the Midstream of Research and Development. In: Neelke Doorn, Daan Schuurbijs, Ibo van de Poel and Michael E. Gorman (eds.): Early engagement and new technologies: Opening up the laboratory Dordrecht: Springer, S. 97–110.
- Forum Privatheit und selbstbestimmtes Leben in der digitalen Welt (2020):** Policy Paper: Risiken Künstlicher Intelligenz für die menschliche Selbstbestimmung. Autoren: Thilo Hagendorff, Christian Geminn, Jörn Lamla, Murat Karaboga, Nicole Krämer, Maxi Nebel und Markus Uhlmann. September, Karlsruhe: Fraunhofer ISI. [www.forum-privatheit.de/publikationen/white-paper-policy-paper/](http://www.forum-privatheit.de/publikationen/white-paper-policy-paper/)
- Hagendorff, Thilo (2020):** The Ethics of AI Ethics: An Evaluation of Guidelines. In: *Minds & Machines* 30, S. 99–120.
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (2019):** Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Brussels: European Commission, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>
- High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (2020):** Assessment List for Trustworthy AI (ALTAI) for self-assessment. Brussels: European Commission, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/assessment-list-trustworthy-artificial-intelligence-altai-self-assessment>
- Huchler, Norbert; Adolph, Lars; André, Elisabeth et al (2020):** Kriterien für die menschengerechte Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion bei Lernenden Systemen. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München. [www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2\\_Whitepaper2\\_220620.pdf](http://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_Whitepaper2_220620.pdf)
- König, Harald; Heyen, Nils B.; Baumann, Martina et al. (2021):** Künstliche Intelligenz in der genomischen Medizin – Potenziale und Handlungsbedarf. Policy Brief. Februar, Karlsruhe: KIT ITAS und Fraunhofer ISI. [www.itas.kit.edu/projekte\\_koen19\\_deepgen.php](http://www.itas.kit.edu/projekte_koen19_deepgen.php)
- SmartMaps (2018):** Roadmaps to Societal Mobilisation for the Advancement of Responsible Industrial Technologies (SmartMaps) Project Report e-book. Documentation of the Horizon 2020 project by the project consortium. <http://projectsmartmap.eu/wp-content/uploads/2018/10/SMART-map-ebook.pdf>
- Frage 05**
- Ademmer, M., F. Bickenbach, E. Bode, J. Boysen-Hogrefe, S. Fiedler, K.-J. Gern, H. Görg, D. Groll, C. Hornok, N. Janssen, S. Kooths, C. Krieger-Boden (2017):** Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung, Kieler Beiträge zur Wirtschaftspolitik 12, Kiel: Institut für Weltwirtschaft

- Bernau, Patrick (2021):** Fortschritt wider Willen. Jahrelang haben die Deutschen neue Möglichkeiten blockiert. Dann kam die Pandemie. Überlistet sie uns zu Digitalisierung und Wohlstand? In: FAZ, 20. Februar
- Lerch, Christian; Jäger, Angela; Heimberger, Heidi (2020):** Produktion in Zeiten der Corona-Krise. Welche Auswirkungen hat die Pandemie heute und zukünftig auf die Industrie? Mitteilungen aus der Erhebung „Modernisierung der Produktion“ Ausgabe 78, Dezember. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Lerch, Christian; Jäger, Angela; Maloca, Spomenka (2017):** Wie digital ist Deutschlands Industrie wirklich? Arbeit und Produktivität in der digitalen Produktion, Mitteilung aus der Erhebung Modernisierung der Produktion Nr. 71, Karlsruhe
- Lerch, Christian; Maloca, Spomenka (2020):** Digitale Geschäftsmodelle – Modethema oder Wettbewerbsfaktor: Wie Produzenten die digitalen Wertschöpfungsmöglichkeiten nutzen können; Mitteilung aus der Erhebung Modernisierung der Produktion Nr. 75, Karlsruhe
- Rammer, Christian; Jäger, Angela; Krieger, Bastian; Lerch, Christian; Licht, Georg; Peters, Bettina; Spielkamp, Alfred (2018):** Produktivitätsparadoxon im Maschinenbau. Abschlussbericht: Studie im Auftrag der IMPULS-Stiftung
- Frage 07**
- Daum, Timo (2020):** Missing Link: Künstliche Intelligenz und Nachhaltigkeit – und ewig grüßt der Rebound-Effekt. <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Missing-Link-Kuenstliche-Intelligenz-und-Nachhaltigkeit-und-ewig-gruesst-der-Rebound-Effekt-4687039.html?seite=all>
- Fraunhofer ISI (2020):** [https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi\\_und\\_green\\_economy.html](https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/nachhaltigkeit-infrastruktursysteme/projekte/digi_und_green_economy.html)
- Gotsch, M., Kelnhofner, A., Jäger, A. (2019):** Environmental product innovations and the digital transformation of production – Analysing the influence that digitalising production has on generating environmental product innovations. Fraunhofer ISI Working Paper »Sustainability and Innovation« No. WP07-2019
- Gotsch, Matthias (2020):** Auswirkungen des digitalen Wandels auf Umwelt und Klimaschutz – Entwicklung eines analytischen Bewertungsschemas. In: JAHRBUCH ÖKOLOGIE – Die Ökologie der digitalen Gesellschaft. Göpel et al. (Hrsg.), S. 99–109
- Gotsch, Matthias; Erdmann, Lorenz; Eberling, Elisabeth (2020):** Entwicklung von Handlungsempfehlungen zu den wichtigsten umweltpolitischen Maßnahmen in ausgewählten Trendthemen der Digitalisierung mittels der Durchführung von Stakeholderdialogen Abschlussbericht »Digitalisierung ökologisch nachhaltig nutzbar machen«, im Erscheinen
- Horner, N. C. et al. (2016):** Known unknowns: indirect energy effects of information and communication technology, Environmental Research Letters 11.10: 103001
- UBA (2018):** Entwicklung und Anwendung von Bewertungsgrundlagen für ressourceneffiziente Software unter Berücksichtigung bestehender Methodik. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- WBGU (2019):** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2019): Unsere gemeinsame digitale Zukunft. Berlin: WBGU
- Frage 08**
- Donovan, C.; Hanney, S. (2011):** The »Payback Framework« explained. Research Evaluation, 20(3), S. 181–183. DOI: <https://doi.org/10.3152/095820211X13118583635756>
- Douthwaite, B.; Kuby, T.; van de Fliert, E.; Schulz, S. (2003):** Impact pathway evaluation: An approach for achieving and attributing impact in complex systems. Agricultural Systems, 78 (2), S. 243–265. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X03001288>
- Horvat, D., Kroll, H., Jäger, A. (2019):** Researching the Effects of Automation and Digitalization on Manufacturing Companies’ Productivity in the Early Stage of Industry 4.0. Procedia Manufacturing, 39, S. 886–893

- Kroll, H.; Feidenheimer, A.; Schubert, T. (2020):** Messung des gesamtwirtschaftlichen Impacts der Digitalisierung. In: Beckert, B.; Erdmann, L.; Feidenheimer, A. et al. (2020): Beiträge zur Analyse der Digitalisierung aus Innovationsperspektive. Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis Nr. 68. ISSN 1612-1430, Karlsruhe, Dezember, <http://hdl.handle.net/10419/227585>, S. 33–43
- Kroll, H.; Horvat, D.; Copani, G.; van de Velde, E.; Simons, M.; Jäger, A.; PourAbdollahian, G.; Wastyn, A.; Nau-manen, M. (2017):** Dynamising the Uptake of Advanced Manufacturing Technologies in European Industries, 8 Proposals for Policy Action. Position Paper. Karlsruhe, Fraunhofer ISI
- Kroll, H.; Horvat, D.; Jäger, A. (2018):** Effects of automation and digitalisation on manufacturing companies' production efficiency and innovation performance. Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis No. 58. Karlsruhe: Fraunhofer ISI
- Schubert, T.; Kroll, H. (2014):** Universities' effects on regional GDP and unemployment: The case of German, Papers in Regional Science, 95 (3), S. 467–489, DOI: 10.1111/pirs.12150



# Impressum

---

**Fraunhofer-Institut  
für System- und Innovationsforschung ISI**  
Breslauerstr. 48  
76139 Karlsruhe

## **Kontakt**

Dr. Bernd Beckert  
Stellvertretender Leiter  
Competence Centers Neue Technologien  
Telefon +49 721 6809-171  
bernd.beckert@isi.fraunhofer.de

## **Autor:innen**

Bernd Beckert, Elisabeth Eberling, Alexander Feidenheimer,  
Michael Friedewald, Matthias Gotsch, Marian Klobasa,  
Henning Kroll, Christian Lerch, Nicholas Martin, Torben  
Schubert

## **Grafische Gestaltung**

Sabine Wurst

## **Bildnachweise**

- Cover: Interkontinental-Internet-Unterwasser-Kabel  
kmls / Shutterstock.com
- Seite 5: Glasfaserkabel  
gualtiero boffi / Shutterstock.com
- Seite 6: Schnitt durch ein Glasfaserkabel  
nikkytok / Shutterstock.com
- Seite 10: Mobilfunkmast  
Ammak / Shutterstock.com
- Seite 16: Gehirn und Computer  
Jakub Krechowicz / Shutterstock.com
- Seite 20: Selbstfahrender Shuttle-Bus  
Chesky / Shutterstock.com
- Seite 24: Smart Home  
Aslann / Shutterstock.com

## Das Fraunhofer ISI

---

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI analysiert Entstehung und Auswirkungen von Innovationen. Wir erforschen die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Auf dieser Grundlage stellen wir unseren Auftraggebern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Handlungsempfehlungen und Perspektiven für wichtige Entscheidungen zur Verfügung. Unsere Expertise liegt in der fundierten wissenschaftlichen Kompetenz sowie einem interdisziplinären und systemischen Forschungsansatz.