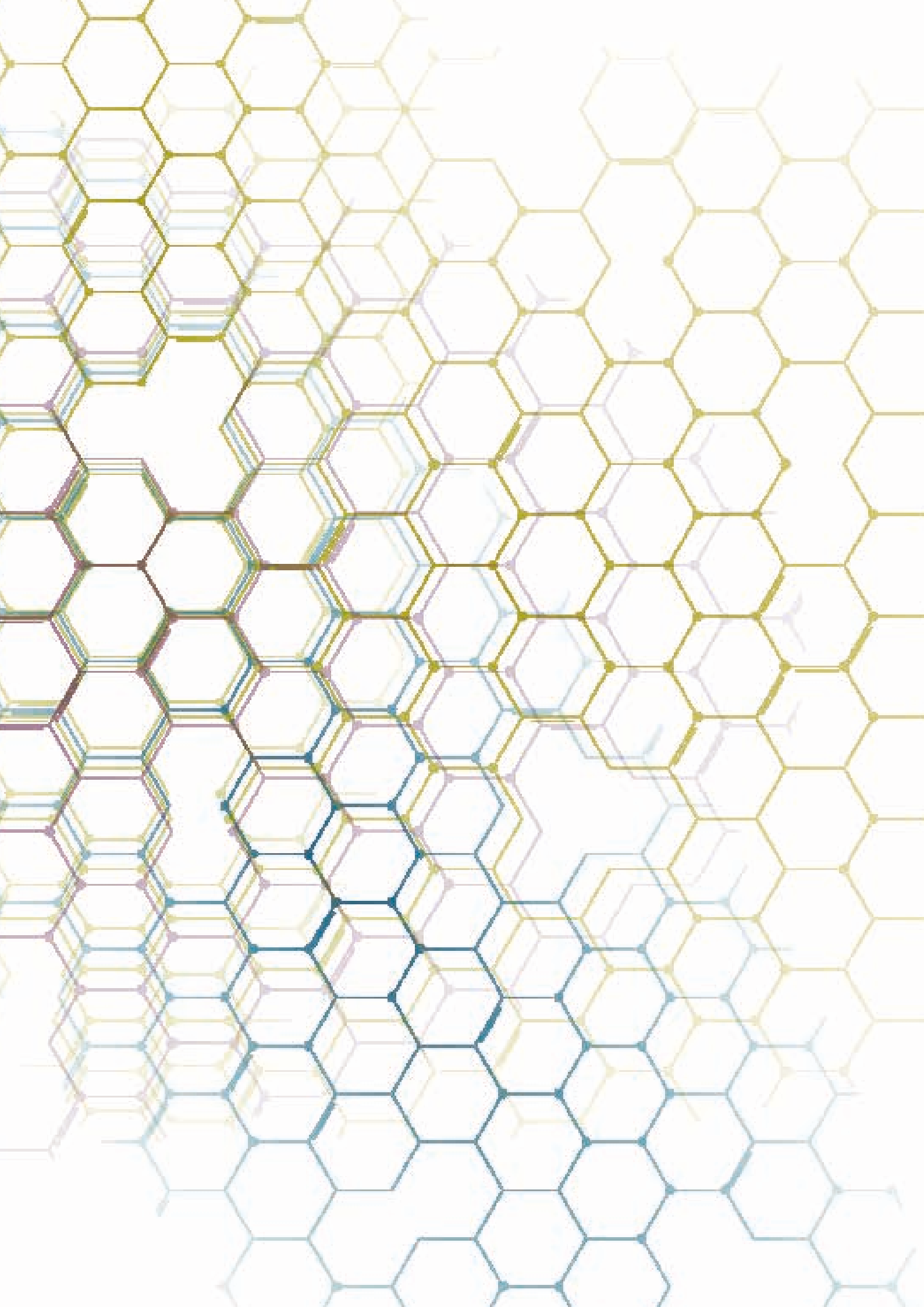
KOMPETENZEN FÜR EINE DIGITALE SOUVERÄNITÄT



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG 5

1. ZIELSETZUNG DER STUDIE 6

2. METHODIK UND UNTERSUCHUNGSWERKZEUGE 8

2.1.Erarbeitung der Technologiefelder 9
2.2.Erfassen von Status quo, Entwicklungsszenarien und Handlungsempfehlungen 15

3. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG 20

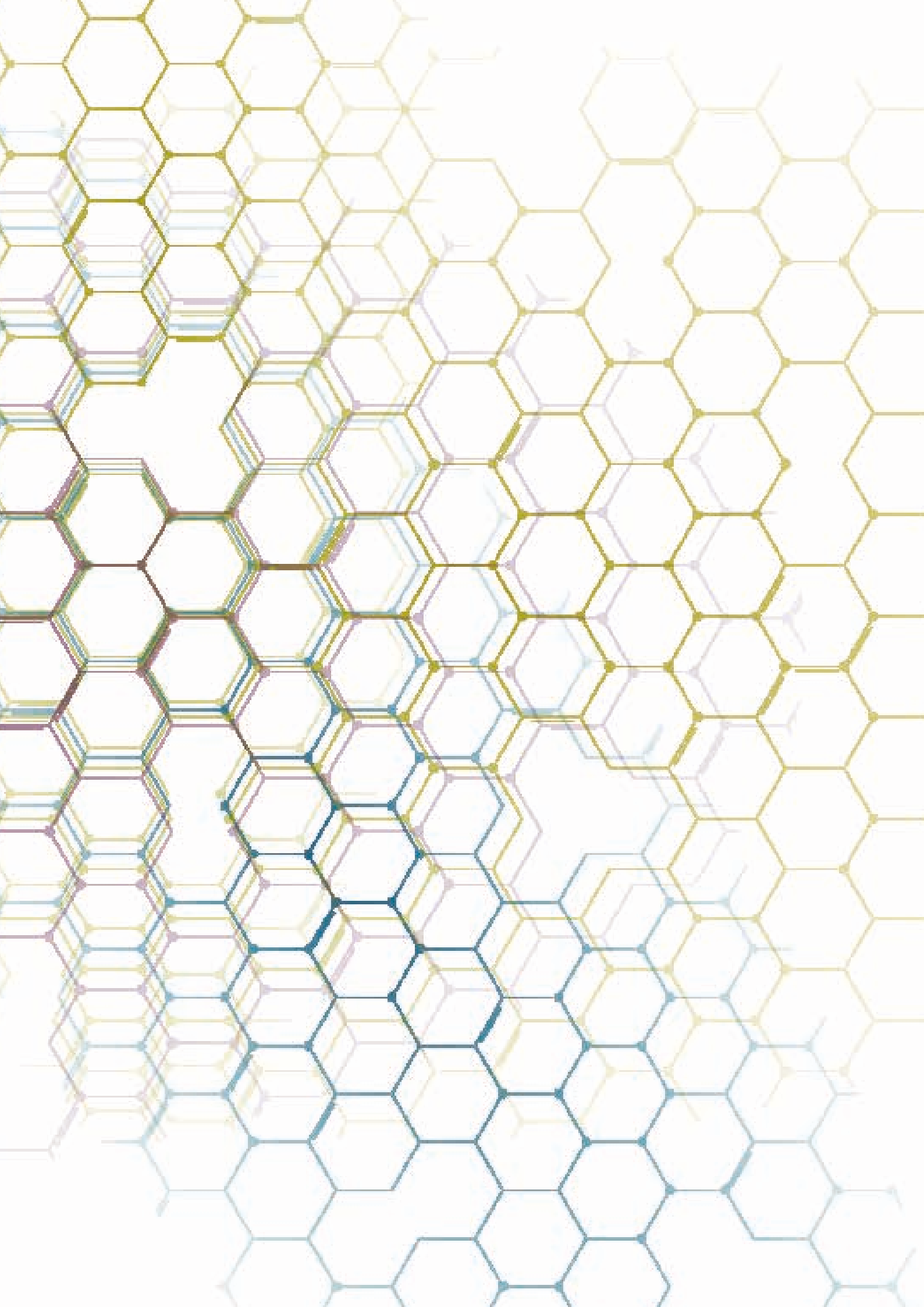
3.1. Hardware-Architekturen und Infrastruktur 23
3.2. Software-Architekturen und -Anwendungen 28
3.3. Umwelt-Technik-Interaktion 34
3.4. Management von Daten, Anwendungen und Diensten 40
3.5. Data Analytics/Machine Learning 46
3.6. IT-Sicherheit 52
3.7. Entwicklung digitaler Technologien 58

4. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN 62

Technologieeinsatz 62
Ökonomisches Umfeld 65
Politischer/regulatorischer Rahmen 67
Innovationsumfeld 69
Kompetenzentwicklung 71
Sozialer/gesellschaftlicher Rahmen 72

5. FAZIT UND AUSBLICK 74

FUSSNOTEN 76
ANHANG 82
IMPRESSUM 94



ZUSAMMENFASSUNG

Im Zeitalter der digitalen Transformation gewinnt die digitale Souveränität zunehmend an Bedeutung. Die vorliegende Studie analysiert detailliert die notwendigen Kompetenzen und Technologien als Grundvoraussetzung für ein selbstbestimmtes Handeln im digitalen Raum.

Für sieben als besonders relevant identifizierte Technologiefelder werden Thesen aufgestellt, die punktuell Einblicke in den jeweiligen Status quo der Anwender- und Anbieterkompetenzen in Deutschland geben und beispielhaft wahrscheinliche Entwicklungsszenarien aufzeigen. Eine Erkenntnis aus diesen Untersuchungen ist, dass Deutschland mit seiner traditionell industriell geprägten Wirtschaft über große Potenziale verfügt, in einem global digitalisierten Umfeld nicht nur handlungsfähig zu bleiben, sondern auch aktiv den Fortschritt zu gestalten. Traditionelle deutsche Fähigkeiten, wie komplexe Systeme verlässlich und sicher zu konzipieren, zu modellieren und zu entwickeln, aber auch zu produzieren, zu integrieren, zu vertreiben und zu warten, müssen dazu von weiteren Kompetenzen wie Ansätzen des maschinellen Lernens sowie von ganzheitlichen, kundenzentrierten Strukturen und Prozessen flankiert werden.

Die Studie endet mit einer Liste konkreter Empfehlungen, die unter anderem auf gesellschaftliche, technologische, und politisch-regulatorische Handlungsdimensionen eingeht. Die Handlungsempfehlungen hängen eng miteinander zusammen und bauen teilweise aufeinander auf. Sie zeigen, dass den Herausforderungen der digitalen Transformation nicht ausschließlich mit Regulierungsansätzen begegnet werden kann und dass ein gemeinsames Vorgehen aller beteiligten Akteure unerlässlich ist, um Doppelstrukturen oder sogar sich widersprechende Maßnahmen zu vermeiden.

1. ZIELSETZUNG DER STUDIE

Souveränes Denken, Entscheiden und Handeln stellen in einer immer komplexer werdenden, vernetzten Wirklichkeit eine große Herausforderung für die Akteure in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft dar. In einer offenen, globalisierten Gesellschaft ist es unabdingbar, mit den Risiken fehlender Informationen, Fertigkeiten und Fähigkeiten bewusst umgehen und diese zuverlässig bewerten zu können. Dies wird eine zentrale zukünftige Kompetenz von Einzelpersonen, Unternehmen und politischen Entscheidungsträgern sein, die Verantwortung für die freiheitliche Weiterentwicklung unserer offenen, global agierenden Gesellschaft und die Sicherung des Wohlstands übernehmen.

Beim Einsatz neuer Technologien stellt sich immer wieder die Frage nach deren Nutzen und den möglichen Risiken des Einsatzes. Im Kontext der Digitalisierung erscheint diese Fragestellung besonders komplex: Man kann bei der Bewertung den Fokus nicht mehr auf eine einzelne Technologie richten, sondern muss ein ganzes Netzwerk teils miteinander interagierender, teils voneinander losgelöster Systeme betrachten. Die Digitalisierung ist kein reines Technologie- und Infrastrukturthema mehr. Sie ist zu einem branchen- und sektorübergreifenden Querschnittsthema geworden. Die Geschwindigkeit, in der neue Geschäftsmodelle, Unternehmen und ganze Märkte entstehen und auch wieder verschwinden, nimmt durch den Einfluss digitaler Technologien stetig zu.

Schon im Jahr 2015 veröffentlichte das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) das Positionspapier „Leitplanken Digitaler Souveränität“[1]. Die Fokusgruppe „Digitale Souveränität“ der Plattform „Innovative Digitalisierung der Wirtschaft“ des Nationalen IT-Gipfels hat in diesem Papier sowohl den Begriff „digitale Souveränität“ als auch verschiedene „Leitplanken“ in drei Themenfeldern definiert. Ein wichtiges Themenfeld betrachtet die „Beherrschung von Schlüsselkompetenzen und -technologien“. Digitale Souveränität wird hier als die Fähigkeit zu selbstbestimmtem

Handeln und Entscheiden im digitalen Raum definiert. Die Freiheit des Einzelnen, der Zivilgesellschaft und der Wirtschaft kann in einer digitalisierten Welt dauerhaft nur dann sichergestellt werden, wenn Schlüsselkompetenzen als Grundlage für selbstbestimmtes Handeln und Entscheiden vorhanden sind, IT-Sicherheit und Datenschutz auf einem angemessenen Level gewährleistet werden können und ein innovationsoffener Wettbewerb herrscht.

Eine Gesellschaft, die das Ziel der digitalen Souveränität verfolgt, muss also innerhalb ihrer öffentlichen und privaten Einrichtungen über die richtigen Kompetenzen verfügen, um in diesem Umfeld einen vernünftigen Mittelweg zwischen Abhängigkeit und Abschottung, zwischen Fremdbestimmung und Autarkie zu finden. Dies führt sowohl für staatliche als auch für privatwirtschaftliche Institutionen in Deutschland zu der Herausforderung, in der Lage zu sein, Angebote zu nutzen, die in einer globalisierten Welt auf dem internationalen Markt verfügbar sind, ohne dabei zu stark von Entwicklungen getrieben zu werden, die sie selbst nicht beeinflussen können.

Ziel dieser Studie ist es, für die deutsche Volkswirtschaft sowohl den aktuellen Stand der digitalen Souveränität innerhalb relevanter Technologiefelder zu untersuchen als auch wahrscheinliche Zukunftsszenarien zu entwickeln. Anhand dieser theoretischen Erkenntnisse werden konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet, damit Institutionen, Unternehmen und Einzelpersonen in Deutschland die Fähigkeit zu selbstbestimmtem Handeln und Entscheiden im digitalen Raum beibehalten bzw. weiterentwickeln können.

Im folgenden Kapitel 2 wird das methodische Vorgehen dieser Studie erläutert, unter dessen Anwendung in Kapitel 3 die vorgestellten Technologiefelder eingeordnet werden. Kapitel 4 fasst die aus den Erkenntnissen abgeleiteten Handlungsempfehlungen zusammen, und Kapitel 5 bildet mit Ausblick und Fazit den Abschluss der Studie.

2. METHODIK UND UNTERSUCHUNGSWERKZEUGE

Bei der Bearbeitung der Fragestellung stehen drei Herausforderungen im Vordergrund:

Im Kontext der Digitalisierung kommt branchenübergreifend eine große Bandbreite an Technologie- und Kompetenzfeldern zum Einsatz. Die Identifikation der für Deutschland relevanten Technologien und Kompetenzen[2] erfordert insofern eine detaillierte Kenntnis über Methoden und Praktiken in den Unternehmen und für jeden Anwendungsfall. Ein übergreifendes Sammeln und strukturiertes Einordnen der Einzeltechnologien muss daher nach klaren Kriterien erfolgen.

Nicht jedes Unternehmen ist bereit oder in der Lage, detailliert Auskunft über den Status quo konkret eingesetzter Technologien zu geben – insbesondere wenn es um die Einschätzung des eigenen Fortschritts im internationalen Wettbewerb geht. Um ein realistisches Bild zu generieren, wurden in dieser Studie sowohl wissenschaftliche Expertise als auch breite Markt- und Branchenkenntnisse der IT-Industrie in Deutschland sowie Erfahrungen bezüglich nationaler und internationaler Praxisanwendungen und Technologietrends herangezogen. Dies erlaubte und forderte einen Methodenmix bei der Erarbeitung der Technologie- und Kompetenzfelder. Dieser beinhaltet neben einer umfassenden Sichtung aktueller Studien und Marktuntersuchungen eine Online-Befragung und einen Workshop, jeweils mit ausgesuchten Expertinnen und Experten.

Ein Charakteristikum, das alle Digitalisierungsprozesse prägt, sind die ständig neuen und sich verändernden Wertschöpfungsketten in einem dynamischen Markt- und Technologieumfeld. Qualifizierte Aussagen zur Entwicklung relevanter Technologiefelder in Deutschland unter Beachtung internationaler Einflüsse sind also nicht nur durch die Extrapolation bisheriger Marktdaten möglich, sondern entstehen sinnvoll nur durch Zusammenarbeit mit ausgewählten Expertennetzwerken, die in dieser Studie zur Sammlung und Bewertung der einzelnen Technologien, zur Einschätzung des Status quo in Bezug auf die erarbeiteten Technologiefelder und zur Abschätzung wahrscheinlicher Entwicklungsszenarien wertvolle Beiträge leisteten.

2.1. ERARBEITUNG DER TECHNOLOGIEFELDER

Basis für eine detaillierte Bewertung der Technologien ist eine umfassende Sammlung digitaler Technologien wie Entwicklungs- und Anwendungswerkzeuge sowie Programmiersprachen und -paradigmen, Verfahren und Dienste. Für deren Bewertung hinsichtlich ihrer Bedeutung für die digitale Souveränität wurde ein Kriterienset mit quantifizierbaren Indikatoren erarbeitet. Die Technologien, die als besonders relevant identifiziert wurden, bilden die Basis für eine Zusammenfassung zu Technologiefeldern, die dann weiter untersucht wurden.

Für jedes der sieben Technologiefelder wurde im Anschluss anhand verschiedener Methoden eine Analyse bezüglich ihres jeweiligen Status quo in Deutschland sowie bezüglich möglicher und wahrscheinlicher Entwicklungsszenarien durchgeführt (Abschnitt 2.2). Die Ergebnisse der Untersuchung in Kapitel 3 sowie die Handlungsempfehlungen in Kapitel 4 fußen auf den Erkenntnissen aus diesen Analysen.

Erstellen der Technologie-Longlist

Ausgehend von den Untersuchungsbereichen im „Leitplanken"-Positionspapier[3] haben Expertinnen und Experten aus den entsprechenden Feldern der anwendungsnahen IT-Forschung zu Beginn dieser Studie ihre Erfahrungen aus Forschungs-, Entwicklungs- und Technologietransferprojekten gesammelt und eine Liste von über 100 Einzeltechnologien zusammengestellt.

Für jede Technologie wurde ein umfassender Technologiesteckbrief angelegt (siehe Anhang A4). Eine erste Charakterisierung der Einzeltechnologien erfolgte durch eine Einordnung gemäß der beiden Klassifikationssysteme European e-Competence Framework[4] und OSI-Modell (Open Systems Interconnection).[5]

In einem späteren Schritt wurde anhand der Steckbriefe eine Bewertung der jeweiligen Technologie hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität vorgenommen.

Kriterien und Indikatoren zur Bewertung der Technologien

Da gängige Methoden der Technologiebewertung, wie das Technologieportfolio nach Pfeiffer et al.,[6] das Technologie-Markt-Portfolio-Konzept nach McKinsey[7] oder das Technologie-/Branchenlebenszykluskonzept nach A. D. Little[8], sich auf spezielle ökonomische Fragestellungen fokussieren und daher nicht ausreichen, um eine Technologie hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität zu bewerten, wurde für diese Studie eine neue Methodik der Technologiebewertung entwickelt. Je zwei Kriterien wurden für die Einschätzung der Chancen (Zukunftsfähigkeit, Interoperabilität), die sich durch den Einsatz einer Technologie ergeben, und für die Bewertung der Risiken (Substituierbarkeit, strategische Bedeutung), die dieser mit sich bringt, ausgearbeitet. Jedes Kriterium besteht wiederum aus mehreren quantifizierbaren Indikatoren, die den Expertinnen und Experten auf einer Fünf-Punkte-Skala die Beurteilung der Technologien ermöglichen (1 = hohe Relevanz für eine digitale Souveränität und 5 = keine nennenswerte Relevanz für eine digitale Souveränität). Eine Übersicht über die Kriterien, Indikatoren und die möglichen Ausprägungen findet sich im Anhang dieser Studie (A3).

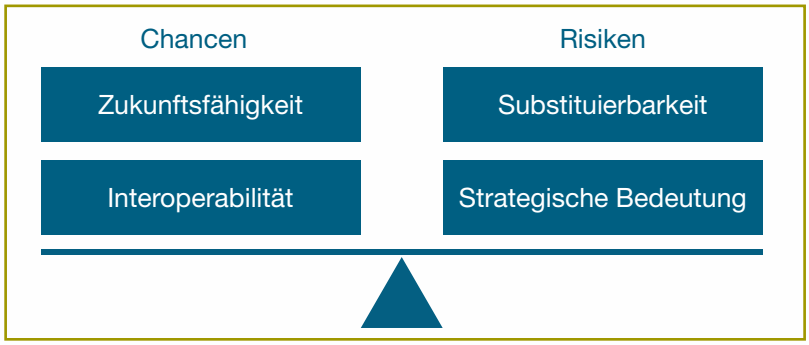


Abbildung 1: Kriterienset zur Bewertung einer Technologie hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität

1. Zukunftsfähigkeit beschreibt die Chance, eine Technologie weiterzuentwickeln und flexibel neuen Rahmenbedingungen anzupassen. Je stärker die Zukunftsfähigkeit einer Technologie ausgeprägt ist, desto relevanter ist sie für eine digitale Souveränität.
   a) Erweiterbarkeit
      Ist es möglich, durch eine Anpassung der zu bewertenden Technologie neue Applikationen, Dienste oder Systeme zu entwickeln?

b) Wartung (Updates)
Wird die zu bewertende Technologie gewartet bzw. werden Updates zur Verfügung gestellt, sodass sie unter aktuellen/sich wandelnden Rahmenbedingungen verlässlich und fehlerarm laufen kann?

c) Entwickler- und Anwendercommunity
In welchem Umfang gibt es Anwender- und Entwickler-Communitys, die sich gegenseitig neue Impulse für Anforderungen an die zu bewertende Technologie und deren Funktionsumfang geben?

d) Innovationspotenzial
Hat die zu bewertende Technologie das Potenzial, dass auf ihrer Grundlage neue marktfähige Produkte und Dienste entwickelt werden (innerhalb und außerhalb der IKT-Bereiche)?

2. Substituierbarkeit beschreibt das Risiko, eine Technologie nicht durch andere Technologien, Produkte oder Konzepte ersetzen zu können. Je weniger substituierbar eine Technologie ist, desto höher ist die Abhängigkeit von ihr und desto relevanter ist sie für eine digitale Souveränität.

a) Substituierbarkeit durch Produkte anderer Anbieter
Ist die zu bewertende Technologie durch Produkte anderer Anbieter zu ersetzen?

b) Substituierbarkeit durch andere Technologien
Ist die zu bewertende Technologie durch andere Technologien ersetzbar?

3. Interoperabilität beschreibt die Möglichkeit, mit einer bestehenden Technologie durch deren Kombination mit anderen Systemen neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Je höher die Interoperabilität der Technologie ist, desto relevanter ist sie für die Markterschließung und eine digitale Souveränität. Hohe Interoperabilität mildert das Risiko ab, von einer Einzeltechnologie abhängig zu sein. Dies steht dem Risiko einer fehlenden Substituierbarkeit gegenüber und wird von einigen Anbietern zum Aufbau von Markteintrittsbarrieren bewusst vermieden.

a) Plattformunabhängigkeit
Kann die zu bewertende Technologie unabhängig von einer spezifischen Plattform oder Infrastruktur betrieben und/oder genutzt werden?

b) Wiederverwendbarkeit
Können die zu bewertende Technologie (oder einzelne ihrer Module) über ihr ursprüngliches Einsatzgebiet oder System hinaus verwendet werden?

c) Standards
In welchem Umfang sind die Schnittstellen der zu bewertenden Technologie standardisiert und dokumentiert?

4. Strategische Bedeutung beschreibt das Risiko, dass durch den Ausfall oder die Störung einer Technologie gesamtwirtschaftliche und sicherheitsrelevante Schäden auftreten können. Je höher die strategische Bedeutung einer Technologie ist, desto relevanter ist sie für eine digitale Souveränität.

a) Sicherheitsrelevanz
Besteht ein Risiko in Bezug auf die äußere und innere (auch physische) Sicherheit, wenn die zu bewertende Technologie nicht beherrscht wird?

b) Basisanwendung
Ist die zu bewertende Technologie so weit verbreitet, dass ohne ihr Funktionieren/ihre Verfügbarkeit ganze (volkswirtschaftlich/gesellschaftlich relevante) Systeme nicht mehr betrieben und/oder genutzt werden können?

Erarbeiten der Technologie-Shortlist

Die Einzeltechnologien der Technologie-Longlist wurden anschließend mithilfe der Indikatoren bewertet, und es wurde eine Rangliste der Technologien hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität erstellt. Die Einzeltechnologien im obersten Drittel der Rangliste wurden mit „A“, die im mittleren Drittel mit „B“ und die im untersten Drittel mit „C“ gekennzeichnet.

Da nur die Technologien bewertet wurden, die von Expertinnen und Experten als potenziell relevant identifiziert wurden, bedeutet eine C-Bewertung meist entweder, dass das Element als bedingt relevant eingeschätzt wurde, oder, dass es aufgrund einer bestimmten Eigenschaft (wie z. B. fehlende Zukunftsfähigkeit) herabgestuft wurde.

Clustern zu Technologiefeldern

Basierend auf der Shortlist wurden die Einzeltechnologien zu sieben Technologiefeldern zusammengefasst, deren Struktur im Folgenden vorgestellt wird. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Felder erfolgt dann am Anfang jedes Analyseteils in Kapitel 3.

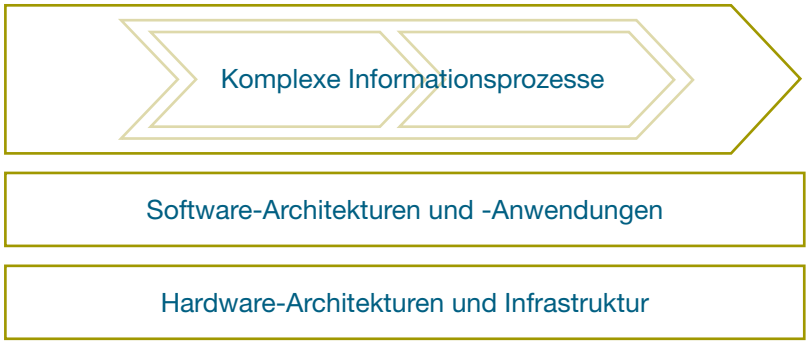


Abbildung 2: vertikale Anordnung der Technologiecluster entlang unterschiedlicher Architekturschichten

- Software-Architekturen und -Anwendungen
  Auf einem technischen System laufende Software-Architektur (z. B. Betriebssystem) oder Anwendung (z. B. Spezialapplikation oder -modul)
- Hardware-Architekturen und Infrastruktur
  Elemente der Kommunikationsinfrastruktur (wie Router), z. B. für Festnetz- oder Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, sowie Prozessorarchitekturen

Abbildung 3: horizontale Anordnung der drei prozessorientierten Technologiefelder entlang einer Data Value Chain

- Umwelt-Technik-Interaktion
  Technologien zur digitalen Abbildung und Integration der physischen Umwelt (z. B. Sensoren, Internet-of-Things-Technologien), zur Digitalisierung von Interaktionen (z. B. E-Payment) und zur Initiierung von Aktionen (z. B. Aktorik im Bereich „Robotik“)

- Management von Daten, Anwendungen und Diensten
  Zentrale und dezentrale Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten und Diensten (z. B. in Datenbanken oder als Web-/Cloudanwendungen)

- Data Analytics/Machine Learning
  Datenanalyse zur Gewinnung von Informationen, Informationsmustern und neuem Wissen (Data Analytics) und automatisierte Lernprozesse künstlicher Systeme (Machine Learning)

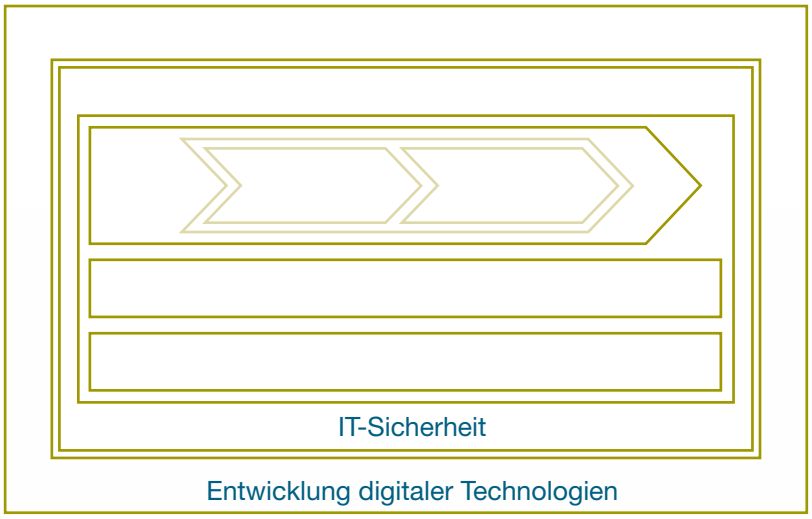


Abbildung 4: IT-Sicherheit sowie Entwicklungsmethoden und –tools als Rahmen um die anwendungsbezogenen Technologiefelder

- IT-Sicherheit
  Verfahren zur Sicherung von Daten und Systemen gegen Missbrauch, Fälschung und unbefugten Zugriff

- Entwicklung digitaler Technologien
  Methoden und Werkzeuge (z. B. Modellierungstools und Programmierframeworks) zur Konzeption, zur Implementierung und zum Testen neuer digitaler Anwendungen, Dienste und Plattformen

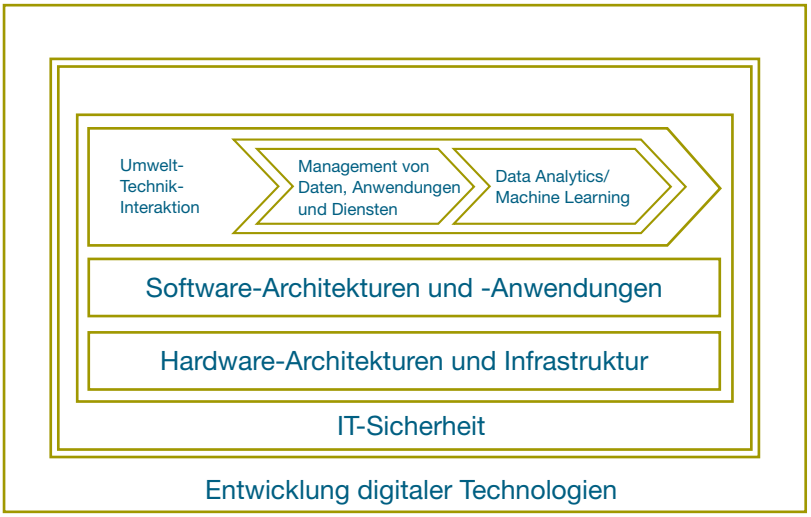


Abbildung 5: Aufbau der sieben Technologiefelder mit besonderer Relevanz für eine digitale Souveränität

2.2. ERFASSEN VON STATUS QUO, ENTWICKLUNGSSZENARIEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Um den Status quo und die Perspektiven Deutschlands in den einzelnen Technologiefeldern zu untersuchen, wurde das STEP-Modell[9] zur Makroumweltanalyse für die spezielle Fragestellung hinsichtlich der Kompetenzen für eine digitale Souveränität angepasst. Zusätzlich zu sozialen bzw. gesellschaftlichen, technologischen, ökonomischen und politischen Faktoren werden ergänzend die Kompetenz- und Bildungslandschaft sowie das Innovationsumfeld in den Technologiefeldern untersucht, analysiert und eingeordnet. Das STEP-KI-Modell ermöglichte eine systematische, auf die jeweiligen Technologiefelder zugeschnittene Betrachtung verschiedener Indikatoren. Die Auswahl und Zuordnung der einzelnen Indikatoren erfolgten gemäß inhaltlicher Relevanz und Datenverfügbarkeit.

Abbildung 6: Untersuchungsdimensionen des STEP-KI-Modells

Folgende Dimensionen wurden bei der Recherche betrachtet:[10]

Sozialer/gesellschaftlicher Rahmen
In dieser Dimension wurden Indikatoren für die gesellschaftliche Haltung und die Einstellungen gegenüber digitalen Technologien herangezogen. Soziokulturelle Faktoren wie Altersstruktur, soziale Mobilität und Konsumverhalten sollen Aufschluss darüber geben, wie stark sich die Bevölkerung mit den Chancen und Risiken des Technologieeinsatzes auseinandersetzt[11] und eigene Vorstellungen in die Gestaltung von Rahmenbedingungen für eine digitale Souveränität mit einbringt.

Technologieeinsatz
Nutzungsumfang und Entwicklungsstand der eingesetzten digitalen Technologien besonders im Unternehmenskontext tragen maßgeb-

lich zu der Fähigkeit bei, effizient zu agieren, Kosten zu reduzieren, Kunden zu gewinnen und zu halten sowie mit Partnern zusammenzuarbeiten.[12] Auch einschätzen zu können, ob und wie die Verfügbarkeit digitaler Technologien eigene Kostenstrukturen verändern und wann neue Technologien zur Marktreife gelangen werden, ist eine Kernkompetenz für eine digitale Souveränität.

Ökonomisches Umfeld
Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive wurden in dieser Dimension vor allem Indikatoren wie Marktanteile, Umsatzentwicklungen und prognostizierte Investitionen deutscher Anbieter von digitalen Technologien betrachtet, auf der volkswirtschaftlichen Ebene Faktoren wie Inflation, Arbeitslosenrate, BIP-Trends und Zinsraten. Das Zusammenspiel beider Sichtweisen lässt dann Rückschlüsse darauf zu, wie gut die wirtschaftlichen Grundvoraussetzungen für Institutionen in Deutschland sind, um den digitalen Wandel aktiv mitgestalten zu können.

Politischer/regulatorischer Rahmen
Politisch-juristische Bedingungen und deren Folgen für Anwenderinnen und Anwender sowie Hersteller digitaler Technologien sind zum Beispiel die politische Stabilität und die Wirtschaftsordnung eines Landes sowie aktuelle und angestrebte Außenhandelsabkommen. Gerade Unterschiede in den rechtlichen Bestimmungen der zu bearbeitenden Märkte haben einen erheblichen Einfluss auf den Handlungsspielraum der Unternehmen.[13] Hierzu gehören zusätzlich zu den in Bezug auf eine digitale Souveränität naheliegenden IT-Sicherheits- und Datenschutzregeln auch Bestimmungen des Arbeitsrechts, Monopolgesetze, Umweltschutzrechte oder Steuergesetze.

Kompetenzentwicklung
Im Bereich der Kompetenzentwicklung wurden Faktoren untersucht, die als maßgeblich für den Aufbau und Erhalt relevanter Kompetenzen eingestuft wurden. Hierzu gehören bildungspolitische Indikatoren wie die Entwicklung des Schul- und Hochschulsystems, das Engagement von Unternehmen bezüglich Aus- und Weiterbildung, aber auch Zuzugs- und Abwanderungstendenzen. Inhaltlich sind zusätzlich zu den in dieser Studie erarbeiteten technologischen Spezialkenntnissen auch MINT-Fächer[14] im Allgemeinen sowie ergänzende Fähigkeiten wie Projektmanagement, Modellierung von Geschäftsprozessen und Personalführung relevant.[15]

Innovationsumfeld
Indikatoren für ein innovationsförderndes Umfeld sind Investitionen in Forschung und Entwicklung durch den Staat, Unternehmen und Hochschulen[16] sowie Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Innovationstätigkeit im Bereich digitaler Technologien. Zu diesen Rahmenbedingungen gehören die Förderung von Start-ups und regulatorische Rahmenbedingungen, die auch neuen Akteuren den Markteintritt nicht unnötig erschweren, sondern Kooperation und weltweite Sichtbarkeit fördern.[17]

Das STEP-KI-Modell bildete den konzeptionellen Rahmen und wurde durch drei sich ergänzende methodische Ansätze operationalisiert: eine umfassende Metarecherche bereits vorhandener Publikationen, eine Online-Befragung mit Schwerpunkt auf der Anbietersicht sowie einen heterogen zusammengesetzten Expertenworkshop, in dem die unterschiedlichen Perspektiven (Anbieter, Anwender, Wissenschaft, Politik) zusammengeführt wurden.

Meta-Recherche

Die Sichtung von Studien, Statistiken und Analysen Dritter wurde für jedes Technologiefeld anhand der STEP-KI-Dimensionen durchgeführt. Im Mittelpunkt standen dabei einerseits die Frage der gewerblichen und privaten Nutzung digitaler Technologien sowie andererseits die Marktsituation für IT-Anbieterunternehmen. Aufgrund der Heterogenität der verfügbaren Quellen und Technologiefelder, aber auch aufgrund der Vielfalt der zu entnehmenden Informationen variiert der jeweilige Untersuchungsschwerpunkt, und die unterschiedlichen Technologiefelder wurden nicht immer anhand der gleichen Indikatoren analysiert. Die Studie setzt mit beispielhaften Analysen Schwerpunkte auf der Erarbeitung konkreter Thesen, die dann wiederum zu den Handlungsempfehlungen führen.

Online-Befragung

In einer Online-Befragung wurden Expertinnen und Experten um eine Einschätzung des Status quo und wahrscheinlicher Entwicklungstendenzen der Technologiefelder gebeten, sowie um ihre Meinung zum Einfluss nichttechnischer Kompetenzen auf diese Entwicklungen und zum Stellenwert der einzelnen Technologiefelder innerhalb typischer Wertschöpfungsketten in der deutschen Wirtschaft.

Die Online-Befragung wurde vom 20. Januar bis zum 1. Februar 2017 durchgeführt. Zielgruppe waren Mitglieder relevanter Bitkom-Arbeitskreise, beispielsweise aus den Bereichen „Big Data“, „Software Engineering“, „Digitale Transformation“ oder „Forschung und Innovation“. Ergänzend wurden Kontakte von FZI und Accenture zur Teilnahme an der Befragung eingeladen.

Insgesamt haben 356 Zielpersonen den Online-Fragebogen vollständig ausgefüllt. Die interne, für eine gezielte Befragung von Fachexperten bereits hoch angesetzte Zielmarke von 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurde damit deutlich überschritten. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer decken durch ihren beruflichen und fachlichen Hintergrund ein breites Spektrum an Technologie- und Markt-Expertise ab. Dadurch wird die Aussagekraft der Umfrageergebnisse zusätzlich verstärkt.

Drei Viertel (77 Prozent) der Befragten sind Mitarbeiter von Unternehmen, davon gut die Hälfte (51 Prozent) aus Unternehmen mit mindestens 500 Mitarbeitern und mehr als 50 Mio. Euro Jahresumsatz. Ebenfalls etwas mehr als die Hälfte (54 Prozent) ist bei einem Unternehmen mit deutschem Hauptsitz angestellt, fünf Prozent bei einem Unternehmen mit europäischem und 23 Prozent bei einem Unternehmen mit außereuropäischem Hauptsitz. Die Unternehmen stammen zum überwiegenden Teil aus der IKT-Branche, beispielsweise aus den Bereichen „Software“, „Hardwareproduktion“ oder „IT-Services“. Neben den Befragten aus etablierten Unternehmen sind sieben Prozent der Umfrage-Teilnehmer bei einem Start-up beschäftigt, d. h. bei einem innerhalb der letzten sechs Jahre gegründeten Unternehmen mit bis zu 50 Mitarbeitern und weniger als 10 Mio. Euro Jahresumsatz. Die Befragten kommen zudem aus wissenschaftlichen Einrichtungen (8 Prozent), Verbänden (3 Prozent) und Think-Tanks (1 Prozent).

Expertenworkshop

Der methodische Dreiklang zur Erarbeitung der einzelnen Technologiefelder wurde durch einen Expertenworkshop abgerundet. Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Zivilgesellschaft diskutierten den gesellschaftlichen Rahmen, den Technologieeinsatz, das Innovationsumfeld sowie die Bildungs- und Qualifizierungslandschaft in Hinblick auf die sieben Technologiefelder.

3. ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG

Unabhängig von einzelnen Technologiefeldern sind Fragestellungen rund um den IT-Arbeitsmarkt sowie Ausbildung und lebenslanges Lernen in Hinblick auf den souveränen Umgang mit digitalen Technologien richtungsweisend. Schon 2015 wurde in den „Leitplanken für Digitale Souveränität“[18] festgehalten, dass Menschen grundlegend befähigt werden müssen, mit den neuen Anforderungen der Digitalisierung umzugehen und deren Vorteile nutzbringend einzusetzen – das gilt für das private Umfeld ebenso wie für das berufliche.[19] 38 Prozent der Unternehmen weltweit haben bereits heute Schwierigkeiten, die richtigen Talente für ihre Bedarfe zu finden.[20] Dabei ist Deutschland vergleichsweise stark aufgestellt: Bevölkerungsübergreifend sind in Deutschland die digitalen Grundkompetenzen im Durchschnitt höher ausgeprägt als im EU-Durchschnitt. Laut der Europäischen Kommission verfügen 66 Prozent der Deutschen zumindest über digitale Grundkompetenzen, europaweit sind es lediglich 55 Prozent.[21] Für Unternehmen ist es sowohl auf Anwender- als auch auf Anbieterseite wichtig, ihre digitalen Kompetenzen vorausschauend zu entwickeln und zielgerichtet einzusetzen.

Betrachtet man den Arbeitsmarkt im IT-Bereich, zeigt sich, dass es hier nur wenige Arbeitssuchende gibt (Arbeitslosenquote von rund drei Prozent). Die Digitalisierung in nahezu allen Arbeits- und Lebensbereichen geht einher mit einem überdurchschnittlichen Zuwachs an Arbeitsplätzen für IT-Fachleute in den letzten Jahren.[22] Einer Umfrage unter Unternehmen zufolge fehlten bereits in 2016 rund 51.000 IT-Fachkräfte,[23] von denen ca. 60 Prozent Softwareentwickler sowie jeweils 20 Prozent IT-Berater und Anwendungsbetreuer/Administratoren waren. Dieser Mangel wird sich in den kommenden Jahren verstärken – einerseits als Folge demografischer Entwicklungen, andererseits aufgrund der erhöhten Nachfrage eines wachsenden Softwaremarktes.[24] Darüber hinaus besteht aus Sicht des IT-Standorts Deutschland das Risiko der Abwanderung: So liegen beispielsweise die Durchschnittsgehälter von Softwareentwicklern in Deutschland unter denen in den USA, Kanada, dem Vereinigten Königreich, Australien und Schweden.[25]

Der Grund für den künftigen Fachkräftemangel können jedoch nicht mangelnde Absolventenquoten an den deutschen Universitäten sein. Hier braucht Deutschland im Bereich Informatik den

Vergleich z. B. mit den USA als Heimat der größten, einflussreichsten und umsatzstärksten IT-Konzerne nicht zu scheuen: Denn die Anzahl der Informatikabsolventen in Deutschland ist in den letzten Jahren konstant gestiegen und liegt auf dem höchsten Stand seit Einführung des Studienfachs.[26] Auf die Bevölkerung umgerechnet schließen in Deutschland sogar ebenso viele Studierende mit einem Informatik-Bachelor ab wie in den USA.[27] Auch bei der Ausbildung von MINT-Fachkräften baut Deutschland seine gute Position weiter aus. Deutschland führt mit 35 Prozent die OECD-Statistik der Hochschulabsolventen in Naturwissenschaften und Ingenieurdisziplinen an, gefolgt von Korea (31 Prozent) und Mexiko (28 Prozent).[28] Konträr verhält sich dies im Bereich der MINT-Ausbildungsberufe. So ist die Zahl neu abgeschlossener MINT-Ausbildungsverträge binnen zehn Jahren um acht Prozent zurückgegangen. Zugleich fiel die Zahl der bestandenen MINT-Ausbildungsabschlüsse um 21 Prozent.[29] Ein ähnlich dramatisches Bild ergibt sich beim Blick auf die Anzahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge für einige IT-Berufe.[30]

Neben dem Feld der Ausbildung werden in Deutschland aktuell nicht alle Potenziale in der Bevölkerung ausgeschöpft, um das bisherige Maß an Wettbewerbsfähigkeit mindestens aufrechtzuerhalten: Obwohl beispielsweise bei der Bewertung der Computer- und Medienkompetenz[31] Achtklässlerinnen signifikant besser waren als ihre männlichen Mitschüler, waren 2015 lediglich 16 Prozent der IT-Beschäftigten Frauen. Außerdem waren nur sieben Prozent der IT-Beschäftigten ausländische Staatsbürger. Beide Bevölkerungsgruppen haben zwar gegenüber dem Vorjahr (13 Prozent bzw. vier Prozent) mehr Fachkräfte im IT-Bereich gestellt.[32] Trotzdem ist festzustellen, dass zwei große Bevölkerungsgruppen nicht gezielt in Bezug auf Berufe im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) angesprochen und gefördert werden.[33]

In ganz Deutschland haben nur knapp 16 Prozent der Oberstufenabsolventen einen Informatikgrundkurs besucht, in einigen Bundesländern liegt dieser Wert bei unter zehn Prozent.[34] Damit wird klar: Das deutsche Bildungssystem berücksichtigt Informatikkenntnisse aktuell nicht als eine berufsfeldübergreifende Schlüsselkompetenz. Dies ist umso auffälliger, als sich Berufsbilder ändern und

sich z. B. die Kompetenzaneignung eines Entwicklers gewandelt hat – nicht alle Entwickler sind zwingend studierte oder ausgebildete Informatiker. Einer weltweiten Umfrage unter Entwicklern zufolge sehen sich 74,7 Prozent der Befragten in Deutschland als Autodidakten.[35] Bemessen an der aktuellen Situation hinsichtlich der digitalen Bildung[36] kann angenommen werden, dass die heranwachsende Generation ebenfalls stark auf Selbstaus- und -weiterbildung bei der Entwicklung der digitalen Technologien setzen wird.

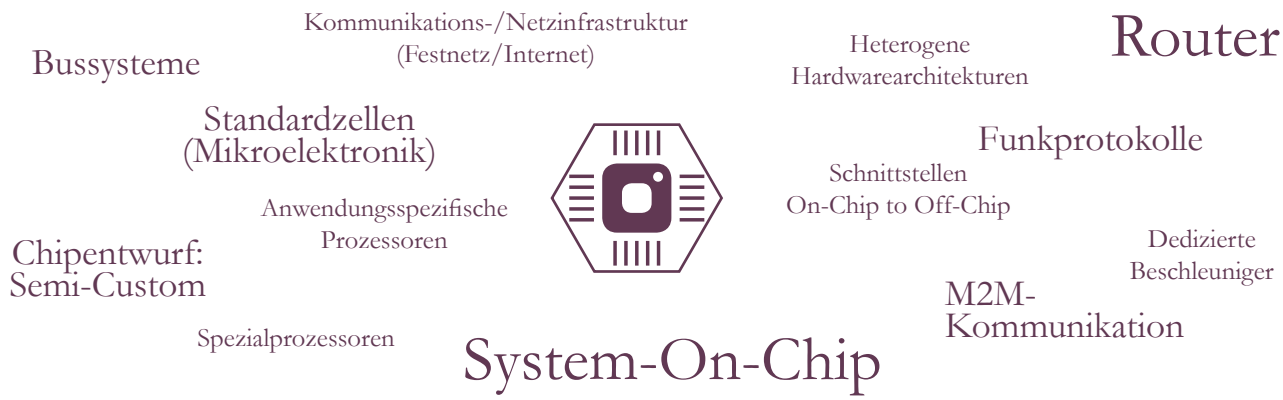
Kompetenzen in Bezug auf Informatik und IKT sollten bereits bei Schülerinnen und Schülern systematisch und gezielt aufgebaut werden. Schulbildung ist der Schlüssel für eine digitale Allgemeinbildung, die die Menschen digital selbständig und selbstbestimmt macht.[37] Die Menge an Daten und Kommunikationskanälen kann dazu führen, dass die Menschen in der Informationsverarbeitung immer stärker überfordert werden und ihr Verhalten diesbezüglich bewusst steuern. Darüber hinaus wird der Umgang mit digitalen Technologien immer mehr zur Voraussetzung in vielen (Wissens-) Berufen werden.[38] Im internationalen Vergleich ist Deutschland aber auch in der Schulbildung nicht so weit abgeschlagen, wie es in der Öffentlichkeit oft dargestellt wird.[39] So lagen deutsche Achtklässlerinnen und Achtklässler 2013 im internationalen Vergleich im EU-Durchschnitt und signifikant über dem Mittelwert der OECD-Vergleichsgruppe.[40]

Neben dem Blick auf den IT- und IKT-Nachwuchs lassen sich ebenso relevante Erkenntnisse für erfahrene Fach- und Führungskräfte in Deutschland ableiten: Sowohl die Online-Befragung als auch der Expertenworkshop im Rahmen dieser Studie haben gezeigt, dass erfahrene Fach- und Führungskräfte in Deutschland sehr gute Voraussetzungen mitbringen, um den digitalen Wandel mitzugestalten. Zu nennen sind hier vor allem hohe Branchenkenntnis, Methodenwissen und Toolkenntnisse.[41]

Gleichzeitig wurde festgestellt, dass die Fach- und Führungskräfte kaum branchenübergreifend miteinander vernetzt sind.[42] Dies führt zu einer fehlenden Interdisziplinarität in einem hoch dynamischen Umfeld und beeinträchtigt die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit. Neben der Vernetzung und Schaffung von Synergien sind zukünftig aber auch Kompetenzen in Bezug auf die Entwicklung und den Einsatz neuer Geschäftsmodelle gefordert.

Im Folgenden werden ausgewählte Erkenntnisse hinsichtlich der sieben Technologiefelder vorgestellt, die als besonders relevant für eine digitale Souveränität identifiziert wurden.

3.1. HARDWARE-ARCHITEKTUREN UND INFRASTRUKTUR



Hochintegrierte Netzinfrastrukturen und homogene sowie vor allem heterogene Hardware-Architekturen sind die Grundlage der digitalen Interaktion und sichern die Qualität komplexer, hochmoderner vernetzter Unternehmens-IT. Dies spiegelt sich insbesondere in der Skalierbarkeit und Verteilung von IT-Ressourcen wider. Die Komplexität der Strukturen erfordert ein intuitives Zusammenspiel der einzelnen untereinander interagierenden Komponenten über definierte, standardisierte Schnittstellen. Mit der Zeit haben sich bereits – allerdings teilweise parallel und überlappend – Standards entwickelt,[43] die anbieter- und anwenderunabhängig eingesetzt werden.

Eine solche Architektur, insbesondere ihre Effizienz im Gesamtsystem, basiert auf hochentwickelter Infrastruktur zur Datenübertragung und Kommunikation. Eine wohldefinierte Interoperabilität der einzelnen Schichten und Komponenten erlaubt zum einen eine Substituierbarkeit und somit Unabhängigkeit von einem einzelnen Systemanbieter. Sie erfordert jedoch auf der anderen Seite Kenntnisse und Fähigkeiten zur Bedienung und Instandhaltung der einzelnen Systeme und zur Pflege der Schnittstellen. Auch Aspekte

wie die physische und geographische Ausgestaltung der einzelnen Architekturschichten spielen eine wichtige strategische Rolle in Bezug auf eine digitale Souveränität. Sie werden bei digitalen Produkten allerdings häufig außer Acht gelassen. Die strategische Bedeutung dieser Infrastrukturen für das Betreiben der wertschöpfenden Aktivitäten ist in nahezu allen Bereichen immens. Die Fokussierung der deutschen Industrie auf den Fahrzeug- und Maschinenbau bringt einen Schwerpunkt in die Entwicklung von IT-Hardware ein, der gerade im Kontext der Diskussion über cyber-physische Systeme einen strategischen Vorteil bedeuten könnte.

Abbildung 7: Für die Einschätzung des Technologiefelds „Hardware-Architekturen und Infrastruktur“ waren vor allem Indikatoren aus den Dimensionen „Ökonomisches Umfeld“ und „Innovationsumfeld“ ausschlaggebend.

▸ THESE 1: Deutschland besitzt das Potenzial, ein Spitzenstandort für Rechenzentren zu werden.

Der Bedarf, große Datenmengen verlässlich und schnell zu übertragen, steigt branchenübergreifend und global.[44] Im Bereich der Rechenzentren wurde in Deutschland im Jahr 2015 eine zehnprozentige Steigerung der Investitionen in Infrastrukturmodernisierungen und Neubauten gegenüber 2014 verzeichnet. Im Vergleich zum Vorjahr sind die deutschen Rechenzentren infolgedessen mit sechs Prozent mehr physischen Servern ausgestattet.[45] Diese Entwicklung wird auch dadurch getragen, dass die Investitionen internationaler Unternehmen in Deutschland als Rechenzentrumsstandort zunehmen[46] – auch als Folge der Sorge deutscher Kunden in Bezug auf Datenschutz und Datensicherheit.[47]

Trotz dieser Entwicklung steht der Rechenzentrumsstandort Deutschland im internationalen Vergleich zwar gut da, weist aber – gemessen an seiner volkswirtschaftlichen Größe – noch erhebliches

Entwicklungspotenzial auf: Innerhalb der EU hat Deutschland mit einem Anteil von ca. 25 Prozent an den europäischen Rechenzentrumskapazitäten den größten Rechenzentrumsmarkt. Auf den Rängen zwei und drei folgen Großbritannien (22 Prozent) und Frankreich (15 Prozent).[48] Der Blick auf den Energiebedarf der Server und Rechenzentren zeigt, dass hiesige Anlagen im europäischen Vergleich die höchste Effizienz aufweisen, dennoch gehören die hohen bzw. die steigenden Strompreise nach wie vor zu den Hemmnissen für zukünftige Investitionen.[49] Besonders bei der transatlantischen Internetanbindung machen die mit den Strompreisen verbundenen Kosten den Standort im Vergleich zu seinen europäischen Nachbarn eher unattraktiv.[50] Einen weiteren Schwachpunkt bildet die deutsche Breitband-Infrastruktur.[51] Denn zum Betreiben von Rechenzentren gehört auch die Fähigkeit zum Ausbau und Betrieb von Breitband-Infrastrukturen und Internetknotenpunkten, die derzeit bei wenigen Dienstleistern konzentriert ist.[52]

Beides ist auch Ausdruck der Tatsache, dass in Deutschland derzeit keine aktive Standortpolitik für Rechenzentren betrieben wird. Das bringt aus Sicht des Standorts und hiesiger Unternehmen zwei bisher nicht ausgenutzte Potenziale mit sich: Zum einen nimmt die wirtschaftliche Bedeutung der Datenverarbeitung und -speicherung zu, sodass diejenigen Standorte im Vorteil sein werden, die über Rechenzentren und deren entsprechende Leistung am Standort verfügen können. Zum anderen ergeben sich gerade im Zusammenhang mit der Energiewende Synergien, wie die Kappung von Lastspitzen durch entsprechendes Energiemanagement bei Rechenzentren oder die Nutzung von entstehender Abwärme.[53] Dies illustriert die Bedeutung einer vorausschauenden und integrierten Infrastruktur auch und vor allem in Hinblick auf die digitale Transformation.

▸ THESE 2: Bei Entwicklung und Export von IT-Hardware für Spezialanwendungen zeigt sich in Deutschland ein sehr gutes Gesamtbild.

Nach Bitkom-Angaben exportierte Deutschland im Jahr 2016 IKT-Produkte im Wert von 35 Mrd. Euro – dies umfasst IT-Hardware, Kommunikationstechnik und Unterhaltungselektronik.[54] Betrachtet man nicht nur die IKT-Produktion im engeren Sinne, sondern

benachbarte Bereiche wie die Mikroelektronik und die Automatisierungstechnik, so zeigen sich hier weitere Stärken; beispielsweise gibt es innerhalb der EU kein Land, das mehr Roboter exportiert als Deutschland – auch weltweit betrachtet ist Deutschland der fünftgrößte Exporteur von installierten Robotersystemen.[55] Betrachtet man den Markt für Sensorik und Messtechnik, der sowohl in den Trendbereichen IoT und Industrie 4.0 als auch in den deutschen Leitbranchen Automobil- Maschinen- und Anlagenbau an Bedeutung gewinnt, so zeigen sich seit Jahren ein stabiles Umsatzwachstum und eine steigende Exportquote.[56]

Bei einer internationalen Expertenbefragung wurden 2016 rund 1.000 IKT-Entscheiderinnen und -Entscheider in zehn Ländern zur Entwicklung ihrer Branche in den Jahren 2015-2018 befragt. Für Deutschland gingen 71 Prozent von einer positiven Umsatzentwicklung für die IKT-Hardwarebranche aus.[57] Bei der jüngsten Befragung zur Erwartung im ersten Quartal 2017, gingen rund 40 Prozent der IKT-Hardware Unternehmen und fast 60 Prozent der IKT-Dienstleister von einem Personalwachstum aus.[58] Im Zeitraum von 2012 bis 2015 entfielen 3 von 1.000 Neubeschäftigungen des IKT-Hardware-Bereichs auf Beschäftigte mit IKT-Berufen, während es im Bereich der IKT-Dienstleister einen Rückgang von 2,5 Prozent gab, auch wenn der Bereich der IKT-Dienstleister in 2015 insgesamt einen IKT-Beschäftigtenanteil von 44,3 Prozent ausweisen konnte, während es im IKT-Hardware-Bereich gerade einmal 7,2 Prozent waren[59].

Zwar ist das Exportvolumen von deutschen Hardware-Produkten gerade auf dem europäischen Markt signifikant, im Vergleich zur Marktgröße ist es jedoch überschaubar und die seit Jahren negative Handelsbilanz auf dem Weltmarkt im Bereich der IKT-Produkte ist ein Beleg dafür, dass deutsche Unternehmen in der Breite keinen komparativen Wettbewerbsvorteil aufweisen. Dies gilt besonders im Bereich der Unterhaltungselektronik und Endkundenprodukte,[60] was wiederum langfristig ein Risiko für die Fähigkeit des Standorts darstellen kann, skalierbare Geschäftsmodelle rund um eigene technologische Innovationen zu entwickeln (siehe auch Kapitel 3.3 „Umwelt-Technik-Interaktion“).

THESE 3: Deutschland weist hohe Forschungs- und Entwicklungsaktivität in der IKT-Hardware auf. Diese wird deutlich stärker als in anderen Branchen von öffentlicher Förderung getragen.

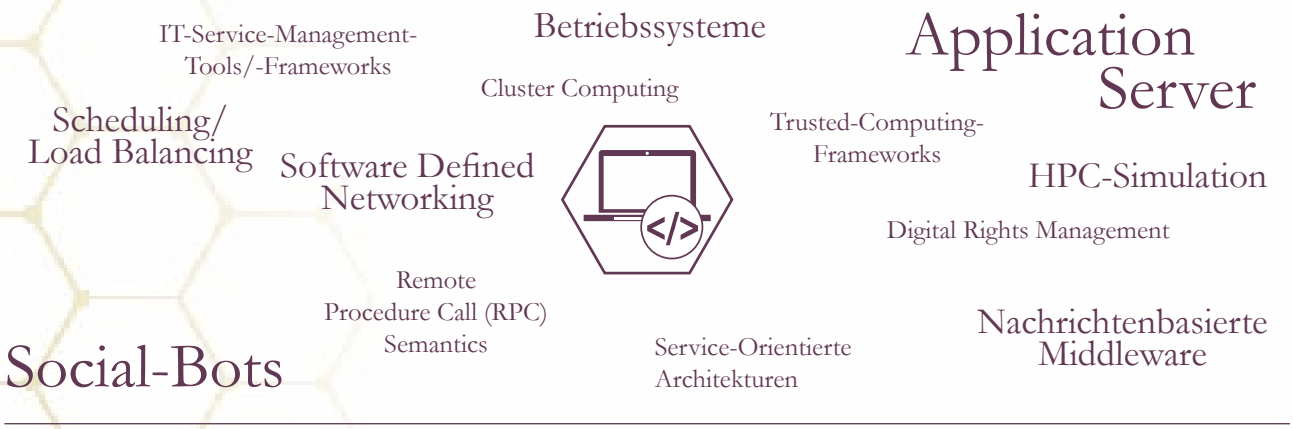
In zentralen Leitbranchen der deutschen Industrie, z. B. der Automobilindustrie oder dem Maschinen- und Anlagenbau[61] wird es in den kommenden Jahren zu strukturellen Veränderungen kommen, die eine Verfügbarkeit sowie eine Entwicklungskompetenz im Bereich sicherer, zuverlässiger und leistungsfähiger Hardware erfordert. Hierfür ist Deutschland sehr gut vorbereitet: 2014 erhöhte sich im Bereich der IKT-Hardware das Innovationsbudget um ein Achtel auf 4,1 Mrd. Euro. Davon entfielen drei Viertel (3,02 Mrd. Euro) auf Forschungs- und Entwicklungs-(FuE-)Ausgaben. 8,8 Prozent der Erlöse wurden in FuE reinvestiert, dies war der höchste Wert in der IKT-Dienstleistungsbranche.[62] Der Umsatzbeitrag von Innovationen machte bei den IKT-Hardware-Unternehmen 2014 sogar ein Drittel aus und liegt mit sechs Prozent des Neuproduktumsatzes an dritter Stelle hinter dem der Chemie- und Pharmaindustrie sowie dem des Fahrzeug- und Maschinenbaus. Insgesamt betrieben 41 Prozent der deutschen Unternehmen der IKT-Branche in 2014 FuE im Hardware-Bereich. Auch sind immerhin 8,9 Prozent aller deutschen Start-ups in 2016 – trotz meist höherer Investitionskosten und damit verbundener Markteintrittsbarrieren – der Kategorie „Produktion/Hardware“ zuzuordnen.[63]

Mit diesem Umfang an Forschung und Entwicklung geht eine hohe öffentliche Forschungsförderung einher: Von 2012 bis 2014 erhielt die Hälfte der Unternehmen, die im Bereich „IKT-Hardware“ FuE betrieben haben, öffentliche Fördermittel. In keiner anderen Branche bzw. Teilbranche im IKT-Bereich haben so viele Unternehmen eine öffentliche Förderung erhalten wie in der Branche der IKT-Hardware. Über die Förderung des Bundes hinaus nahm zudem ein Viertel der öffentlich geförderten Unternehmen Gelder aus EU-Programmen in Anspruch.[64] Auch das ist ein Grund dafür, dass die FuE-Intensität in Deutschland über dem Durchschnitt der OECD-Länder sowie vor den USA, Frankreich und Großbritannien liegt.[65] Nichtsdestotrotz gibt es auch eine vergleichsweise hohe

Kooperationsquote der betreffenden Unternehmen: 42 Prozent der Unternehmen, die im IKT-Hardware-Bereich FuE betreiben, gehen Innovationskooperation mit anderen Unternehmen oder Hochschulen ein – mehr sind es in Deutschland nur in der Chemie- und Pharmaindustrie.

Der Automobilindustrie wird durch Trends wie verändertes Mobilitätsverhalten[66] und zunehmende Elektrifizierung[67] ein struktureller Wandel vorhergesagt. So wird eine sichere und in Echtzeit stattfindende Kommunikation innerhalb eines Fahrzeugs und zwischen Fahrzeugen mit einer vernetzten Infrastruktur an Bedeutung gewinnen. Ähnliches lässt sich über den Maschinen- und Anlagenbau sagen, für den elektronische Produkte und Komponenten eine sehr hohe Bedeutung haben,[68] was dazu führt, dass auch hier die Verfügbarkeit sicherer und zuverlässiger Hardware eine hohe Relevanz hat.

3.2. SOFTWARE-ARCHITEKTUREN UND -ANWENDUNGEN



Im Technologiefeld „Software-Architekturen und -Anwendungen“ werden alle auf einem technischen System laufenden Software-Architekturen (generische Struktur eines komplexen Softwaresystems), Betriebssysteme oder Anwendungen (Unternehmenssoftware, Spezialapplikationen und -module) betrachtet. Unter diesem Gesichtspunkt zeichnet sich eine hohe strategische Bedeutung des Technologiefeldes ab, dessen Beherrschung und Entwicklung zentrale Voraussetzung für den Unternehmenserfolg im digitalen

Zeitalter sind.[69] Deutsche Unternehmen haben sich auf dem europäischen und dem Weltmarkt als große und wichtige Anbieter und Entwickler von Unternehmenssoftware etabliert. Zwar basieren die Entwicklungen auf allgemeinen Paradigmen, diese werden jedoch von den Herstellern proprietär angepasst, sodass zum einen ihre Substituierbarkeit, zum anderen aber auch ihre Interoperabilität gesenkt werden. Dieses solide Entwicklungsumfeld, das in Deutschland in den letzten Jahren entstanden ist, soll in Zukunft gepflegt und weiterentwickelt werden. Insbesondere kann durch eine gezielte Unterstützung eines Ökosystems mit standardisierten Schnittstellen im Bereich der Unternehmenssoftware auch für kleinere Unternehmen in diesem Sektor eine gute Ausgangsbasis geschaffen werden, damit die Zukunftsfähigkeit dieses Technologiefeldes und seine Bedeutung für Deutschland auch weiterhin erhalten bleiben und nachhaltig ausgebaut werden können.

Abbildung 8: Für die Einschätzung des Technologiefelds „Software-Architekturen und -Anwendungen“ waren vor allem Indikatoren aus den Dimensionen „Ökonomisches Umfeld“ sowie „Technologieeinsatz“ und „Innovationsumfeld“ ausschlaggebend.

▸ THESE 1: Deutschland wird seine Position als Europas Softwareleitmarkt in puncto Umsatzvolumen in den kommenden Jahren ausbauen, schöpft aber sein volles Potenzial hierbei nicht aus.

Der deutsche Softwaremarkt ist nicht nur durch seine absolute und relative Größe, sondern auch durch seine Dynamik der Softwareleitmarkt in Europa. Sein durchschnittliches jährliches Wachstum lag in den Jahren 2010 bis 2015 bei 6,3 Prozent (gegenüber 5,2 Prozent im Vereinigten Königreich und zwei Prozent in Frankreich), wodurch er in 2015 mit einem Umsatzvolumen von 20,2 Mrd. Euro ca. 24,4 Prozent des gesamten europäischen Marktes ausmachte (im

Vergleich dazu lagen das Vereinigte Königreich mit 18,6 Prozent an zweiter und Frankreich mit 13,6 Prozent an dritter Stelle).[70]

Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend fortsetzen wird – alleine dadurch, dass Software-Architekturen und -Anwendungen zentraler Baustein aller weiteren IKT-Entwicklungen sein werden, die im Zuge der Digitalisierung an Bedeutung gewinnen.[71] Für den deutschen Markt bedeutet das, dass er bis 2019 mit durchschnittlich fünf bis sechs Prozent wachsen und auf ein Volumen von insgesamt 25 Mrd. Euro ansteigen wird.[72] Diese Prognosen decken sich mit der Einschätzung der im Rahmen dieser Studie befragten IKT-Anbieter, von denen 68 Prozent der Auffassung waren, dass der Stellenwert, den der Bereich Software-Architekturen und -Anwendungen für die Wertschöpfung der gesamten Wirtschaft haben wird, in den kommenden fünf Jahren zunehmen wird.[73]

Diese Dynamik ist jedoch noch nicht vollständig ausgeschöpft: Die digitalen Potenziale werden in Deutschland erst zunehmend erkannt und genutzt – sowohl von Privatpersonen als auch von Unternehmen. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind im Vergleich zu Großunternehmen hier eher Nachzügler. Zwar stiegen auch bei KMU die Nutzerzahlen in Bezug auf den Einsatz von Customer-Relationship-Management-(CRM-) und Enterprise-Resource-Planning-(ERP-)Softwaresystemen in den vergangenen Jahren kontinuierlich,[74] doch haben diese Unternehmen ihre Fertigungsprozesse noch nicht vollumfänglich an die bereits existierenden Technologien und Möglichkeiten angepasst.[75] Das zeigt sich auch darin, dass nach wie vor eine sehr ungleiche Verteilung hinsichtlich der Durchdringung mit digitalen Technologien zwischen den Sektoren und Branchen in Deutschland besteht und dass Deutschland nach einer Berechnung des McKinsey Global Institutes[76] insgesamt nur zehn Prozent seines bisherigen Digitalisierungspotenzials ausschöpft. Der EU-Durchschnitt liegt hier bei 12 Prozent, Spitzenreiter sind die USA mit 18 Prozent.

Insgesamt lässt sich festhalten: Allein die Marktgröße und der Umstand, dass ausländische IT-Unternehmen Niederlassungen und Entwicklungsstandorte in Deutschland eröffnen, sind starke Indikatoren für die am Standort vorhandenen Anwendungs- und Veredelungskompetenzen.[77] Zwar deutet die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Befragung (mehrheitlich) unter IT-Anbietern an, dass

die Herstellungs- und Entwicklungskompetenzen im Bereich „Software-Architekturen und -Anwendungen“ in Deutschland im Mittelfeld liegen, doch kommt eine Mehrheit von 59 Prozent in derselben Befragung auch zu dem Ergebnis, dass diese Kompetenzen in den kommenden fünf Jahren zunehmen werden.[78]

THESE 2: Deutschland gehört anbieterseitig zu den größten Softwarestandorten der Welt – trotzdem liegt in der globalen Konzentration auf dem Softwaremarkt auch eine Gefahr für die langfristige Entwicklungsperspektive des deutschen Standortes.

Auch in Hinblick auf Softwareanbieter steht Deutschland im internationalen Vergleich auf den ersten Blick sehr gut da. Von den Top Ten der europäischen (EU + Schweiz und Norwegen) Softwareanbietern im Jahr 2014 hatten vier ihren Sitz in Deutschland. Auf diese vier Unternehmen entfielen 20,24 Mrd. Euro des Umsatzes, den die zehn größten Unternehmen in Europa mit 27,88 Mrd. Euro generiert hatten. Insgesamt entfielen 49,8 Prozent der weltweiten Umsätze der europäischen Top-100-Unternehmen auf deutsche Anbieter.[79] Damit nehmen deutsche Softwareunternehmen hinter US-amerikanischen und noch vor japanischen im globalen Vergleich in puncto Anbieterumsätze den zweiten Platz ein.[80]

Aus Sicht deutscher Anwender kann diese Platzierung allerdings nicht verdecken, wie hoch die Konzentration auf dem globalen Softwaremarkt ist und wie wenig sich Anwenderunternehmen aus Deutschland dieser Dominanz weniger großer Akteure vor allem aus den USA entziehen können: Beispielhaft hierfür sind die Betriebssysteme[81] – sowohl im Bereich „Desktop“ als auch im Bereich „Mobile“ –, die von wenigen großen Konzernen entwickelt werden und deren Standards als global verbindlich gelten. Hierbei spielt aus Sicht hiesiger Anwender weniger die Frage eine Rolle, ob diese Unternehmen aus Deutschland oder aus dem Ausland stammen, sondern in erster Linie die Tatsache, dass die Beschaffenheit des Marktes keine ausreichenden Auswahlmöglichkeiten bietet.

Gleichzeitig ist diese Tendenz der Konsolidierung auch unter deutschen Anbietern zu beobachten. Hierbei fällt besonders ins Gewicht, dass in diesem Zusammenhang erstens proprietäre

Technologien verwendet werden, welche die entsprechenden Entwicklungskompetenzen auf einen Anbieter und dessen Produkte beschränken, und dass zweitens die Nutzung von Open-Source-Software in Deutschland nicht so weit verbreitet ist wie in anderen Ländern. Dies führt zusätzlich zu einer Reduzierung der Breite und Vielfalt von Anbieter-, aber auch von Anwenderkompetenzen in Deutschland, der in Deutschland auch nicht mithilfe der großen Nachfrageposition der öffentlichen Hand begegnet wird. Im internationalen Vergleich sieht man hier gegenläufige Tendenzen: So wurde beispielsweise 2016 in den USA beschlossen, dass künftig 20 Prozent der entwickelten Software für den öffentlichen Sektor auf Open-Source-Software basieren sollen.[82]

▸ THESE 3: Auf dem Gebiet der Software-Architekturen und -Anwendungen kann Deutschland ein robustes Entwicklungsumfeld aufweisen, dem es jedoch an Dynamik und Synergien fehlt.

Die großen deutschen Softwareunternehmen investieren im europäischen Vergleich sehr viel in ihre Forschung und Entwicklung, und zwar sowohl direkt als auch über Personalaufbau und -entwicklung.[83] Von ca. 7 Mrd. Euro, die die 100 größten europäischen Firmen in FuE investiert haben, entfallen ca. 3 Mrd. Euro allein auf die fünf größten Softwareunternehmen Deutschlands. Und von den 67.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die in Europas 100 größten Softwareunternehmen im Bereich „Forschung und Entwicklung“ arbeiten, sind immerhin 25.000 Beschäftigte bei eben jenen fünf großen Firmen angestellt.[84]

Betrachtet man die Bewertungsdimension „Innovationsumfeld“ genauer, lässt sich feststellen: Es gibt auch in Deutschland eine immer wichtiger werdende Start-up- und Gründerszene, die auch für den Softwaremarkt relevant ist: So wird derzeit ca. ein Drittel der deutschen Start-ups im Bereich „Software“ bzw. mit einem starken Bezug zu Softwareprodukten/Softwareentwicklung gegründet (Software-as-a-Service (SaaS), IT/Softwareentwicklung und Consumer Mobile/Web Application).[85] Doch trotz dieser hohen Gründungsdynamik existiert noch eine Reihe von Schwächen in der hiesigen Gründungslandschaft. Ins Gewicht fallen allen voran die oftmals unzureichende Ausstattung deutscher Start-ups mit

Wagniskapital und die mangelnden Synergien in den Start-up-Ökosystemen:

Erstens lag Deutschland trotz seiner wirtschaftlichen Größe in 2016 bezüglich Kapitalinvestitionen in Technologiefirmen auf Platz vier hinter dem Vereinigten Königreich, Israel und Frankreich. Eine durchschnittliche Finanzierungsrunde für Technologie-Start-ups z. B. in Berlin hat folglich im Durchschnitt auch weniger Kapital eingebracht als an den Standorten Paris, London und Tel Aviv,[86] auch wenn Deutschland bei der frühen Ausfinanzierung von Unternehmen massiv aufgeholt hat.[87] Zwar wurde seitens der Politik die Unterfinanzierung neuer Geschäftsmodelle als Herausforderung erkannt[88] – bereits heute ist der aktivste Wagniskapitalfonds Deutschlands (gemessen an der Anzahl der getätigten Finanzierungen), zugleich der zweitaktivste Europas, zu überwiegenden Teilen aus öffentlichen Mittel finanziert[89] –, es bleibt jedoch abzuwarten, ob man mit diesem Vorgehen einem Kernproblem der hiesigen Wagniskapitallandschaft begegnen kann: den im Vergleich zu anderen Standorten zu geringen privaten Investitionen in Start-ups und der wichtigen Rolle, die vor diesem Hintergrund in Deutschland öffentliche Institutionen spielen.[90]

Zweitens wird in Deutschland trotz der im europäischen Vergleich umfangreichen öffentlichen Förderung von Start-ups noch zu wenig Wert auf den gezielten Aufbau von Ökosystemen gelegt. Zwar wird der Umfang der öffentlichen Förderung für Gründer und Start-ups im europäischen Vergleich als überdurchschnittlich bewertet.[91] Einer vergleichenden Umfrage unter europäischen Start-ups zufolge lag Deutschland in Hinblick auf die staatliche Unterstützung von Start-up-Ökosystemen allerdings nur im europäischen Mittelfeld, nämlich auf Platz neun unter insgesamt 18 untersuchten Ländern.[92] Ein ähnliches Bild geben auch andere Erhebungen wieder: Zwölf Prozent der deutschen Unternehmen gaben an, nicht Teil eines digitalen Ökosystems zu sein. Das ist in der internationalen Vergleichsgruppe der höchste Wert. Auch mittelfristig wird sich dies kaum ändern – auch als Folge einer mangelnden diesbezüglichen Bereitschaft hiesiger Unternehmen. Während global gesehen 72 Prozent der befragten Unternehmen die notwendigen Schritte in Angriff nehmen, um stärker in digitale Ökosysteme und Partnerschaften zu investieren, tun dies in Deutschland derzeit nur ca. 60 Prozent.[93]

3.3 UMWELT-TECHNIK-INTERAKTION

Das Technologiefeld „Umwelt-Technik-Interaktion“ umfasst Technologien zur digitalen Abbildung und Integration der physischen Umwelt (z. B. Sensoren, Internet-of-Things-Technologien), zur Digitalisierung von Aktionen (z. B. E-Payment, E-Ticketing) und zur Initiierung von Aktionen (z. B. Aktorik im Bereich „Robotik“). Aktuell weisen die Entwicklungen in diesen Bereichen ein hohes Potenzial auf, die klassischen Strukturen und Abläufe sowohl im industriellen als auch im privaten, aber auch im gesellschaftlichen Kontext aufzureißen und zu verändern. Deutschland bietet mit seinen „klassischen“ Industrien und Entwicklungen eine hervorragende Grundlage, die Zukunftsfähigkeit des Technologiefeldes zu realisieren. Durch die dynamische Marktentwicklung ist die Substituierbarkeit relevanter Entwicklungen noch vorhanden, sodass der Markt, aber auch die Rahmenbedingungen für die Interoperabilität der entwickelten Technologien noch gestaltet werden können. Somit müssen auch die gesellschaftlichen Fragestellungen den technologischen noch stärker angepasst werden, damit die strategische Bedeutung des Technologiefeldes für Deutschland verstärkt und ausgebaut werden kann.

Abbildung 9: Für die Einschätzung des Technologiefelds „Umwelt-Technik-Interaktion“ waren vor allem Indikatoren aus den Dimensionen „Ökonomisches Umfeld“ sowie „Sozialer Rahmen“, „Technologieeinsatz“ und „Kompetenzentwicklung“ ausschlaggebend.

THESE 1: In den für die Abbildung der realen in die digitale Welt relevanten Kerntechnologien kann Deutschland zahlreiche weltmarktführende Unternehmen aufweisen – damit verfügt der Standort anbieterseitig über das notwendige Know-how, um die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft zu gestalten.

Wenngleich Deutschland, gemessen an seiner Wirtschaftskraft, bisher nur einen relativ kleinen Markt für IoT-fähige Geräte aufweisen kann,[94] verfügt der Standort anbieterseitig über zahlreiche Weltmarktführer, deren Technologien bei der Abbildung der realen in die digitale Welt bereits global zum Einsatz kommen. So wird deutschen Unternehmen in vier von sieben relevanten Photoniksegmenten (z. B. „Bildverarbeitung und Messtechnik“ oder „Optische Komponenten“) für das Jahr 2020 ein Weltmarktanteil von jeweils zehn bis 20 Prozent prognostiziert.[95] Ähnlich verhält es sich in der Audio- und der Lasertechnik: Hier hat Deutschland jeweils einen Weltmarktführer vorzuweisen.[96] Auch unter den weltweit fünf größten Herstellern von mikroelektromechanischen Systemen (Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS), ein insbesondere im Bereich der Konsumgüter global wachsender Markt,[97] findet sich neben zwei US-amerikanischen, einem französisch-italienischen und einem chinesischen auch ein deutscher Hersteller.[98] Diese Beispiele zeigen: Die Anbieterkompetenz ist auf technologischer Ebene ausgereift. Dies versetzt deutschen Unternehmen mittel- und langfristig in die Lage, sich auf einem sehr dynamischen und vor allem bisher noch nicht konsolidierten Markt weiter stark positionieren zu können.

Diese Entwicklungs- und Herstellungskompetenzen, die der Online-Befragung (mehrheitlich) unter IKT-Anbietern zufolge gegenwärtig stark ausgeprägt sind,[99] kommen auch Anbietern und Anwendern am Standort zugute, die in traditionellen deutschen Leitindustrien tätig sind und in denen die Abbildung der realen in die digitale Welt zunehmend an Bedeutung gewinnen wird: In der deutschen Autoindustrie wird beispielsweise bereits heute im Verhältnis zur Bevölkerung ein überproportional hoher Umsatz im Bereich „Connected Car“ erwirtschaftet (höher als in den USA und in China).[100] Im Bereich „Industrie 4.0“ werden einer Umfrage unter Führungskräften zufolge bereits in einem größeren Umfang Konzepte entworfen und umgesetzt als in den USA.[101]

Auch im Smart-Home-Markt, in dem verschiedene Stärken hiesiger Anbieter (z. B. Automatisierungs-, Sicherheits- und Energietechnik)[102] zusammenspielen und in dem Anwendungen der Umwelt-Technik-Interaktion zum Einsatz kommen, deutet sich ein starkes Wachstum in Form einer erwarteten Steigerung der Marktdurchdringung von Smart-Home-Lösungen von 11,2 Prozent in 2017 auf 35,2 Prozent in 2021 an.[103]

Unterstützt wird diese positive Prognose für deutsche Anbieter von einer hohen Sensibilität für den Themenkomplex „Datenschutz und -sicherheit“, die sich nicht nur auf Deutschland beschränkt. Im Gegenteil: In einer repräsentativen Umfrage, die in 28 Ländern (darunter auch Deutschland) durchgeführt wurde, zeigte sich, dass in den Ländern Indonesien, Südafrika und China die meisten Menschen als Hauptgrund für die Ablehnung von IoT-Geräten und -Anwendungen das Misstrauen in Datenschutz und Datensicherheit angeben.[104] Der Umstand, dass deutsche IT-Sicherheitsprodukte als qualitativ hochwertig gelten,[105] fördert die Marktposition der deutschen Unternehmen weiter und stellt ein starkes Verkaufsargument für Sensortechnologien und eingebettete Systeme aus Deutschland dar.

THESE 2: Im Bereich der Mensch-Technik-Interaktion ist deutsche Hardware zwar weltweit im Einsatz, hiesige Unternehmen haben jedoch kaum Anschluss an den Endkundenmarkt – was auch für deutsche Leitindustrien zum Risiko werden kann.

Die hohe technologische Kompetenz deutscher Unternehmen bei der Abbildung der realen Welt ins Digitale macht den Standort auch zu einem Trendsetter bei der Interaktion von Mensch und Technik. So entwickeln und nutzen führende deutsche Unternehmen Im B2B-Bereich bereits Augmented-Reality-Technologien zur Wartung von Industrieanlagen oder im Gesundheitswesen. Diese Vorreiterrolle schlägt sich jedoch nur in sehr begrenztem Umfang im Endkundenmarkt nieder. Beispielhaft hierfür ist der Bereich „Advanced Driver Assistance“: Zwar halten deutsche Zulieferer hier über 50 Prozent des weltweiten Marktanteils,[106] die entsprechenden Hardwaretechnologien sind allerdings in den Fahrzeugen verschiedener internationaler Anbieter verbaut, sodass aus Endkundensicht der Beitrag deutscher Anbieter kaum sichtbar ist.

Diese eher schwache Position im Bereich des B2C-Marktes stellt ein Risiko dar. Zum einen haben deutsche Anbieter ohne den direkten Kontakt zum Endkunden nur geringe Möglichkeiten, Endnutzerdaten zu gewinnen. Diese spielen jedoch eine zunehmend zentrale Rolle bei der Optimierung von Produkten und Dienstleistungen sowie insbesondere bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.[107] So basieren z. B. Innovationen im Bereich „Spracherkennung und digitale Assistenzsysteme“ auf der intelligenten Auswertung großer Datenmengen. Zum anderen fehlt deutschen Unternehmen damit die Möglichkeit, durch Kenntnisse über das Nutzungsverhalten in Bezug auf konkrete Services ausreichende Informationen zu sammeln, um technische Innovationen in neue Geschäftsmodelle umsetzen zu können. Beispielhaft können hier die Ökosysteme der mobilen Betriebssysteme genannt werden, die den Rahmen und die technische Grundlage für hochskalierbare Dienstleistungen und neue Geschäftsmodelle bieten.

Diese zunehmende Bedeutung der Nutzererfahrung für das Endkundengeschäft zeigt sich auch an den großen weltweiten Akquisitionen im Bereich der Mensch-Technik-Interaktion, die in erster Linie von Unterhaltungs- und Social-Media- sowie Plattformanbietern getätigt wurden.[108] Die mangelhafte Gewinnung von Daten und der fehlende Bezug zu Endnutzern stellen aus Sicht deutscher Unternehmen das Risiko dar, den Zugang zu einem hochskalierbaren Markt zu verlieren – insbesondere angesichts zunehmend an Stellenwert gewinnender Plattformen, bei denen deutsche Unternehmen bisher keine Alleinstellungsmerkmale vorweisen können.[109]

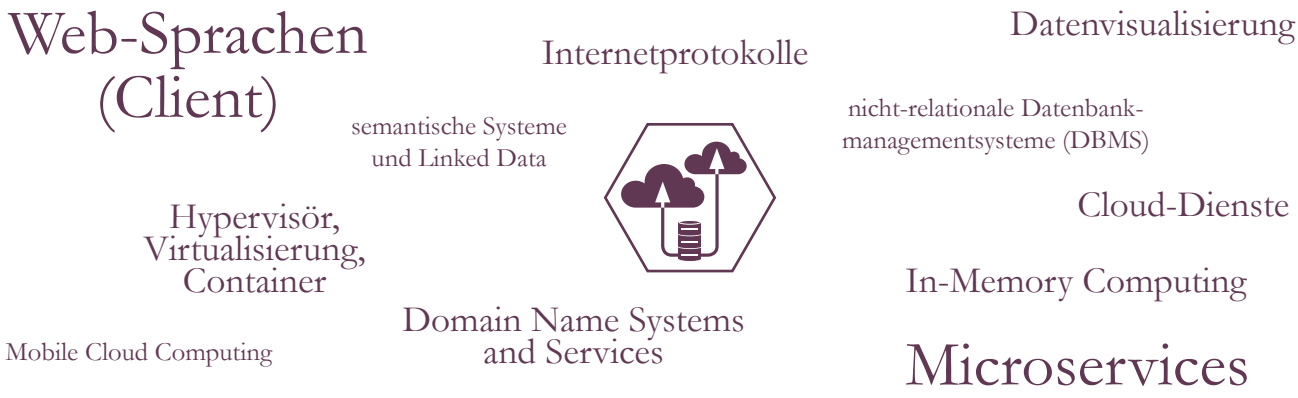
▸ THESE 3: Im Bereich des industriellen Internets of Things (IoT) zählt Deutschland zu den Top-Standorten – die damit einhergehenden Veränderungen können jedoch Ängste hervorrufen, die ebendiese technologische Vorreiterrolle Deutschlands gefährden.

Deutschland ist es gelungen, mit dem Begriff „Industrie 4.0“ ein eigenes Branding zu generieren.[110] Dies ist nur ein erster Indikator für die konzeptionell bereits weit fortgeschrittene Transformation zur digitalen Produktion: Der Markt für IoT und Industrie 4.0 wird in den kommenden Jahren zudem deutlich an Volumen und Dynamik gewinnen: Bis 2020 werden deutsche Industrieunternehmen eigenen Angaben zufolge jährlich 40 Mrd. Euro in Industrie-4.0-Lösungen investieren, was fast 50 Prozent der von ihnen geplanten Investitionen ausmacht.[111] Die Ausbreitung industrieller IoT-Lösungen wird dazu führen, dass deren technologische Reife und zugleich die betreffenden Kompetenzen in Deutschland auf Anbieter- und Anwenderseite zunehmen werden. Gerade für eine mittelständisch geprägte Volkswirtschaft wie Deutschland ist dies essentiell, weil KMU, die oftmals nur eine niedrigere Kapitalausstattung sowie ein geringeres Forschungs- und Entwicklungsbudget als Großunternehmen vorweisen können, neue Technologien erst ab einem bestimmten Reifegrad implementieren können.[112]

Die Prognosen hinsichtlich der Folgen, die eine solch umfassende Anwendung von industriellen IoT-Lösungen hat, reichen von einem Nettoabbau von Arbeitsplätzen als Folge der Automatisierung und Digitalisierung von Arbeit bis hin zu einem Nettozuwachs an Arbeitsplätzen als Folge der erhöhten Nachfrage nach Arbeitskräften für neue und anspruchsvollere Tätigkeiten. Deutschland hat hier insbesondere kurz- bis mittelfristig Aufholbedarf im Vergleich zu anderen Ländern.[113] Einigkeit besteht darüber, dass sich die Art zu arbeiten durch den Einsatz von IoT weitgehend ändern wird und dass im Aus- und Aufbau des Kompetenzumfelds der zentrale Schlüssel für eine erfolgreiche Gestaltung der digitalen Transformation liegt.[114]

Aus Sicht von Arbeitnehmern zeigt sich, dass bereits ein allgemeines Bewusstsein hinsichtlich der disruptiven Auswirkungen des industriellen IoT vorhanden ist, ohne dass dieses jedoch bereits in die Sorge um die eigene Zukunft umgeschlagen ist: So glaubt eine große Mehrheit der in Deutschland befragten Beschäftigten, dass durch die Digitalisierung mehr Jobs verloren gehen als geschaffen werden und dass mehr Menschen beruflich abgehängt werden.[115] Gleichzeitig jedoch geht aus einer repräsentativen Umfrage in Nordrhein-Westfalen hervor, dass nur zehn Prozent der Befragten den eigenen Arbeitsplatz durch die Transformationsprozesse der Industrie 4.0 als gefährdet ansehen.[116] Dieses Stimmungsbild deutet auf derzeit eher geringe diesbezügliche Widerstände unter Arbeitnehmern hin, kann sich jedoch auch wandeln – und dann möglicherweise das Klima für eine technologische Vorreiterrolle und damit einhergehend für ein hohes Maß an digitaler Souveränität gefährden. In diesem Zusammenhang ist es bedenklich, dass viele Unternehmen ihren eigenen Angaben zufolge aktuell noch einen hohen Kompetenzbedarf im Bereich „Industrie 4.0“ haben (von Datenauswertung und -analyse über Prozessmanagement bis hin zur IT-Sicherheit) und dass sie gleichzeitig nach wie vor einen zu geringen Fokus auf die Aus- und Weiterbildung ihrer Beschäftigten in diesem Bereich legen.[117]

3.4 MANAGEMENT VON DATEN, ANWENDUNGEN UND DIENSTEN



Das Technologiefeld „Management von Daten, Anwendungen und Diensten“ umfasst die zentrale und dezentrale Speicherung, Verarbeitung und Bereitstellung von Daten und Diensten (z. B. Datenbanken, verteilte Anwendungen wie X-as-a-Service oder Cloudanwendungen). Ein bekanntes Beispiel sind hier Datenbank-managementsysteme, die zwar bereits seit Jahrzehnten auf dem Softwaremarkt existieren, deren Bedeutung sich allerdings in den letzten Jahren durch die steigenden Rechenkapazitäten und die Verbreitung von Echtzeit-Analysesoftware deutlich verstärkt hat. Durch die Vielzahl der Anbieter verteilter Anwendungen, Betriebs-plattformen und Architekturen haben sich die Interoperabilität, aber auch die Substituierbarkeit gerade auch deutscher Produkte weiterentwickelt. Die zunehmende Konsolidierung des Marktes führt aktuell nicht nur dazu, dass die Anforderungen in Bezug auf die Kenntnisse über die so ausspezifizierten Technologien konti-nuierlich angepasst werden müssen, sondern auch dazu, dass die Abhängigkeit von diesen Technologien sich auf allen Branchen-ebenen verstärkt.

Abbildung 10: Für die Einschätzung des Technologiefelds „Management von Daten, Anwendungen und Diensten“ waren vor allem Indikatoren aus den Dimensionen „Technologieeinsatz“ sowie „Ökonomisches Umfeld“ und „Politischer Rahmen“ ausschlaggebend.

THESE 1: Flexible und echtzeitfähige Datenbanktechnologien sind die Basis für komplexe Analysen und Anwendungen. Durch die Adaption skalierbarer Cloud-Technologien können auch KMU diese nutzen.

Umfangreiche und gut funktionierende Datenbankmanagementsysteme sind ein erfolgskritischer Faktor für viele Unternehmen, weil sie die Grundlage für Anwendungen in Bereichen wie „Big Data Analytics“ oder „IoT“ darstellen. Nach einer repräsentativen Umfrage unter deutschen Unternehmen mit mindestens 100 Mitarbeitern spielt die Analyse von Daten in 70 Prozent der Unternehmen eine immer wichtigere Rolle für die Wertschöpfung bzw. die Geschäftsmodelle.[118] Bereits heute gilt unter deutschen Unternehmen: Für 40 Prozent von ihnen bildet die Verwendung von Daten die Grundlage für neue Geschäftsmodelle und Services, 16 Prozent sehen in Daten sogar einen zentralen Wettbewerbsfaktor im Bereich des Kerngeschäfts.[119] Besonders aus Sicht des Mittelstands war jedoch bisher die Nutzung solcher Datenbanken vor allem aufgrund der hierfür erforderlichen Beschaffung und des Betriebs von Server- und Hardwareinfrastrukturen mit hohen Kosten verbunden. Durch die zunehmende Nutzung von Cloud-Computing ändert sich das für alle Unternehmen. Die meisten von ihnen sehen in dieser Nutzung zudem neben der Verfügbarkeit komplexer Anwendungen auch die Chance, ihre Kosten zu senken, z. B. durch die Auslagerung der Betriebs- und Administrationskosten ihrer Hard- und Software:[120] Für 51 Prozent der Unternehmen ist dies sogar der Hauptgrund für die Nutzung von Hybrid-Cloud-Angeboten.[121]

Diese Möglichkeit, einerseits Kosten zu reduzieren und andererseits zugleich datenbasierte Geschäftsmodelle zu entwickeln, wird sowohl in deutschen Großunternehmen als auch in mittelständischen Unternehmen durch zwei Faktoren begünstigt: Zum einen haben Schnittstellentechnologien wie Application Programming Interfaces (APIs) Einzug in Standardsoftware gehalten[122] und folglich auch bei KMU zu einem Aufbau von Anwenderkompetenzen im Bereich der verteilten IT-Architekturen geführt.[123] Die dadurch verbreiteten modularen IT-Systeme ermöglichen es Unternehmen wiederum, einzelne Aufgaben in moderne Analysesysteme auszulagern – und somit Trends wie Big Data Analytics für das eigene Geschäftsmodell zu nutzen.[124] Zum anderen gibt es auch anbieterseitig ein in Deutschland ansässiges und stark verankertes Unternehmen, das im Bereich „In-Memory-Datenbanksysteme“ sowie bei der Bereitstellung von ERP-Software über eine Hybrid-Cloud oder Managed Private Clouds führend ist.[125] Diese Anbieterkompetenz, gepaart mit einer Kenntnis der am Standort ansässigen Unternehmen und von deren Prozessen, kann zur Folge haben, dass für hiesige Unternehmen der Schritt hin zum zielgerichteten und umfangreichen Einsatz echtzeitfähiger Datenbanksysteme auf Basis von Cloud-Technologien erleichtert wird.

▸ THESE 2: Der zunehmende Einsatz von Cloud-Technologien definiert neue Anforderungen für Unternehmen und öffentliche Einrichtungen.

Trotz der großen Potenziale, die eine externe Datenhaltung bietet, sind viele deutsche Unternehmen dieser gegenüber nach wie vor kritisch eingestellt: Bei 67 Prozent von ihnen besteht die Sorge, dass Cloud Computing die Einhaltung von Compliance-Richtlinien erschweren wird.[126] Bei dieser Einschätzung spielt zu großen Teilen die Annahme eine Rolle, dass nichtdeutsche bzw. nichteuropäische Anbieter nicht in der Lage sind, die aus Sicht deutscher Unternehmen relevanten Standards einzuhalten. So ist für 71 Prozent der befragten Unternehmen ein Rechenzentrumsstandort in Deutschland ein Ausschlusskriterium bei der Wahl eines Cloud-Providers.[127] Das hatte zur Folge, dass zahlreiche ausländische Anbieter – z. B. auf Anraten der US-Regierung hin[128] – in den vergangenen Jahren Rechenzentren in Deutschland bzw. in der EU aufgebaut haben.[129]

Im Zuge dessen ist das starke Wachstum des globalen Cloud-Marktes auch in Deutschland angekommen: Während der weltweite Markt für Public-Cloud-Services im Jahr 2017 um 18 Prozent auf ein Marktvolumen von 209,2 Mrd. Dollar anwachsen wird,[130] wurde für Deutschland für das Jahr 2016 sogar mit einem Marktwachstum von 35 Prozent auf ca. 12 Mrd. Euro Umsatz gerechnet[131] – wobei hinsichtlich der Cloud-Nutzung im Vergleich mit dem Rest der EU nach wie vor eine signifikante Diskrepanz besteht: Im EU-Schnitt war die Marktdurchdringung von Cloud-Diensten in 2016 immer noch 30 Prozent höher als in Deutschland.[132]

Mit dieser Umsatzentwicklung ändert sich aus Sicht der Unternehmen, aber auch aus Sicht des Staates die IT-Kompetenz- und Regulierungsanforderung: IT-Administratoren in Unternehmen müssen im Zuge der externen Datenhaltung und -auswertung nicht mehr nur die technischen Aspekte des Datenmanagements beherrschen, sondern vielmehr auch strategisch agieren können. Dies reicht von juristischen Kenntnissen in Bezug auf zu schließende Verträge bis hin zu einem Verständnis hinsichtlich möglicher Marktentwicklungen und der mit einer Datenauslagerung einhergehenden Folgen für das Unternehmen. Um den Anforderungen des digitalen Datenmanagements strukturell gerecht werden zu können, müssen Unternehmen darüber hinaus intern neue Rollen definieren, wie z. B. die des sogenannten Platform Directors oder der Ecosystem Builders.[133] Unsere Umfrage zeigt, dass die in Deutschland vorhandenen Fähigkeiten zur Abschätzung des Einsatzes von Datenmanagementtechnologien bereits gut ausgeprägt sind, jedoch weiterhin einer Verbesserung bedürfen.[134]

Aus Sicht des Staates bzw. staatlicher Behörden zeigen Entwicklungen im Cloud-Markt wiederum die Notwendigkeit auf, ganzheitliche Strategien der Marktregulierung und -ausgestaltung zu verfolgen, um einen souveränen Umgang von Endnutzern mit Cloud-Angeboten zu ermöglichen. Beispielhaft für den Mangel an einer solchen Strategie ist die Einführung eines Testats nach dem Anforderungskatalog „Cloud-Computing C5“ durch das BSI,[135] das über Sicherheitsmaßnahmen informiert, die ein Cloud-Anbieter zum Schutz von Daten ergreift. Dies führte jedoch dazu, dass der welt- und deutschlandweite Cloud-Marktführer mit jeweils mehr als 30 Prozent Marktanteil der erste Anbieter war, der sich im Dezem-

ber 2016 hat zertifizieren lassen[136] – was wiederum zur Folge haben dürfte, dass sich die ohnehin hohe Konzentration und Intransparenz auf dem Markt für Infrastructure-as-a-Service (IaaS) eher erhöht, weil der betreffende Anbieter nun sogar stärker als bisher von Plattform- oder Softwareanbietern, aber auch von der öffentlichen Verwaltung als Dienstleister ausgewählt wird.

▸ THESE 3: Fortschreitende Konsolidierungsprozesse der Plattformanbieter schlagen sich in einer steigenden Abhängigkeit der Anwender nieder. Handlungsbedarf wurde seitens der Politik erkannt, seine Aktivierung steht aber noch in den Anfängen.

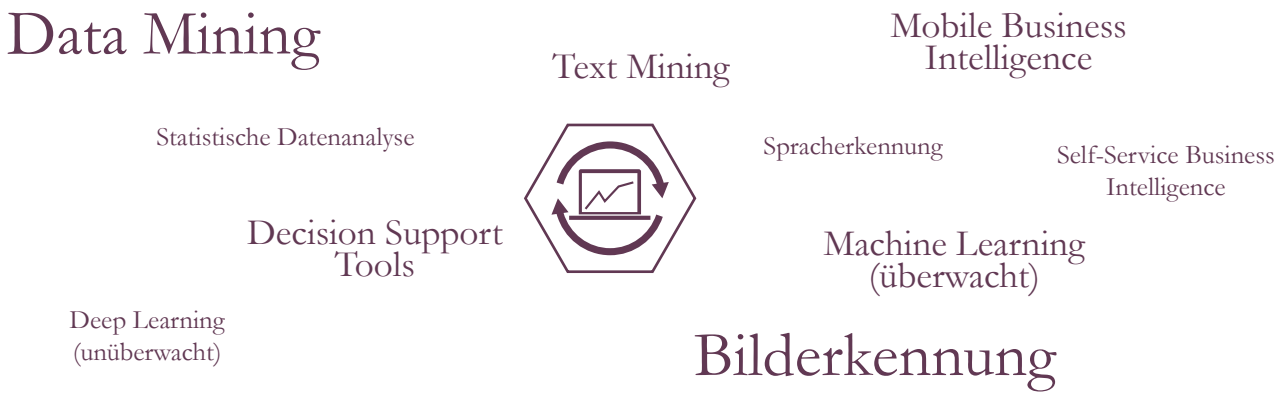
Plattformen sind ein zentraler Treiber für Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie. Sie sind Vermittler zwischen Anbieter und Nachfrager und fungieren als „Matchmaker“, wodurch es ihnen gelingt, bestehende Märkte zu erweitern oder ganze Märkte neu zu erschließen.[137] Aus Sicht von Unternehmen, die Plattformen für den Vertrieb ihrer Produkte und Dienste nutzen, stehen dabei vor allem drei Vorteile im Vordergrund: zusätzliche Umsätze, Kostenersparnisse sowie die Innovationen neuer Produkte und Dienste.[138] Diesem Potenzial stehen jedoch auch Risiken gegenüber, die für deutsche Unternehmen dadurch verstärkt werden, dass ihre Bemühungen, die Vorteile von Plattformen nutzbar zu machen, noch deutlich ausbaubar sind.

Der Markt für plattformbasierte Angebote unterliegt nicht nur in Deutschland starken Konsolidierungstendenzen auf der Anbieterseite: Derzeit haben die vier marktführenden Plattformen eine Marktkapitalisierung, die beinahe der Hälfte des deutschen Bruttoinlandsprodukts entspricht.[139]

Zum einen liegt hierin die Gefahr, dass viele Unternehmen den direkten Kontakt zu ihren Kunden verlieren, wenn sie diese Plattformen zwischen sich und ihre Nachfrager schalten.[140] Um das zu verhindern, bedürfte es für alle Unternehmen einer nachhaltigen Strategie in Bezug auf den Umgang mit Plattformen, die jedoch vielen deutschen (und europäischen) Unternehmen fehlt. So halten im internationalen Vergleich unterdurchschnittlich viele deutsche Manager die Adaption plattformbasierter Geschäftsmodelle für kritisch relevant.[141] Dieser Rückstand erklärt sich häufig aus Unwissen: Mehr als sechs von zehn deutschen Geschäftsführern gaben beispielsweise an, dass sie von dem Begriff „Digitale Plattform“ noch nie etwas gehört haben (was nichts darüber aussagen dürfte, ob das betreffende Unternehmen Produkte über eine Plattform anbietet). Hier gibt es deutliche Unterschiede je nach Unternehmensgröße und Branche (z. B. kennen bei Unternehmen ab 500 Beschäftigten immerhin 52 Prozent der Geschäftsführenden den Begriff).[142]

Zum anderen ist es für deutsche Unternehmen jedoch auch keine Option, sich diesem Trend zu entziehen, weil ihnen dann mittel- und langfristig erst recht drohen dürfte, den großen Plattformen ausgeliefert zu sein. Zwar liegt Deutschland auf dem Platform Readiness Index immerhin an fünfter Stelle – hinter Indien, Großbritannien, China und weit abgeschlagen hinter den USA.[143] Doch lässt sich bereits heute der Rückstand deutscher Unternehmen im Bereich der Plattform-Ökonomie konkret festmachen: Der Anteil der deutschen Unternehmen unter den größten 500 Firmen, die signifikant in Plattformen investieren, ist in Deutschland niedriger als im internationalen Vergleich: 60 Prozent gegenüber 72 Prozent der Unternehmen weltweit. Unter den Anwendern, die Investitionen vollzogen haben, ist der Erfolg bei der Monetarisierung ihrer Services nach eigenen Angaben zudem deutlich geringer als der von internationalen Wettbewerbern: Hier sind es drei Prozent der deutschen Unternehmen gegenüber 16 Prozent im internationalen Durchschnitt.[144]

3.5 DATA ANALYTICS/MACHINE LEARNING



Big Data und die damit verbundene Verarbeitung großer Datenmengen sind für Unternehmen und Institutionen von strategischer Bedeutung, wenn es um die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und damit auch um die digitale Souveränität Deutschlands geht. Zur Gewinnung (geschäfts)relevanten Wissens werden Technologien zur Datenanalyse entwickelt: Im Unternehmenskontext werden einerseits sogenannte Business Intelligence Tools für die Visualisierung der Ergebnisse und andererseits Decision Support Tools für die Unterstützung von Entscheidungsprozessen im Management eingesetzt. Verschiedene Verfahren wie Data Mining oder Text Mining ermöglichen es zudem, Muster in den abgeleiteten Informationen zu erkennen. Auf diesem Wissen aufbauend können Algorithmen für das maschinelle Lernen entwickelt werden, die es ermöglichen, dass Systeme automatisierte Lernprozesse ausführen und somit Ansätze künstlicher Intelligenz realisieren.

Diese Verfahren der künstlichen Intelligenz finden nicht nur in der Industrie, sondern auch in vielen anderen Bereichen, wie dem der Gesundheit, der Mobilität oder der Energieversorgung, aber auch im privaten Alltag (z. B. Apps zur Spracherlernung) Verwendung. Aufgrund des hohen Innovations- und Gestaltungspotenzials nehmen Technologien im Bereich „Datenanalyse“ eine Schlüsselrolle bei der Transformation zur digitalisierten Gesellschaft ein. Die enormen Entwicklungsschritte in diesem Technologiefeld, die durch Fortschritte bei Datenverarbeitungstechnologien und sinkende Hardwarekosten ermöglicht werden, werden von Vorreitern auf

diesem Gebiet bereits realisiert und ausgebaut.[145] Daher ist es besonders für den Industriestandort Deutschland von substanzieller Bedeutung, auch nachhaltig Kompetenzen in diesem Technologiefeld zu besitzen.

Abbildung 11: Für die Einschätzung des Technologiefelds „Data Analytics/Machine Learning“ waren vor allem Indikatoren aus den Dimensionen „Gesellschaftlicher Rahmen“, „Technologieeinsatz“ und „Ökonomisches Umfeld“ ausschlaggebend.

THESE 1: Maschinelles Lernen wird von deutschen Unternehmen derzeit nur in wenigen Bereichen eingesetzt, aber branchenübergreifend an Bedeutung gewinnen.

Künstliche Intelligenz ist eine der Trendtechnologien, die das Potenzial haben, aktuelle Geschäftsmodelle disruptiv zu verändern und die Mensch-Technik-Interaktion über innovative Schnittstellen neu zu gestalten.[146] Deutschlandweit gehen IT- und Digitalisierungsentscheider mehrheitlich davon aus, dass die Vernetzung und das Design von Produkten in Zukunft auf künstlicher Intelligenz und in diesem Zusammenhang insbesondere auf Machine Learning aufbauen werden.[147] Die Zunahme des Einsatzes von Machine Learning im eigenen Unternehmen wird von Führungskräften daher positiv eingeschätzt – mit einer Steigerungsrate von aktuell fünf Prozent auf zukünftig 25 Prozent.[148] Unsere Umfrage bestätigt diese Einschätzung und spitzt das Szenario sogar noch zu: Der aktuelle Stellenwert von Data Analytics und Machine Learning wird von 46 Prozent der befragten Teilnehmer bereits jetzt als „sehr hoch bis hoch“ eingestuft – insgesamt 90 Prozent der Befragten bejahten, dass der Stellenwert von Machine Learning für die gesamte deutsche Wirtschaft in den kommenden Jahren zunehmen wird.
53 Prozent von ihnen sagen sogar eine starke Zunahme voraus.

Dementsprechend gehen auch 37 Prozent der deutschen Unternehmen davon aus, in den nächsten drei Jahren intensiv in Machine Learning zu investieren.[149]

Die Tendenz, dass Machine Learning eine zunehmend wichtigere Rolle in der deutschen Wertschöpfung spielt, lässt sich branchenübergreifend erkennen. Ein Grund dafür ist vor allem die Einsatzbreite von Machine Learning im deutschsprachigen Raum: So beschäftigen sich 34 Prozent der hiesigen Unternehmen mit Machine Learning, um interne Prozesse zu optimieren und Digitalisierungsprojekte im eigenen Unternehmen voranzutreiben. Ebenfalls knapp 34 Prozent sehen im Bereich der Interaktion mit und der gezielten Ansprache von Kunden großes Potenzial für den Einsatz von Machine Learning. Ein bisher weniger stark im Fokus stehendes Einsatzgebiet ist die Optimierung von Wartungsprozessen – hier sehen nur 19 Prozent der befragten IT-Entscheider entsprechende Verwendungsmöglichkeiten.[150]

Diese breiten Anwendungsfelder des maschinellen Lernens werden in Deutschland allerdings noch nicht auf die Praxis übertragen: Die betreffenden Entwicklungs- und Herstellungskompetenzen sind auch laut unseren Umfragewerten zum gegenwärtigen Zeitpunkt lediglich unterdurchschnittlich bis mittelmäßig ausgeprägt – das gilt vor allem für KMU.[151] Auch die Fähigkeit, die Folgen des Einsatzes von maschinellem Lernen zu beurteilen, sind dieser Umfrage zufolge noch nicht genügend entwickelt.[152] In Deutschland planen entsprechend sieben Prozent der Unternehmen, die in einer globalen Umfrage unter Unternehmen mit mehr als 500 Mio. US-Dollar Jahresumsatz befragt wurden, in den nächsten drei Jahren wenig bis gar nicht in Machine Learning zu investieren. Dies ist in der internationalen Vergleichsgruppe der höchste Wert.[153] Grund dafür könnte sein, dass einige Machine-Learning-Verfahren den Anforderungen der Unternehmen in Bezug auf die Nachvollziehbarkeit maschinell generierter Entscheidungen entgegenstehen, die in Deutschland – auch aufgrund des stark industriell geprägten Umfelds – möglicherweise besonders ernst genommen werden. Hier spielen auch ethische und rechtliche Bedenken eine Rolle, die z. B. mit dem Kontrollverlust einhergehen, der beim Einsatz einiger Machine-Learning-Methoden, wie neuronaler Netze, droht. Das selbstlernende System, dem im Nachhinein nicht mehr entnommen werden kann, auf Basis welcher Kriterien es zu einer Handlungs-

empfehlung kam, steht einigen deutschen Standards und Normen (z. B. der ISO-Norm 26262 im Automobilbereich) entgegen.[154]

▸ These 2: Deutsche Unternehmen nutzen datengetriebene Analyseverfahren vorrangig zur retrospektiven Analyse. Anbieter konzentrieren sich auf den Binnenmarkt.

Unternehmen haben inzwischen realisiert, dass die klassischen noch vorherrschenden Infrastrukturen nicht zur Bewältigung der enormen Datenmengen ausreichen, die täglich im Unternehmen produziert werden. Aus diesem Grund investieren deutsche Firmen im Bereich „Big Data Analytics“ derzeit vorrangig in geeignete Big-Data-Software und den Aufbau einer geeigneten Infrastruktur zur Datenanalyse, ganz zur Freude deutscher Hersteller von Analysesoftware.[155] Diese konnten für das Jahr 2015 eine Umsatzsteigerung um 11,1 Prozent erzielen, die sogar über dem erwarteten Anstieg von 9,6 Prozent lag. Der Umsatz mit Analysesoftware in Deutschland entwickelt sich dementsprechend sehr positiv. Die Anbieterunternehmen erwarten, dass sich dieser Trend fortsetzt, und rechnen dabei sogar mit einem zweistelligen Marktwachstum für das Jahr 2017. Diese Erwartungshaltung wird von der Anwenderseite noch übertroffen, da diese plant, ihre Investitionen in Big Data Analytics um ein Vielfaches zu steigern[156] – ein Trend, der sich auf globaler Ebene auch darin zeigt, dass weiterhin in Technologien, die auf der Analyse großer Datenmengen aufbauen, investiert werden soll (z. B. Machine Learning, Deep Learning, NLP, Video Analytics und Embedded AI Solutions).[157]

In Kontrast dazu verzeichnen jedoch die Marktzahlen eine rückläufige Quote bei der Akquise von Neukunden.[158] Daraus kann abgeleitet werden, dass der Umsatzanstieg nicht aus der Akquise neuer Anwender, sondern aus den Investitionen bereits bestehender Kunden resultiert. Das Ausbleiben neuer Kunden lässt sich insbesondere vor dem Hintergrund erklären, dass das Herz der deutschen Wirtschaft, der deutsche Mittelstand, die Potenziale von Big Data Analytics zwar erkannt hat, aber diese noch nicht umsetzt und noch nicht nutzt – im Gegensatz zu Großunternehmen, die bereits verstärkt auf den Einsatz von Analysetools setzen.[159] Eine Erklärung dafür könnten die hohen Kosten für die Anschaffung von Analysesoftware sein, die in Abwägung gegen den eigentlichen Nutzen für

das Unternehmen[160] jedes fünfte Unternehmen in Deutschland als Barriere für die Nutzung von Big Data Analytics einstuft. An dieser Stelle mangelt es seitens der Anwender an Modellen, die für neue, auch kleine, Kunden preislich attraktiv sind.

Neben dem Mangel an Neukunden verpassen die Softwarehersteller auch die Öffnung für aussichtsreiche ausländische Märkte: Der Fokus der fünf umsatzstärksten Hersteller von Analysesoftware in Deutschland liegt vorrangig auf dem deutschen Binnenmarkt.[161] Dies scheint auch nicht verwunderlich, vor dem Hintergrund, dass diese Anbieter allesamt Tochterunternehmen amerikanischer Business-Intelligence-Experten sind.[162] Somit werden jedoch an dieser Stelle auf dem deutschen Herstellermarkt Chancen vertan, einerseits die eigenen Absatzzahlen zu steigern und andererseits auch deutsche Produkte im Ausland als „Made in Germany“ zu präsentieren.

Dabei könnte für Deutschland als Industriestandort insbesondere der Einsatz von Data-Mining-Verfahren und Decision Support Tools im produzierenden Gewerbe sowie im Lieferkettenmanagement zur Steigerung der Produktivität beitragen. Ganz besonders bieten sich an dieser Stelle Methoden aus dem Bereich „Predictive und Prescriptive Analytics“ an, bei der die Datenanalyse zur Vorhersage und Entscheidungsempfehlung eingesetzt wird. Diese Form der Datenauswertung wird jedoch in Deutschland aktuell nur sehr wenig betrieben, da derzeit vorrangig noch historische Datenanalysen und damit diagnostische Anwendungszwecke das Feld dominieren. Noch kleiner ist die Zahl der Unternehmen, die Data Analytics zur Entscheidungsunterstützung einsetzen.[163]

▸ THESE 3: Die gesellschaftliche Diskussion über Chancen und Risiken von Big-Data-Technologien ist thematisch komplex und führt oft zu Verunsicherung.

In der deutschen Bevölkerung herrscht gegenwärtig eine negative Grundeinstellung gegenüber der Datensammlung und -analyse (Big Data) vor: Mehr als zwei Drittel fürchten beim Thema „Big Data“ um ihr Recht auf Privatsphäre. Demgegenüber ist bei fast jedem Zweiten gleichzeitig auch das Bewusstsein vorhanden, dass die intelligente Datenauswertung auch als Wirtschaftsfaktor betrachtet

werden kann und zu gesellschaftlichem Wohl beitragen könnte. Folglich findet eine Auseinandersetzung mit den Themen „Big Data“ und „Data Analytics“ statt, bei der das Für und Wider im Fokus der Betrachtungen steht.[164]

Als eine Ursache für das geringe Vertrauen in die Auswertung großer Datenmengen wird die bisher mangelhafte Umsetzung datenschutzrechtlicher Aspekte, wie der Einwilligung zur Datennutzung oder Datensparsamkeit, angesehen. Weniger als ein Drittel der befragten Deutschen empfindet die Beachtung von Datenschutzaspekten im Rahmen der Analyse von Big Data als ausreichend. Dabei sehen die Bürger sowohl sich selbst als auch insbesondere den Staat in der Verantwortung, diesen Schutz zu gewährleisten. Fast jeder Zweite sprach sich außerdem für die Modernisierung der gesetzlichen Regelungen im Bereich „Big-Data-Analyse“ in Deutschland aus. Mehr als die Hälfte der Studienteilnehmer forderte in diesem Zuge eine Verschärfung und/oder zusätzliche Gesetze.[165]

Eine weitere Quelle des Misstrauens der Bevölkerung in Bezug auf die Datensammlung und -verarbeitung stellt auch die mangelnde Transparenz hinsichtlich der Verwendung dar, die Unternehmen für die Daten ihrer Kunden anstreben. In einer globalen Studie gaben 75 Prozent der Befragten an, mit der Sammlung ihrer Daten kein Problem zu haben, falls sie selbst über die Nutzung der Daten entscheiden können und falls die entsprechenden Unternehmen die Nutzung transparent machen.[166] In einer repräsentativen Befragung deutscher Nutzerinnen und Nutzer von Kommunikationsdiensten wie z. B. E-Mail oder Messenger gab mehr als jeder Zehnte an, nicht einschätzen zu können, wie der Kommunikationsdienstleister mit persönlichen Daten umgeht.[167] Sieben von acht befragten Deutschen sehen zwar die Notwendigkeit, die Inhalte von AGB der Dienstleister zu kennen, aber gleichzeitig geben mehr als drei Viertel der Studienteilnehmer an, dass sie die AGB für zu lang und unverständlich halten.[168] Besonders ins Gewicht fällt an dieser Stelle, dass das Vertrauen in die Einhaltung der AGB bei den Nutzern sehr gering ist. Weniger als jeder Achte ist der Ansicht, dass die AGB für Nutzer nachvollziehbar eingehalten werden. Die Probleme der Nutzer mit der digitalen Verwaltung ihrer persönlichen Daten sind dabei nicht auf Deutschland beschränkt. So halten es weltweit 87 Prozent der Konsumenten für wichtig, ihre persönlichen Daten im Internet zu kontrollieren, während 75 Prozent dies als schwierig

einschätzen.[169] Eine mündige und kompetente Meinung über die Nutzung und die Vorteile von Big Data kann auf dieser Grundlage nicht entstehen. Dies stellt ein Problem dar, da jeder Bürger und jede Bürgerin ein Recht auf Informiertheit in Bezug auf die Verwendung der eigenen persönlichen Daten haben.[170] Demgemäß müssen Kunden über die Nutzung ihrer Daten durch Unternehmen in ausreichendem Maße aufgeklärt werden, damit sie reflektierte Entscheidungen hinsichtlich der Verwendung ihrer Daten treffen können. Bis heute mangelt es hier jedoch an Lösungen, die die Inhalte der AGB in einem leicht verständlicher, transparenter und kurzer Form darstellen.[171]

3.6 IT-SICHERHEIT

Der Schutz von IT-Systemen gewinnt in der heutigen Zeit für Unternehmen sowie Institutionen jedweder Größe mehr und mehr an strategischer Bedeutung, da die Zahl der IT-Risiken stetig steigt – und Sicherheit ein zentraler Wettbewerbsfaktor ist. Vor Risiken durch externe, unbefugte Zugriffe oder Datenmissbrauch können sich Unternehmen und Institutionen durch die Entwicklung geeigneter IT-Sicherheitsstrategien und den Einsatz entsprechender Technologien schützen. Um auch in Zukunft souverän handlungsfähig zu bleiben, ist es deshalb von essentieller Bedeutung, dass Unternehmen sowie private und öffentliche Institutionen die Relevanz von IT-Sicherheitskonzepten erkennen und diese umsetzen.

Die Digitalisierung und die immer stärkere Vernetzung sorgen dafür, dass IT-Sicherheit in Unternehmen eine immer wichtigere Rolle einnehmen muss. Durch die neuen Technologien entsteht ständig neues Gefahrenpotenzial und macht eine Absicherung der IT-Infrastruktur unerlässlich, um zukünftige Risiken reaktionsschnell zu minimieren. Eine detailliert konzipierte und umfassend umgesetzte Zugriffskontrolle sowie geeignete Verschlüsselungstechnologien können vor unbefugten Zugriffen und Datenmissbräuchen schützen.

Neben den Schutzzielen „Vertraulichkeit“ (z. B. Know-how-Schutz), „Authentizität“ und „Integrität“ sollte die Systemverfügbarkeit einen hohen Stellenwert haben. Diese wird durch verteilte DoS[172]-Angriffe über Botnetze, die aufgrund unsicherer IoT-Geräte eine nie da gewesene Bandbreite erreichen, gefährdet.

Hierdurch entstehen immer größere Schadenssummen.[173] Allein der Schaden, der der deutschen Wirtschaft durch Ausfall, Diebstahl oder Schädigung von IT-Systemen, Produktions- oder Betriebsabläufen entsteht, beträgt rund 6,5 Mrd. Euro pro Jahr, davon etwa ein Drittel in der Industrie. Eine umfassende Untersuchung der durch digitale Wirtschaftsspionage, Sabotage und Datendiebstahl entstehenden Schäden hat eine jährliche Schadenssumme von rund 51 Mrd. Euro ermittelt.[174]

Abbildung 12: Aufgrund der übergreifenden Bedeutung des Technologiefelds „IT-Sicherheit“ für eine digitale Souveränität wurden alle Dimensionen des STEP-KI-Modells als gleichermaßen bedeutend betrachtet. Die aussagekräftigsten Zahlen waren im Bereich „Ökonomisches Umfeld“ zu finden.

▸ THESE 1: IT-Sicherheitslösungen „Made in Germany“ sind international anerkannt, die deutsche Anbieterwirtschaft ist jedoch in den internationalen Märkten nur gering vertreten.

Die deutsche IT-Sicherheitsindustrie ist in der Lage, alle wichtigen Bereiche der IT-Sicherheit umfassend abzudecken. So kommt eine Studie des BMWi[175] zu dem Ergebnis, dass annähernd 80 Prozent der inländischen Nachfrage nach IT-Sicherheitsgütern durch inländische Produktion bedient werden, und nur etwa 20 Prozent durch entsprechende Importe. „Made in Germany“ agiert im Bereich „IT-Sicherheit“ auf Augenhöhe mit internationalen Mitbewerbern und ist in vielen Bereichen sogar Qualitätsführer.[176] Auch das Bild, das sich aus der im Rahmen der Studie durchgeführten Online-Umfrage ergibt, ist sehr positiv: Mehr als die Hälfte der Befragten bewertet die in Deutschland vorhandenen Entwicklungs- und Herstellungskompetenzen im Bereich „IT-Sicherheit“ als „weltweit führend“ oder „international in der Spitzengruppe“. Aktuell wird z. B. der erste Feldbus mit IPv6-Unterstützung und integriertem Sicherheitskonzept für sichere Kommunikation im IoT in Zusammenarbeit mit Industriepartnern und Standardisierungsgremien entwickelt.[177] Auch im Bereich „Mikroelektronik“ zeichnet sich eine zunehmende Dynamik in Bezug auf die Sicherung der Datenübertragung ab. Unter dem Einsatz von Open-Source-Technologie und Blockchain werden z. B. batteriebetriebene Sensorknoten (Sensor Nodes) entwickelt, die überall auf der Welt Daten übertragen und dank asymmetrischer Verschlüsselung höchste Integrität und Authentizität gewährleisten.[178] Diese Technologie kann in verschiedenen Bereichen der cyber-physischen Systeme eingesetzt werden. Diese Beispiele zeigen, dass deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen sich nicht nur gründlich und verlässlich, sondern auch innovativ mit dem Thema „IT-Sicherheit“ befassen.

Abnehmer für IT-Sicherheitsgüter finden sich in Deutschland vor allem in den technologie-intensiven Branchen. Mit einem Anteil von 20,7 Prozent sind Anbieter von IT- und Informationsdienstleistungen die größten Abnehmer. Weitere bedeutende Abnehmer sind

vor allem Hersteller von Maschinen (5,7 Prozent) und Finanzdienstleister (4,1 Prozent). Die übrigen Abnehmer verzeichnen jeweils nur einstellige Anteile am Gesamtkonsum. Eine national geprägte Anbieterlandschaft sorgt durch die Zusammenarbeit mit der Anwenderindustrie für eine noch bessere Gewährleistung eines hohen IT-Sicherheitsniveaus. Umso mehr, als Anbieter und Anwender in gemeinsamen Entwicklungsumfeldern zusammenarbeiten und damit Know-how stark auf die Anwenderseite transferiert wird.

Die IT-Sicherheit wird auch in den nächsten Jahren mit hoher Wahrscheinlichkeit für die deutsche Industrie an Bedeutung gewinnen. Besonders in Hinblick auf den Auf- und Ausbau der sogenannten Industrie 4.0 wird dieses Thema zunehmend den wirtschaftlichen Erfolg vieler Branchen beeinflussen.[179] Die Mehrheit (60 Prozent) der befragten Experten schätzen die aktuelle Bedeutung der IT-Sicherheit für die Wertschöpfung in Deutschland als hoch ein und 89 Prozent sind der Meinung, dass diese Bedeutung in den nächsten fünf Jahren weiter zunehmen wird.[180] In einer globalen Studie sagten außerdem 82 Prozent der befragten Unternehmer aus, dass sie bei Sicherheitsbedenken nicht an Ökosystemen oder digitalen Plattformen anderer Unternehmen teilnehmen würden.[181] IT-Sicherheit ist somit nicht nur für sich genommen ein bedeutender Markt, sie ist zudem auch Vorbedingung für die Entwicklung weiterer zukunftsfähiger Geschäftsmodelle.

Entgegen der technologisch starken Ausprägung im deutschen Markt führt „IT-Security made in Germany“ noch nicht zu signifikanten Exportzuwächsen. Die deutschen Anbieter spielen international mit Blick auf ihre Umsatz- und Beschäftigtenzahlen in der zweiten Liga und trotz diverser Exportinitiativen ist es in den letzten Jahren nicht gelungen, die technologische Stärke der Anbieter in internationale Vermarktungserfolge zu übersetzen. Unter den Top-500-Anbietern von IT-Sicherheitstechnologien weltweit befinden sich elf aus Deutschland, keiner von diesen ist jedoch unter den Top 100.[182] Dieser sich abzeichnende Nachholbedarf kann sich gerade im Kontext der cyber-physischen Systeme als wettbewerbsrelevant herausstellen.

▸ THESE 2: Das Thema „IT-Sicherheit“ ist in den Führungsetagen großer Unternehmen angekommen. Im nächsten Schritt muss der Mittelstand nachziehen.

Etwa die Hälfte der Unternehmen in Deutschland ist in jüngerer Zeit Opfer von digitaler Wirtschaftsspionage, Sabotage oder Datendiebstahl geworden.[183] Hinzu kommen zahlreiche Unternehmen, die vermuten, dass es einen entsprechenden Angriff gegeben hat. Am stärksten betroffen sind mittelständische Unternehmen, die zwischen 100 und 499 Mitarbeiter beschäftigen (61 Prozent). Der Mittelstand ist aus mehreren Gründen ein besonders lukratives Angriffsziel. Viele Unternehmen bieten sehr innovative Produkte an und haben in ihrem Marktsegment international eine starke Stellung. Häufig sind sie als Zulieferer fest in den Lieferketten von Großkonzernen verankert. Sie verfügen aber nicht über die gleichen Mittel zur Abwehr entsprechender Angriffe und können somit auch als Einfallstor dienen, über das die Geschäftsgeheimnisse der Großkonzerne zugänglich sind.[184]

Mit der weiter fortschreitenden Digitalisierung nimmt die Komplexität der Bedrohungslage ebenso zu wie die damit einhergehenden Gefahren bzw. Schäden:[185] Die bekannten Ansatzpunkte für Cyber-Angriffe blieben auch im Jahr 2016 im Wesentlichen unverändert: Schwachstellen in am häufigsten eingesetzten Soft- oder Hardwareprodukten, die Informationsflüsse angreifbar machen, und Botnetze, die organisiert Schadsoftware oder Spam-E-Mails verbreiten, bzw. Botnetze, die Angriffe auf die Diensteverfügbarkeit initiieren. Auch die „Schwachstelle Mensch“ ist hier nicht unbedeutend. So geben 86 Prozent der befragten deutschen Unternehmer an, dass Organisationen in ihren Sicherheitskonzepten den Faktor Mensch stärker berücksichtigen sollten.[186] Die Anwender setzen auch gängige und einfache Sicherheitsmaßnahmen häufig nicht oder nicht hinreichend um. Eine zusätzliche Bedrohung entsteht durch anonyme Zahlungsmethoden wie beispielsweise Bitcoin. Sie erlauben potenziell neue Möglichkeiten im Bereich der Vermarktung von Angriffswerkzeugen, aber auch im Bereich der Erpressung.[187]

Besonders gefährdet sind dabei die immer stärker genutzten mobilen Geräte. Viele Firmen haben deshalb im Bereich „IT-Sicherheit“

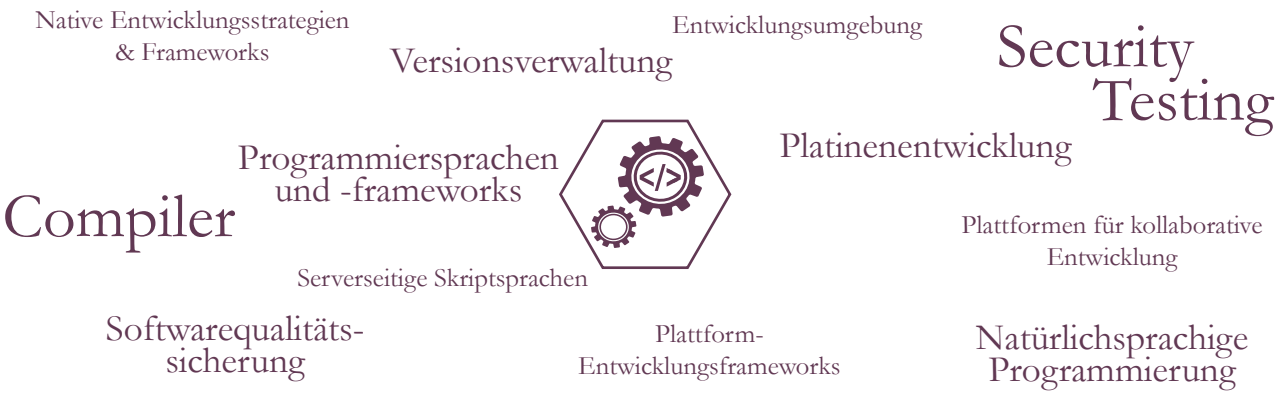
aufgerüstet. Dies betrifft jedoch vorrangig große Unternehmen, deren Bewusstsein für diese Problematik deutlich höher ist als das von KMU.[188] Letzteren mangelt es nach Expertenmeinung noch deutlich am Willen zur Investition in IT-Sicherheitslösungen. Passwortschutz und Firewalls gehören zwar auch in KMU zum Standard, aber viele weiterführende Maßnahmen sind in der Mehrzahl der Unternehmen noch nicht umgesetzt.[189] Dies gilt beispielsweise für sogenannte Intrusion-Detection-Systeme zur Früherkennung von digitalen Einbrüchen oder für Maßnahmen zur Absicherung des internen Firmennetzwerkes gegen Datenabfluss von innen (z. B. durch Data Leakage Prevention). Während Intrusion Detection Systeme in rund 40 Prozent der großen Unternehmen im Einsatz sind, trifft dies nur für etwa jedes Fünfte KMU zu, ähnlich verhält es sich mit Maßnahmen gegen Datenabfluss von innen.

▸ THESE 3: IT-Sicherheit ist keine rein operative Funktion, sondern bedarf der strategischen Integration in die gesamte Organisation.

IT-Sicherheit zieht sich als wichtige Anforderung durch alle Technologiefelder. Die Technologien in diesem Technologiefeld besitzen nicht nur die Eigenschaft, selbst sicher zu sein, sondern dienen auch der Absicherung anderer Systeme und Technologien. So sind 87 Prozent der befragten deutschen Unternehmer der Meinung, dass Vertrauen der Stützpfeiler der digitalen Ökonomie allgemein ist.[190] Daher kann sich auch in der Analyse ein unterschiedliches Bild geben. Es bedeutet aber auch, dass Unternehmen in der Lage sein müssen, sowohl ihre eigenen Produkte, Systeme und Prozesse sicher zu gestalten als auch die Werkzeuge Dritter, die der Absicherung dienen, kompetent einzusetzen.

Ein IT-Sicherheitsexperte muss heute sowohl Anwender- als auch Industrie-IT verstehen und die jeweiligen Techniken sowie vor allem die spezifischen Prozesse beherrschen. Dazu bedarf es eines soliden Grundwissens hinsichtlich IT-Sicherheit und Sicherheitsmethoden sowie eines spezifischen Wissens hinsichtlich Industrial Control und der produktionstypischen, technischen Inhalte.[191]

3.7 ENTWICKLUNG DIGITALER TECHNOLOGIEN



Die Entwicklung neuer digitaler Produkte, Anwendungen und Dienste erfordert die Kenntnis der entsprechenden Methoden und ausgewählten Werkzeuge, die den gesamten Lebenszyklus einer Entwicklung unterstützen. Vor allem Entwicklungsstrategien und Frameworks, die mehrere Betriebssysteme berücksichtigen, sorgen für eine plattformunabhängige Nutzung und eine großflächige Abdeckung spezifischer Funktionen in allen Unternehmensbereichen. Durch die Notwendigkeit der operationalisierten Zusammenarbeit über alle Schichten der digitalen Architektur hinweg spielt hier die Interoperabilität der Technologien eine große Rolle. Neben den eigentlichen ingenieurtechnischen Fähigkeiten zur Entwicklung der digitalen Technologien sind auf diesem Gebiet auch wirtschaftliche und unternehmerische Fähigkeiten, insbesondere in Bezug auf den Aufbau eines vitalen Ökosystems, für Entwicklerinnen und Entwickler von entscheidender Bedeutung.

Die Beherrschung der Entwicklungswerkzeuge, -sprachen und -methoden stellt also ein eigenes Kompetenzgebiet dar, das für das Verständnis des Aufbaus digitaler Technologien und damit für ihre effiziente Herstellung, Veredelung und Nutzung unerlässlich ist.

Abbildung 13: Bei der Fragestellung zum kompetenten und effizienten Einsatz von IT-Entwicklungswerkzeugen und -methoden wurde ebendieser Tooleinsatz gezielt beleuchtet. Auch Indikatoren aus den STEP-KI-Dimensionen „Kompetenzentwicklung“ und „Innovationsumfeld“ spielen hier eine wichtige Rolle.

Für die Entwicklung von digitalen Technologien ist die maschinenlesbare Umsetzung der Logik, also die Programmierung, neben der Entwicklung der Hardware entscheidend. Die Entwicklung betrieblicher Anwendungssysteme, ein Schwerpunkt der deutschen Softwaretechnik, wird durch die Verwendung von herstellereigenen Sprachen geprägt, diese basieren jedoch auf Paradigmen bzw. Entwicklungssprachen, die aus dem nichtindustriellen bzw. aus dem Open-Source-Umfeld kommen. So wird Objektorientierung bei der Entwicklung von CRM-Systemen (z. B. C#) und ERP-Systemen (z. B. Cobol) eingesetzt.[192] Open-Source-Software wird in deutschen Unternehmen hingegen zur Ausführung von geschäftskritischen Vorgängen eher selten eingesetzt.[193]

Die aktuell als wichtig betrachteten Entwicklungssprachen (Java, JavaScript, PHP, SQL) werden zumindest auch in der näheren Zukunft relevant bleiben. Agile Entwicklungsmethoden, die auf verteilte Teams abzielen, werden zunehmende Verbreitung finden.[194] Im Entwicklungsprozess selbst werden einzelne Schritte, wie das Testen und die Einbindung von Standardmodulen, zunehmend von Automaten übernommen werden. Lernende Software und intelligente Hardware finden dadurch in der Industrie und in der Unterhaltungselektronik Verbreitung. Neue Formate zur Darstellung multimedialer Inhalte werden bei der Entwicklung von Diensten nun stärker angefragt.

Als aktuelle Beispiele sind im Bereich „Video“ insbesondere 360°-Videos sowie AR/VR-Anwendungen und deren Anbindung an die bestehenden Geräte und Systeme zu nennen. Die Schaffung von Ökosystemen, die sowohl die Anwender- als auch die Entwicklergemeinschaften anspricht, zeichnet sich bereits seit einigen Jahren bei führenden Entwicklungsunternehmen ab. So werden z. B. im Bereich der Unterhaltungselektronik neben der Hardware, die zunächst direkt an den Konsumenten verkauft wird, auch die Softwareentwicklungswerkzeuge, sogenannte SDKs, angeboten. Dieses Vorgehen trägt dazu bei, dass ein wachsendes Ökosystem über den gesamten Produktlebenszyklus gewährleistet werden kann.

Hierzu hat unsere Umfrage ergeben, dass die in Deutschland vorhandenen Entwicklungs- und Herstellungskompetenzen bei der Entwicklung digitaler Technologien bisher noch nicht überdurchschnittlich ausgeprägt sind (die größte Gruppe der Befragten sieht Deutschland hier im Mittelfeld), jedoch deutlich zunehmen werden: Immerhin 71 Prozent der Befragten glauben, dass diese Kompetenzen in den kommenden fünf Jahren „eher zunehmen“ bis „stark zunehmen“ werden – mehr noch als die Kompetenzen in dem Technologiefeld „Management von Daten, Anwendungen und Diensten“. Zudem wurde auch die zunehmende Bedeutung des Technologiefelds für die Wertschöpfung insgesamt in der Umfrage deutlich.

Hierbei spielt eine Rolle, dass mit dem Umfang der Nutzung digitaler Technologien auch die Fähigkeit, digitale Technologien zu entwickeln, zunimmt. Vor diesem Hintergrund ist es für die Entwicklung digitaler Technologien in Deutschland folglich eher hemmend, dass das Potenzial digitaler Technologien im Allgemeinen in Deutschland weder von Privatpersonen noch von Unternehmen, hier vor allem KMU, in vollem Umfang erkannt und genutzt wurde. Die klassischen Werte und Erwartungen aus dem Bereich der industriellen Fertigung werden bisher nicht an neue Technologien und Möglichkeiten angepasst, sondern ohne die notwendige Anpassung an Anforderungen wie Datenschutz und Kundenorientierung etc. durchgesetzt.[195]

Dies scheint sich jedoch allmählich umzukehren – und entspricht damit den optimistischen Prognosen unserer Umfrage: Insbesondere beim Einsatz von CRM- und ERP-Software zeigen sich auch unter KMU wachsende Nutzerzahlen.[196] Zwar wurden die Cloud-Dienstleistungen von den Unternehmen zunächst nur zögerlich angenommen, der Anwendungstrend zeigt jedoch aufwärts.[197] Nach Expertenmeinung fehlt es dennoch nach wie vor an Vertrauen und Akzeptanz im privaten und industriellen Rahmen in Bezug auf komplexe Anwendungen sowie an entsprechender Haftungsregulierung.[198] Die Herausforderung besteht demnach darin, die verschiedenen Ausprägungen und die Zugänglichkeit der Nutzung von komplexen Anwendungen auf denselben Stand zu bringen und deren Konnektivität zu gewährleisten.[199]

4. HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen haben zwei Ziele: Sie sollen Defizite beheben, die in der vorhergehenden Analyse herausgearbeitet wurden, und sie sollen diejenigen Maßnahmen identifizieren und stärken, die schon heute die richtigen Weichenstellungen eingeleitet haben. Zur Strukturierung der Handlungsempfehlungen wurde erneut auf die sechs Bewertungsdimensionen aus dem zuvor entwickelten STEP-KI-Modell (siehe Seite 8) zurückgegriffen. Damit werden genau jene relevanten Aspekte abgedeckt, die für eine umfassende Analyse der Technologiefelder in Hinblick auf eine digitale Souveränität von Bedeutung waren.

Grundsätzlich richten sich die vorgeschlagenen Maßnahmen an den Staat bzw. an staatliche Akteure. Das heißt allerdings nicht, dass der Staat allein die angesprochenen Defizite beheben oder den entwickelten Handlungsempfehlungen zum Erfolg verhelfen kann. Denn mit einigen Ausnahmen sind alle der identifizierten Herausforderungen des Digitalstandorts Deutschland Ergebnis komplexer Sachverhalte, deren Ursachen vielseitig und vielschichtig sind. Vor allem aber sollte auch der Staat dem Vernetzungsgedanken, der der Digitalisierung zugrunde liegt, Rechnung tragen, indem er konsequent alle relevanten Akteure einbindet und berücksichtigt, und Monopolstrukturen, die durch den Einsatz von Standardsoftware und -hardware weniger großer Anbieter weiter gestärkt werden, ständig kritisch hinterfragen und Alternativen prüfen.

Die Handlungsempfehlungen sind nach den für die Analyse verwendeten Bewertungsdimensionen zusammengefasst und nach ihrer aggregierten Bedeutung für die Technologiefelder sortiert.

TECHNOLOGIEEINSATZ

Das technologische Entwicklungspotenzial eines Standorts lässt sich nicht nur an den dort agierenden Unternehmen ablesen, sondern auch am Zustand einer Infrastruktur, die von Unternehmen und Privatpersonen gleichermaßen genutzt werden kann. Hierbei spielen auch Industrie- und Rechtsstandards eine Rolle, auf deren Grundlage Dienste und Produkte gefertigt und bereitgestellt werden.

Standortpolitik für Rechenzentren mit der Energiewende verknüpfen

In Hinblick auf die Fragestellung, welche Kompetenzen für eine digitale Souveränität wichtig sind, ist der Aufbau von Infrastruktur die Voraussetzung dafür, dass Unternehmen überhaupt erfolgreich an einem Standort agieren können. Rechenzentren in Deutschland zählen nicht nur durch die Erfüllung hoher Datenschutzanforderungen und technische Verlässlichkeit zu den vertrauenswürdigsten der Welt, sondern nehmen ebenso eine Spitzenstellung in Bezug auf ihre Energieeffizienz ein. Die in Deutschland in den letzten Jahren gesammelten Erfahrungen hinsichtlich der über alle Sektoren hinweg entwickelten Energiewende können Basis und Treiber einer Entwicklung sein, die Deutschland zum Spitzenstandort für energieeffiziente Rechenzentren macht.

Die sehr guten technologischen Rahmenbedingungen und das hohe Klimaschutz-Engagement sollten zusammen in einem Aktionsplan für nachhaltige Rechenzentren „Placed in Germany“ gemeinsam mit Klimaschutzakteuren, der IT-Wirtschaft sowie der Energiewirtschaft konzipiert und umgesetzt werden. Es bedarf hierfür seitens der Bundesregierung in einem ersten Schritt der Formulierung einer Ansiedlungspolitik in Bezug auf Rechenzentren. Damit einhergehend sollte seitens des BMWi eine Machbarkeitsstudie zu möglichen Effizienzgewinnen bei der Verknüpfung von Rechenzentrumsstandortpolitik und der Energiewende erstellt werden. Ausgehend von einem Machbarkeitsnachweis sollte ein Förderprogramm für den Einsatz besonders nachhaltiger energetischer Konzepte aufgesetzt werden, die beispielsweise die Kappung von Lastspitzen durch entsprechendes Energiemanagement bei Rechenzentren unterstützen.

Die Sektorkopplung in der Energiewende wird also nicht einseitig von digitalen Technologien getragen, sie hat auch Auswirkungen auf Entwicklungen im Infrastrukturbereich. Auch durch die Möglichkeit, sich als wichtiger Anbieter auf einem wachsenden Markt zu platzieren, wandeln sich bestehende Machtverhältnisse – dadurch werden Abhängigkeiten neu gewichtet und somit die digitale Souveränität Deutschlands gestärkt.

Öffentliche Beschaffung zukunfts- und anschlussfähiger Technologien fördern

Der Staat sollte durch das gezielte Setzen von Impulsen in seiner Ausschreibungspraxis die Zukunftsfähigkeit und Interoperabilität der zum Einsatz kommenden digitalen Lösungen begünstigen und eine unnötig hohe Abhängigkeit von einzelnen Anbietern oder Technologien vermeiden. In einem sehr heterogenen Anforderungsgeflecht von Bund, Ländern und Kommunen kann dies jedoch nicht ohne weiteres zentral verordnet werden.

Deshalb sollten zwei Zielsetzungen verfolgt werden: Erstens sollten seitens des Bundes Modellprojekte initiiert und unterstützt werden, die gezielt mithilfe von regionalen bzw. überregionalen Kooperationen auf eine Herausbildung und Etablierung von Best-Practice-Standards hinwirken, wie dies z. B. bei der niederländischen OV-chipkaart[200] der Fall war. Hierdurch würde zudem ein Innovationsumfeld für heimische Anbieter geschaffen (z. B. durch die Bereitstellung und Auswertung oder Verwendung von Nutzungsdaten). Zweitens sollte seitens des BMWi ein Kriterienkatalog für alle öffentlichen Ausschreibungen entwickelt werden, um Zukunftstechnologien zu identifizieren, die bei öffentlichen Ausschreibungen in relevanten Anwendungsfeldern Berücksichtigung finden sollten. Diese Leitlinien müssten zudem kontinuierlich angepasst werden, um die Anforderungen bei Beschaffungen an die sich wandelnden technologischen Möglichkeiten anzupassen. Als Ausgangspunkt für diesen Katalog bieten sich die Kriterien und Indikatoren an, die im Rahmen dieser Studie entwickelt wurden, um Technologien hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität zu bewerten (siehe S. 3). So könnte beispielsweise die Interoperabilität zu beschaffender IT-Lösungen durch eine entsprechende Gewichtung standardisierter Schnittstellen unterstützt werden, und die Zukunftsfähigkeit im Sinne einer Erweiterbarkeit durch eine Motivation zum Einsatz von Open-Source-Lösungen.[201]

„Kultur der IT-Sicherheit“ in Organisationen verankern

Die IT-Sicherheit ist mehr als nur eine Frage des Vertrauens, sie ist auch zu einer Frage der Wettbewerbsfähigkeit für den gesamten Standort geworden. Ziel sollte es deshalb sein, die externen Effekte, die für Kunden, Geschäftspartner oder andere Marktteilnehmer durch nicht ausreichend geschützte Daten und Anlagen entstehen können, zumindest teilweise zu internalisieren, um dieser gewach-

senen Relevanz Rechnung zu tragen. Hierbei sollten zwei Maßnahmen im Vordergrund stehen:

Erstens sollten alle Unternehmen ab einer bestimmten Größe (auch jenseits der Unternehmen, die nach dem IT-Sicherheitsgesetz eine kritische Infrastruktur betreiben) eine Person unter ihren Mitarbeitern benennen, die als IT-Sicherheitsbeauftragte(r) bereichsübergreifend für das Thema „IT-Sicherheit“ verantwortlich ist. Diese Person sollte nach einheitlichen Vorgaben sicherstellen, dass bestimmte Standards, die z. B. durch das BSI entwickelt und kontinuierlich angepasst werden könnten, in allen die IT betreffenden Prozessen eingehalten werden. Im Idealfall wäre eine solche Anforderung gesetzlich verpflichtend, allerdings sollte hierfür eingehend geprüft werden, welches Kosten-Nutzen-Verhältnis sich bei einer solchen Verpflichtung gesamtwirtschaftlich ergibt.

Die erforderlichen Kompetenzen auf dem Gebiet der IT-Sicherheit müssen in den Unternehmen aufgebaut werden. Um das Vorhaben zu begleiten, sollten also gemeinsam mit den Kammern einheitliche Leitlinien für entsprechende Aus- und Weiterbildungsmodule entwickelt werden, die es den IT-Sicherheitsbeauftragten ermöglichen, sich auf die operativen und strategischen Herausforderungen ihrer Aufgabe vorzubereiten.

Zweitens wäre eine Unterstützung aller beteiligten Akteure, die entlang einer Wertschöpfungskette eigene und fremde Daten und Systeme schützen wollen, durch den Aufbau einer gemeinsam nutzbaren vertrauenswürdigen Cyber-Sicherheits- und IT-Sicherheits-Infrastruktur,[202] wie öffentlich verfügbarer Schlüsselserver, wünschenswert. Wie einzelne Beispiele bereits zeigen, kann zur Nutzung dieser Systeme auch durch technische Richtlinien motiviert werden.[203]

ÖKONOMISCHES UMFELD

Die positive Marktentwicklung, die sich in fast allen untersuchten Technologiefeldern gezeigt hat, sollte genutzt werden, um die Rahmenbedingungen für einen langfristigen digitalen Aufschwung sicherzustellen.

Digitale Engpässe identifizieren und gezielt überwinden

Um genauer herauszufinden, welche Faktoren für die digitale Innovationskraft ausschlaggebend sind, welche Gruppen noch besonders „analog“ sind und welchen Einfluss ebendiese auf ihr jeweiliges Wertschöpfungsnetzwerk haben, sollte unter Leitung des BMWi eine strukturierte Netzwerk- und Potenzialanalyse durchgeführt werden.

Mit einer solchen kann die im Rahmen dieser Studie identifizierte Heterogenität des Digitalisierungsgrads sowohl beim Vergleich verschiedener Branchen als auch beim Vergleich der Unternehmensgröße und -kultur nachvollzogen werden. Gerade der deutsche Mittelstand wird oft gewarnt, er dürfe sich angesichts voller Auftragsbücher nicht auf dem aktuellen Erfolg ausruhen, sondern müsse auch in die eigene Modernisierung investieren.[204]

Auf Grundlage dieser Analyse können strategische und konkrete Handlungsbedarfe abgeleitet werden. Diese sollten in erster Linie darauf abzielen, die Knoten zu identifizieren, die aufgrund ihres eigenen Nachholbedarfs andere ausbremsen, und damit diejenigen Rückstände im Digitalisierungsgrad zu überwinden, von deren Behebung das größte gesamtwirtschaftliche Potenzial zu erwarten ist. Dieser Prozess sollte als gesonderter Aktionsplan im Rahmen der vorgeschlagenen Strategieplattform (siehe Handlungsempfehlungen „Sozialer/Gesellschaftlicher Rahmen“) gestartet werden und einhergehen mit der die Initiierung eines branchenübergreifenden Erfahrungsaustauschs zu erprobten Methoden und Best Practices für eine nachhaltige digitale Transformation.

Kompetenzaufbau für neue Geschäftsmodelle durch Ökosystem unterstützen

Um die unübersichtliche Landschaft der öffentlichen Gründungs- und Innovationsförderung zielgenauer auf den Aufbau von Ökosystemen auszurichten, sollte das BMWi eine Strategie mit konkreten Maßnahmen zur Aufhebung von horizontalen und vertikalen Doppelstrukturen[205] in der Förderung aufsetzen. Die sich derzeit im Aufbau befindenden Digital Hubs könnten ein Vehikel für eine solche Strategie darstellen, um nicht nur punktuelle Technologieförderung und Wagniskapitalaufstockung zu erzielen, sondern auch über Regionen und Bundesländer hinweg Synergien zu nutzen und dadurch Beschleunigungseffekte in der Innovationsförderung zu

erzielen. Dabei korreliert der Aufbau eines Ökosystems keineswegs mit der Höhe der staatlichen Förderung. Im Gegenteil: Die Analysen dieser Studie haben vielmehr gezeigt, dass eine sehr hohe staatliche Förderung nicht gleichbedeutend damit ist, dass ein innovatives und dynamisches Ökosystem aufgebaut und gepflegt wird.

POLITISCHER/REGULATORISCHER RAHMEN

Die Fähigkeiten des Staates, auf die Vielfältigkeit einer technologischen Entwicklung (z. B. auf die verwendeten Programmiersprachen) Einfluss zu nehmen, sind begrenzt. Durch das Setzen der entsprechenden Anreize kann es jedoch gelingen, die Folgen der Dominanz einzelner großer Unternehmen abzufedern.

Mit öffentlicher Förderung entwickelte Innovationen für Dritte zugänglich machen

Das gezielte Setzen von Impulsen der staatlichen Ausschreibungspraxis für mehr Zukunftsfähigkeit und Interoperabilität der zum Einsatz kommenden digitalen Lösungen kann durch die zielführende Gewichtung standardisierter und transparenter Schnittstellen erreicht werden. Die Verpflichtung zur Veröffentlichung der in öffentlich geförderten Projekten erhobenen Daten, Ergebnisse und Erkenntnisse ermöglicht es Dritten, eigene Geschäftsmodelle zu erproben.

Die Forderung nach Öffnung der Ausschreibungsergebnisse gilt gleichermaßen für die öffentliche Beschaffung wie für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, für die auch bereits in der Antrags- und Begutachtungsphase Anreize für die Verwendung und Weiterentwicklung von Standards gesetzt werden sollten, um eine Anschlussverwertung und Wiederverwendbarkeit in anderen Projekten zu vereinfachen.

Für eine Plattformsouveränität auch Alternativen zu Regulierungsvorhaben ausloten

Neben der Regulierung, die in Hinblick auf den souveränen Umgang mit großen Plattformanbietern z. B. durch die Sicherstellung von umfassendem Datenschutz und Wettbewerb eine zentrale Rolle einnehmen wird, sollten in stärkerem Maße die Ursachen für

die schwache Ausprägung der Plattformökonomie in Deutschland untersucht und nachvollzogen werden. Regulierung – und die dadurch notwendige Überprüfung der Einhaltung der Regeln – kann sinnvoll nur auf EU-Ebene stattfinden und ist in einem globalen Wettbewerb sehr aufwändig. Neben der Tatsache, dass Gesetzgebungsverfahren in einem sich ständig ändernden Umfeld immer der technologischen Entwicklung hinterherhinken, birgt übermäßige Regulierung die Gefahr, das eigene Innovationsklima zu schädigen.

Für die Abwägung der Notwendigkeit und sinnvollen Ausgestaltung einzelner Regulierungsvorhaben bedarf es einer europäische Digitalstrategie. Wichtige Impulse setzen hier beispielsweise die EU-Strategie für einen digitalen Binnenmarkt,[206] die Digitale Agenda der Bundesregierung[207] und das „Weißbuch Digitale Plattformen".[208] Für eine konkrete Umsetzung müssen aber wiederum die Zuständigkeiten geklärt und dann entsprechend Kompetenzen aufgebaut oder verteilt werden.

Deutsche und europäische Unternehmen, die sich bisher mit der Entwicklung skalierbarer Geschäftsmodelle schwertun, könnten von einem staatlich initiierten Gütesiegel für vertrauenswürdige Dienste und Plattformen, wie es oben bereits für Privatpersonen vorgeschlagen wurde (siehe S. 45), und einer gemeinsam nutzbaren IT-Sicherheitsinfrastruktur (siehe S. 41) profitieren. Eine vertrauenswürdige Plattformökonomie für Deutschland und Europa kann durch das Zusammenspiel von sinnvoller Regulierung und ergänzender Förderung geschaffen werden. Als Vorbilder könnten hier Genossenschaftsmodelle dienen, die durch die Möglichkeiten der digitalen Vernetzung und Trends wie die Sharing Economy, Crowdfunding etc. vermehrt Aufmerksamkeit erhalten.[209]

Die öffentliche Verwaltung als verlässlichen, modernen Partner entwickeln

Die öffentliche Verwaltung sollte ihr Potenzial, ein moderner Partner für die digitale Transformation zu werden, durch einen konsequenteren Ausbau von E-Government-Fähigkeiten besser als bisher ausschöpfen.[210] Dieser kann beispielsweise dadurch beschleunigt werden, dass Bürgern und Unternehmen die entsprechenden Anreize gegeben werden, digitale Leistungen zu nutzen, z. B. indem Kostenersparnisse, die für den Staat entstehen, zumindest teilweise an die Bürger weitergegeben werden (durch schnellere Bearbei-

tungszeiten, geringere Gebühren etc.).[211] Der verstärkte Umgang mit digitalen Technologien würde auf Verwaltungsseite nicht nur die Anwenderkompetenz und somit das Verständnis in Bezug auf sich ergebende Möglichkeiten erhöhen. Auch aktuelle bürokratische Prozesse, die von Start-ups nach wie vor häufig als bedeutende Hürde bei der Unternehmensgründung angesehen werden,[212] könnten dadurch abgebaut werden.[213] Verlässliche (europäische) Standards sowie Rechtssicherheit bei der elektronischen Rechnungsstellung und -übermittlung würden zudem auch in den Unternehmen zu einem verstärkten Kompetenzaufbau führen.[214]

INNOVATIONSUMFELD

Die Innovationsfähigkeit eines Standorts ist nicht nur eine Funktion der verfügbaren Menge an Kapital oder Förderungssummen, sondern auch ein Resultat der Standards, die gesetzt und auf deren Grundlage Produkte und Dienste entwickelt und exportiert werden können.

Strenge Regeln als Chance für Innovationen begreifen

Die deutsche Fokussierung auf die Gestaltung und Umsetzung strenger Datenschutzrichtlinien wird von einigen Akteuren als innovationshemmend empfunden.[215] Am Beispiel des deutschen Rechenzentrumsmarkts zeigt sich jedoch, dass verbindliche und verlässliche Regelwerke, wie der deutsche und der europäische Datenschutz, auch starke Innovationstreiber sein können. Daher ist eine mehr auf die positiven Seiten hoher Standards ausgerichtete Kommunikation erforderlich.

Am Beispiel des Datenschutzes könnte so herausgestellt werden, dass die Gestaltung verbindlicher Standards auch die Positionierung des Standorts im Ausland verbessert und durch gesteigertes Vertrauen von Anwenderinnen und Anwendern die Nachfrage nach deutschen Produkten und Lösungen steigen kann.

In Hinblick auf maschinelles Lernen ergibt sich hier für das von Zuverlässigkeits- und Qualitätsanforderungen geprägte industrielle Umfeld in Deutschland eine ähnliche Herausforderung: Der enge Rahmen, den spezielle Anforderungen beispielsweise hinsichtlich

der Nachvollziehbarkeit definieren, wird oft als innovationshemmend empfunden und führt zu geringeren Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen. Unternehmen und Forschungseinrichtungen sollten diese speziellen Anforderungen – flankiert von den dafür zuständigen Ministerien – als Chance zur Entwicklung entsprechender Speziallösungen begreifen und so schnell eine Nische besetzen, die in ihrer Bedeutung noch stark zunehmen wird.

In der IKT-Forschung auch Methodenentwicklung fördern

Öffentliche Forschungsförderung im Bereich der Informationstechnologie muss auf zwei Säulen aufbauen: Auf der einen Seite sind die anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung wichtig, um schnell zu praktikablen Lösungsansätzen zu kommen. Als zweites Standbein sollte aber auch eine anwendungsunabhängige Methodenentwicklung innerhalb der IKT-Forschung die langfristige Innovationsfähigkeit des Standorts sichern.

Die Entwicklung und der Einsatz besserer Prozesse, Methoden und Werkzeuge erlauben Anbietern und Anwendern von digitalen Lösungen und Systemen unterschiedlicher Komplexität Software und Hardware kollaborativ zu entwickeln und ausreichend abzusichern. Ein systematisches Release- und Konfigurationsmanagement ermöglicht es dann, weltweit kundenindividuelle Lösungen anzubieten, zu betreiben und zu warten.

Ergänzende Konzepte zur Gründungs- und Innovationsförderung testen

Der „Produktisierung“ neuer Technologien aus Forschungsprojekten oder Start-ups heraus stehen – insbesondere im Hardware-Bereich – hohe Markteintrittsbarrieren in Form von Investitionskosten und unzureichender Einkaufsmacht entgegen. Auch das üblicherweise fehlende Kundenvertrauen gegenüber jungen und kleinen Unternehmen führt zu Zurückhaltung bei der Kaufentscheidung, beispielsweise weil potenzielle Kunden oftmals in Zweifel ziehen, dass das jeweilige Start-up eventuelle Garantie- oder Supportleistungen tatsächlich erbringen kann. Ergänzend zur klassischen Innovations- und Gründungsförderung sowie zu einer unabdingbaren Sicherung der Netzneutralität sollten also neue Konzepte getestet werden. Hierzu könnten öffentlich geförderte Einkaufsverbünde und -plattformen, aber auch die staatliche Übernahme von Bürgschaften gegenüber potenziellen Kunden zählen.

KOMPETENZENTWICKLUNG

Die Anpassung der Bildungslandschaft an technologische Entwicklungen und neu entstehende Arbeitsanforderungen gehört zu den zentralen Herausforderungen eines Bildungssystems.

Digitale Technologien als Querschnitts- und Methodenkompetenz begreifen

Aufgrund der hohen Dynamik digitaler Entwicklungen reicht es nicht aus, Menschen einmalig im Umgang mit einzelnen Technologien zu schulen und sie dann als „ausgelernt“ anzusehen. Vielmehr sollte die Ausbildung darauf abzielen, Personen zu befähigen, sich Fertigkeiten bei der Entwicklung und dem Einsatz neuer Technologien auch selbst anzueignen. Viele heutige Entwicklerinnen und Entwickler sehen sich als Autodidakten an und haben nicht notwendigerweise eine klassische Informatikausbildung durchlaufen.

Für die Schulbildung heißt das, dass Informatik nicht als einzelnes Schulfach eingeführt werden muss, sondern vielmehr darauf geachtet werden sollte, das Wissen über Informatik als „Werkzeugkasten“ für verschiedene Anwendungsbereiche zu unterrichten – so, wie dies in der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ bereits für den Bereich von der Schule bis zur Hochschule als Ziel formuliert ist.[216]

Technologisch gestützten Dialogprozess etablieren, um Ausbildungsberufe kontinuierlich anzupassen

Es gibt bereits heute Berufsbilder, die sich in den letzten Jahren verändert haben. Als Beispiel sei hier die sich wandelnde Rolle von IT-Administratoren als Folge von Cloud- und Outsourcing-Trends erwähnt. Gemeinsam mit den Kammern sollten nicht nur für IT-, sondern für alle Berufe ergänzende Anforderungen im Kompetenzprofil verankert werden, um darauf aufbauend gemeinsam mit Ausbildungs- und Anwenderbetrieben sowie den Bildungsträgern neue Aus- und Weiterbildungsangebote zu entwickeln. Diese Anforderungen erstrecken sich von dem Thema „IT-Sicherheit“, das selbst in den IT-Ausbildungsberufen nach wie vor zu wenig Beachtung findet,[217] bis hin zur Medienkompetenz oder zum Netzwerkverständnis. In diesem Zusammenhang sollte ein Monitor eingerichtet werden, der – möglicherweise unter Verwendung von Machine-

Learning-Technologien – kontinuierlich erhebt, welche Auswirkungen digitale Entwicklungen auf die über 300 in Deutschland anerkannten Ausbildungsberufe haben.

SOZIALER/GESELLSCHAFTLICHER RAHMEN

Die gesellschaftliche Dimension umfasst die einzelnen Bürgerinnen und Bürger in ihren verschiedenen Rollen etwa als Arbeitnehmer oder Kunde und darüber hinaus auch die Beziehungen, die zwischen Kunden und Unternehmen sowie zwischen Bürgern und öffentlicher Verwaltung bestehen. Bei den hier vorgestellten Handlungsempfehlungen geht es vor allem darum, bestehende Informationsdefizite zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren. Sie zahlen also unmittelbar auf Faktoren wie „Akzeptanz“ und „Vertrauen“, aber auch „öffentliche Wahrnehmung“ und „öffentliches Bewusstsein“ ein.

Vertrauenswürdige und benutzerfreundliche Gütesiegel initiieren Transparenz ist eine Voraussetzung dafür, dass Verbraucherinnen und Verbraucher dazu befähigt werden, bewusste Entscheidungen zu treffen. Indem der Staat Vertrauensanker setzt, nimmt er positiv Einfluss auf gesellschaftliche Debatten zu technologiespezifischen Themen.

Hierfür sollte er, beispielsweise vertreten durch das BSI oder eine andere geeignete Stelle, die Einführung von Gütesiegeln und Zertifikaten (vgl. „Datenschutzampel/Hühnerei-Stempel/TÜV-Plakette“) für digitale Dienste initiieren, im Rahmen derer Anbieter digitaler Dienste dazu angehalten werden, ihre Angebote bzw. die Implikationen der Nutzung ihrer Angebote in einer für alle Nutzer verständlichen Sprache darzustellen. Konkret sollte zu diesem Zweck ein Katalog standardisierter Textblöcke und zugehöriger Symbolik[218] es Unternehmen erleichtern, ihre Einwilligungsprozesse für Datenschutzerklärungen und allgemeine Geschäftsbedingungen kundenfreundlicher zu gestalten. Kunden können dann bei Bedarf gezielt einzelnen Nutzungen widersprechen oder auch explizit zustimmen.

Eine solche Transparenz führt erstens dazu, dass Nutzerinnen und Nutzer dieser Dienste informierte Entscheidungen treffen und deut-

lich selbstbestimmter handeln können, als es bisher der Fall war. Berührungsängste werden abgebaut und Unternehmen wird über die freiwillige Teilnahme ein Anreiz gegeben, sich selbst als verantwortungsvoll im Umgang mit dem Vertrauen ihrer Kunden zu positionieren. Zweitens wird damit die Entwicklung von technischen und industriespezifischen Quasistandards vorangetrieben. Diese können dabei behilflich sein, Deutschland als vertrauenswürdigen Entwicklungs- und Produktionsstandort für digitale Dienste zu etablieren, und ermöglichen es deutschen Unternehmen, ihre Lösungen weltweit unter erprobten Standards anzubieten. Im besten Fall erfolgt diese Initiative auf europäischer Ebene, um eine Harmonisierung der Rahmenbedingungen herbeizuführen.

Die nächste Ausbaustufe einer solchen freiwilligen Einigung auf verständliche Vertragsgestaltung könnte eine externe Datenschutz-Zertifizierung der Anbieter digitaler Dienste sein, wie sie im Geschäftskundenbereich mit dem Label „Trusted Cloud“ bereits eingeführt wurde. Dazu müssten die informationsverarbeitenden Prozesse des jeweiligen Unternehmens im Detail untersucht und anhand zu definierender Kriterien bewertet sowie zertifiziert werden.

Gemeinsame Strategieplattform öffentlicher und privater Akteure ins Leben rufen

Aufgrund der vielfältigen Interessenlagen innerhalb der Gesellschaft sowie innerhalb der Digitalwirtschaft sollte seitens des BMWi ein Multi-Stakeholder-Prozess initiiert werden. In diesem Zusammenhang sollte zudem eine gemeinsame Strategieplattform aufgebaut werden, die darauf hinarbeitet, auch die im Rahmen dieser Studie herausgearbeiteten Herausforderungen zu adressieren und zu überwinden.

Diese Funktion kann dadurch sichergestellt werden, dass ein „Index Digitale Souveränität“ entwickelt wird, um anhand klar definierter Messgrößen einen nachvollziehbaren Stand der digitalen Souveränität auf einen Reifegrad abzubilden. Ausgehend von einem solchen kontinuierlich angepassten „Souveränitätsbarometer“ können seitens der Strategieplattform Handlungsbedarfe und -impulse abgeleitet und beispielsweise in jährlichem Turnus an das BMWi übermittelt werden.

5. FAZIT UND AUSBLICK

Die vorliegende Studie zeigt, dass sich die digitale Souveränität Deutschlands insgesamt auf einem akzeptablen Niveau befindet. In einzelnen Anwendungsbereichen wie dem E-Government und bei speziellen technologischen Entwicklungen wie dem maschinellen Lernen besteht zwar Aufholbedarf gegenüber ausländischen Konkurrenten, aber dieser wurde erkannt und es wurden zwischenzeitlich erste Maßnahmen eingeleitet, um bestehende Defizite zu überwinden.

Wichtig ist es folglich, in den komplexen Anforderungskonstrukten, die die Digitalisierung mit sich bringt, nicht den Fokus zu verlieren und sich von kurzfristigen Trends und übersteigerten Sorgen nicht zu kurzfristigen, überstürzten Maßnahmen hinreißen zu lassen. Die mittel- bis langfristige Bündelung einzelner, idealerweise mit europäischen Partnern abgestimmter Maßnahmen für eine höhere Effizienz und Übersichtlichkeit, insbesondere im Bereich der Mittelstands- und Start-up-Förderung, ist hierfür unerlässlich.

Wer statt auf eigene Insellösungen auf möglichst offene Schnittstellen, transparente Datenverwendung und den unvoreingenommenen Austausch zwischen den beteiligten Akteuren setzt, baut damit ein stabiles, vertrauenswürdiges Ökosystem auf, das wiederum eine Basis für neue Innovationen sein kann.

Die Aus- und Weiterbildungssysteme in Deutschland sind im Großen und Ganzen in der Lage, einen teilweise bereits bestehenden ernsten Fachkräftemangel in der IKT abzuwenden. Nicht nur wegen der demografischen Entwicklung, sondern auch um in den Teams weiter kreativ und innovativ zu bleiben, ist besonders auf die Diversität der Fachkräfte der Zukunft zu achten. Hier besteht nach wie vor ein großes kaum genutztes Potenzial.

Die im Rahmen dieser Studie entwickelten Bausteine und Artefakte wie das Kriterienset zur Bewertung von Technologien hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität, die sieben Technologiefelder, aber vor allem der „Kompass Digitale Souveränität“ bieten die Möglichkeit, die Erkenntnisse dieser Studie mit den betroffenen gesellschaftlichen Gruppen und den gestalterisch erforderlichen Akteuren systematisch zu diskutieren sowie abgestimmte Maßnahmen schrittweise umzusetzen.

FUSSNOTEN

1 Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1 2015.
2 Aufbauend auf den Forderungen des „Leitplanken"-Positionspapiers (Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1 2015).
3 Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1 2015.
4 European e-Competence Framework 2016.
5 ISO/IEC 1994.
6 Pfeiffer et al. 1991.
7 Vgl. Tyll 1989.
8 S. o. (Tyll 1989).
9 Vgl. Venzin et al. 2010.
10 Vgl. Venzin et al. 2010.
11 OECD 2001.
12 Vgl. Europäische Kommission 2015a.
13 Theobald 2016.
14 MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik, vgl. Kultusministerkonferenz (KMK) 2009.
15 OECD 2017.
16 (Wissenschaftsstatistik GmbH & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2015)
17 Cornell University et al. 2016.
18 Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1 2015.
19 Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1 2015.
20 ManpowerGroup 2015.
21 Europäische Kommission 2016.
22 Bundesagentur für Arbeit 2016b.
23 Bitkom 2016c.
24 Ebd. (Bitkom 2016c).
25 Stack Overflow 2016.
26 Bundesagentur für Arbeit 2016b.
27 Bundesagentur für Arbeit 2016b im Vergleich mit National Center for Education Statistics (NCES) 2015.
28 ECD 2017
29 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) 2015.
30 Bundesinstitut für Berufsbildung 2016.
31 Eickelmann et al. 2014.
32 Bundesagentur für Arbeit 2016a.
33 Z. B. Demmer 2014.
34 Kultusministerkonferenz (KMK) 2015.
35 Stack Overflow 2016.
36 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016a.
37 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016a.
38 Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und McKinsey & Company 2016.
39 Z. B. Der Tagesspiegel 2016.
40 Eickelmann et al. 2014.
41 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.
42 KPMG 2014, Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.
43 Accenture 2015a.
44 Accenture 2014 bzw. IDC 2012.
45 Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2015.
46 CRN & Rekowski 2017.
47 United States Department of Commerce 2016a.
48 Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2015.
49 Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit & Bitkom 2014.
50 ([Kompetenzen für eine digitale Souveränität] 2017b); (Bitkom 2015a)

51 (Germany Trade and Invest (GTAI) 2015)
52 (BASF 2015)
53 (Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2017)
54 (Bitkom 2017)
55 (International Federation of Robotics (IFR) 2016), (Capgemini Consulting 2016), ([Kompetenzen für eine digitale Souveränität] 2017b)
56 (AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e.V 2015)
57 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c)
58 (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) 2017)
59 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c)
60 Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) 2017), Statista 2016b mit Bezug auf Bitkom 2017 und Statistisches Bundesamt 2013.
61 Siehe z. B. Arthur D. Little 2009, McKinsey & Company 2016, Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) 2016.
62 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c.
63 KPMG & Bundesverband Deutsche Startups (BVDS) 2016.
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c.
64 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c.
65 Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) 2015.
66 Arthur D. Little 2009.
67 McKinsey & Company 2016.
68 Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) 2016.
69 Accenture 2014.
70 Germany Trade and Invest (GTAI) 2017.
71 Accenture 2015a.
72 Germany Trade and Invest (GTAI) 2017.
73 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017a.
74 Institut für Mittelstandsforschung (IfM) 2016.
75 Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) 2016.
76 McKinsey Global Institute 2016.
77 Germany Trade and Invest (GTAI) 2017, EY 2016.
78 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017a.
79 Truffle Capital 2015.
80 PwC 2016.
81 Statista 2017b.
82 United States Executive Office of the President 2016.
83 Wissenschaftsstatistik GmbH & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2015.
84 Truffle Capital 2015.
85 KPMG & Bundesverband Deutsche Startups (BVDS) 2016.
86 Tech.eu 2016.
87 Compass 2015, Startup Genome 2017.
88 KPMG & Bundesverband Deutsche Startups (BVDS) 2016, Forbes & Guerrini 2016.
89 Tech.eu 2016.
90 Tech.eu 2016.
91 Internet Economy Foundation (IEF) & Roland Berger 2016.
92 (German Startups Association 2016)
93 (Accenture 2017a)
94 Statista 2016a.
95 Deutscher Industrieverband für optische et al. 2013.
96 Handelsblatt 2015.
97 Accenture 2015a, Bogue 2013.
98 Solid State Technology & Boustany 2015.
99 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017a.

100 Statista 2017a.
101 The Boston Consulting Group 2016.
102 Handelsblatt 2015.
103 Statista 2016a.
104 Accenture 2016b.
105 Bundesverband IT-Sicherheit e. V. (TeleTrusT) 2014.
106 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) 2016a.
107 Crisp Research et al. 2016.
108 Pagemill Partners 2016.
109 Bitkom 2016a.
110 A. T. Kearney 2016, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) 2016a.
111 Strategy& & PwC 2014.
112 Fraunhofer IIS 2017.
113 Deloitte 2017.
114 World Economic Forum (WEF) 2016., Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) 2016a., Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) et al. 2016.
115 Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2017.
116 Indeed 2016a, Indeed 2016b.
117 Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) 2016b.
118 KPMG & Bitkom Research 2016b.
119 Crisp Research et al. 2016, KPMG & Bitkom Research 2016b.
120 eBusiness-Lotse Schwaben 2014, Capgemini 2016.
121 IDC 2014.
122 Freeform Dynamics 2015.
123 Data Center Insider & Ostler 2016.
124 KPMG & Bitkom Research 2016a.
125 Experton Group 2016, zitiert nach Computerwoche und Vaske 2016.
126 KPMG & Bitkom Research 2017.
127 Ebd. (KPMG & Bitkom Research 2017).
128 United States Department of Commerce 2016a, United States Department of Commerce 2016b.
129 Die Zeit & Hamann 2015.
130 Gartner 2017.
131 Germany Trade and Invest (GTAI) 2017.
132 eurostat 2017.
133 Accenture 2015b.
134 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017a.
135 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2016a.
136 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2016b.
137 netzoekonom.de & Schmidt 2017.
138 Accenture 2017d.
139 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016b, bzw. Statista & Yahoo Finance 2016 und Statistisches Bundesamt 2017.
140 Bitkom 2016a.
141 Accenture 2017e.
142 Bitkom Research 2017.
143 Accenture 2016a.
144 Accenture 2017b.
145 Deloitte University Press 2016.
146 Accenture 2017d.
147 Crisp Research et al. 2016, McKinsey Digital 2017.
148 Mieschke Hofmann und Partner (MHP) 2015.
149 Accenture 2017e.
150 Crisp Research et al. 2016.

151 Sopra Steria 2017.
152 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.
153 Accenture 2017e.
154 Broy et al. 2012.
155 Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) 2015.
156 Lünendonk 2015.
157 Accenture 2016e.
158 Lünendonk 2015.
159 Research Lab for Digital Business an der Hochschule Reutlingen und T-Systems Multimedia Solutions 2015.
160 Mieschke Hofmann und Partner (MHP) 2015.
161 Lünendonk 2015.
162 Lünendonk 2015.
163 Mieschke Hofmann und Partner (MHP) 2015.
164 Waidner & SIT Technical Reports 2015.
165 Waidner & SIT Technical Reports 2015.
166 Accenture 2016c.
167 Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet (DIVSI) 2015.
168 Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet (DIVSI) 2015.
169 Accenture 2017c.
170 Siehe dazu: Recht auf informationelle Selbstbestimmung Art. 2 Abs. 1 in Verbindung mit Art. 1 Abs. 1 GG.
171 stern.de und Wetschera 2015 sowie The Atlantic & Madrigal 2012.
172 Denial of Service, Angriffe durch gezielte Überlastung der Systeme.
173 Neugebauer et al. 2014.
174 Bitkom 2015b sowie Bitkom 2016b.
175 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014.
176 Computerwoche und Schonschek 2014.
177 Fraunhofer IIS 2017.
178 manage it 2017.
179 KPMG 2014a.
180 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017a.
181 Accenture 2016d.
182 Cybersecurity Ventures 2017.
183 Bitkom 2015b.
184 Bitkom 2015b.
185 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2016b.
186 Accenture 2016e.
187 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2016b.
188 Neugebauer et al. 2014.
189 Bundesdruckerei 2016 und Deutschland sicher im Netz (DsiN) 2014.
190 Accenture 2016e.
191 Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2015.
192 Fein 2012.
193 IDC Central Europe 2016.
194 Stack Overflow 2016.
195 Internet Economy Foundation (IEF) und Roland Berger 2016.
196 Institut für Mittelstandsforschung (IfM) 2016.
197 Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit 2017.
198 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.
199 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.
200 Initiative Intelligente Vernetzung und Roland Berger 2016.
201 Vgl. auch Anhang A 3.

202 Waidner et al. 2017.

203 Vgl. Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) 2016, Einschätzung zur Technischen Richtlinie „Secure E-Mail Transport (BSI TR-03108)".

204 Kompetenzen für eine digitale Souveränität 2017b.

205 Z. B. Digital-Hub-Initiativen, die sowohl durch den Bund als auch durch einzelne Länder oder Regionen gestartet werden und nicht oder nur unzureichend aufeinander abgestimmt sind.

206 Europäische Kommission 2015b.

207 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) et al. 2014.

208 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2017.

209 Vgl. z. B. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) et al. n. d., Europäische Kommission 2015b.

210 Europäische Kommission 2016

211 Nationaler Normenkontrollrat 2016, McKinsey & Company 2015.

212 KPMG und Bundesverband Deutsche Startups (BVDS) 2016.

213 Internet Economy Foundation (IEF) und Roland Berger 2017.

214 ibi research an der Universität Regensburg GmbH 2015.

215 Vgl. z. B. Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw) 2016.

216 Kultusministerkonferenz (KMK) 2015.

217 Bundesinstitut für Berufsbildung 2016.

218 Vgl. Mehldau 2007.

ANHANG

Direkte Links zu einzelnen öffentlich verfügbaren Studien sowie im Rahmen der Studie erstellte weiterführende Materialien sind auch über den Kompass: Digitale Souveränität (http://www.kompassdigitalesouveränität.de) einsehbar.

A1 LITERATURVERZEICHNIS

[Kompetenzen für eine digitale Souveränität], 2017a. Ergebnisse der Online-Umfrage Kompetenzen für eine digitale Souveränität,

[Kompetenzen für eine digitale Souveränität], 2017b. Expertenworkshop „Kompetenzen für eine digitale Souveränität".

A. T. Kearney, 2016. The Internet of Things: A New Path to European Prosperity, Available at: http://www.atkearney.de/documents/10192/7125406/The+Internet+of+Things-A+New+Path+to+European+Prosperity.pdf.

Accenture, 2017a. Deutschlands Top500, Available at: https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/de-de/Transcripts/PDF/Accenture_Top500_2017_DE.pdf.

Accenture, 2017b. Digitalisierungsstrategien der deutschen Top500, Available at: https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Local/de-de/PDF_3/Accenture-Deutschlands-Top500.pdf.

Accenture, 2017c. Dynamic Digital Consumers, Available at: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-39/Accenture-PoV-Dynamic-Consumers.pdf.

Accenture, 2016a. Five Ways to Win with Digital Platforms, Available at: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-29/Accenture-Five-Ways-To-Win-With-Digital-Platforms-Full-Report.pdf.

Accenture, 2016b. Igniting Growth in Consumer Technology, Available at: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-3/Accenture-Igniting-Growth-in-Consumer-Technology.pdf.

Accenture, 2016c. Personalization Pulse Check 2016, Available at: https://www.accenture.com/t20161011T222718__w__/us-en/_acnmedia/PDF-34/Accenture-Pulse-Check-Dive-Key-Findings-Personalized-Experiences.pdf.

Accenture, 2014. Technology Vision 2014, Available at: https://www.accenture.com/us-en/it-technology-trends-2014.

Accenture, 2015a. Technology Vision 2015, Available at: https://www.accenture.com/us-en/insight-technology-vision-2015.

Accenture, 2016d. Technology Vision 2016, Available at: https://www.accenture.com/de-de/insight-technology-trends-2016.

Accenture, 2016e. Technology Vision 2016 Survey.

Accenture, 2017d. Technology Vision 2017, Available at: https://www.accenture.com/t20170321T032507__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/next-gen-4/tech-vision-2017/pdf/Accenture-TV17-Full.pdf.

Accenture, 2017e. Technology Vision 2017 Survey.

Accenture, 2015b. The Future of Applications - An Accenture Technology Point of View. , pp.1–19. Available at: https://www.accenture.com/t20160414T045332__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Dualpub_12/Accenture-Future-of-Applications-POV-Final-2015.pdf.

AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e. V., 2015. Sensorik und Messtechnik erwirtschaftet solides Gesamtergebnis 2015. Available at: http://www.ama-sensorik.de/verband/brancheninformationen/branchenstatistik-2015/.

Arthur D. Little, 2009. Zukunft der Mobilität 2020: Die Automobilindustrie im Umbruch, Available at: http://www.adlittle.de/uploads/tx_extthoughtleadership/ADL_Zukunft_der_Mobilitaet_2020_Langfassung.pdf.

BASF, 2015. BASF beauftragt Hewlett Packard Enterprise mit Betrieb ihrer Rechenzentren. Wirtschaftspresse. Available at: https://www.basf.com/de/company/news-and-media/news-releases/2015/12/p-15-421.html.

Bitkom, 2017. Außenhandel ITK-Hardware und CE. Available at: https://www.bitkom.org/Marktdaten/ITK-Konjunktur/Aussenhandel-2.html.

Bitkom, 2016a. Digitale Plattformen sind vielen Top-Managern kein Begriff. Available at: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitale-Plattformen-sind-vielen-Top-Managern-kein-Begriff.html.

Bitkom, 2015a. Leitfaden Energieeffizienz in Rechenzentren, Available at: https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/LF-Energieeffizienz-in-Rechenzentren/150911-LF-Energieeffizienz-in-RZ.pdf.

Bitkom, 2016b. Spezialstudie Wirtschaftsschutz, Available at: https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2016/Studien/Spezialstudie-Wirtschaftsschutz/Spezialstudie-Wirtschaftsschutz-160119.pdf.

Bitkom, 2015b. Spionage, Sabotage und Datendiebstahl – Wirtschaftsschutz im digitalen Zeitalter, Available at: https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Studien/Studienbericht-Wirtschaftsschutz/150709-Studienbericht-Wirtschaftsschutz.pdf.

Bitkom, 2016c. Studienbericht Der Arbeitsmarkt für IT-Fachkräfte, Available at: https://www.bitkom.org/Presse/Pressegrafik/2016/November/Bitkom-Charts-IT-Fachkraefte-14-11-2016-final.pdf.

Bitkom Research, 2017. Plattformökonomie: Repräsentative Unternehmensbefragung (Ergebnisse z.T. veröffentlicht). Available at: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Deutsche-Unternehmen-ignorieren-Plattform-Oekonomie.html.

Bogue, R., 2013. Recent developments in MEMS sensors: a review of applications, markets and technologies. Sensor Review, 33(4), pp.300–304. Available at: http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/SR-05-2013-678.

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2015. Deutliches Wachstum bei deutschen Rechenzentren – Update 2015, Berlin. Available at: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2015/01/Borderstep_Rechenzentren_2015_Stand_16_12_2015.pdf.

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, 2017. Trotz verbesserter Energieeffizienz steigt der Energiebedarf der deutschen Rechenzentren im Jahr 2016, Berlin. Available at: https://www.borderstep.de/wp-content/uploads/2017/03/Borderstep_Rechenzentren_2016.pdf.

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit & Bitkom, 2014. Rechenzentren in Deutschland: Eine Studie zur Darstellung der wirtschaftlichen Bedeutung und der Wettbewerbssituation, Berlin. Available at: https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2014/Studien/Studie-zu-Rechenzentren-in-Deutschland-Wirtschaftliche-Bedeutung-und-Wettbewerbssituation/Borderstep-Institut-Studie-Rechenzentren-in-Deutschland-05-05-20141.pdf.

Broy, M., Cengarle, M.V. & Geisberger, E., 2012. Cyber-Physical Systems: Imminent Challenges. In R. Calinescu & D. Garlan, eds. Large-Scale Complex IT Systems. Development, Operation and Management: 17th Monterey Workshop 2012, Oxford, UK, March 19-21, 2012, Revised Selected Papers. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–28. Available at: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-34059-8_1.

Bundesagentur für Arbeit, 2016a. Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung. Blickpunkt Arbeitsmarkt – Fachkräfteengpassanalyse, Available at: https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Fachkraeftebedarf-Stellen/Fachkraefte/BA-FK-Engpassanalyse-2016-12.pdf.

Bundesagentur für Arbeit, 2016b. Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung. Der Arbeitsmarkt für IT-Fachleute, Nürnberg. Available at: https://statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Akademiker/generische-Publikationen/Broschuere-Informatik-2015.pdf.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2016a. Cloud-Zertifizierung. Available at: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/CloudZertifizierung/CloudZertifizierung_node.html.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2016b. Erstes Testat nach Cloud-Anforderungen des BSI an Amazon Web Services. Available at: https://www.bsi.bund.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Presse2016/Erstes_Testat_nach_Cloud-Anforderungen_12122016.html.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), 2016. Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2016, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Lageberichte/Lagebericht2016.pdf

Bundesdruckerei, 2016. IT-Sicherheit im Rahmen der Digitalisierung, Available at: https://www.bundesdruckerei.de/de/studie-it-sicherheit.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) et al., Kreativ aus der Krise (Vorstudie), Available at: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2015/KreativKrise/PDF_Vorstudie.pdf.

Bundesinstitut für Berufsbildung, 2016. Voruntersuchung IT-Berufe – Abschlussbericht, Teil A, Bonn. Available at: https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/eb_42497.pdf.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2017. ZukunftsMonitor IV : Wissen schaffen – Denken und Arbeiten in der Welt von morgen, Available at: https://www.zukunft-verstehen.de/application/files/1814/9070/7629/ZF_IV_ZukunftsMonitor_Ergebnisse_Barrierefrei.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2014. Der IT-Sicherheitsmarkt in Deutschland, Available at: http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/it-sicherheitsmarkt-in-deutschland.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016a. Digitale Bildung. Der Schlüssel zu einer Welt im Wandel, Available at: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-bildung-der-schluessel-zu-einer-welt-im-wandel.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016b. Grünbuch Digitale Plattformen, Available at: https://gruenbuch.de.digital/fileadmin/redaktion/BMWi/gruenbuch-digitale-plattformen.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2016c. Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2016, Available at: http://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Publikation/monitoring-report-wirtschaft-digital-2016.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2017. Weißbuch Digitale Plattformen, Available at: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/weissbuch-digitale-plattformen.pdf.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Bundesministerium des Innern (BMI) & Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2014. Digitale Agenda 2014 – 2017, Available at: http://www.bmwi.de/Redaktion/Migration/DE/Downloads/Publikationen/digitale-agenda-2014-2017.pdf.

Bundesverband IT-Sicherheit e. V. (TeleTrusT), 2014. Zukunft des Industriestandortes Deutschland: IT-Sicherheit als Qualitätsmerkmal für „Made in Germany“, Available at: https://www.teletrust.de/itsmig/informationen/.

Capgemini, 2016. Studie IT-Trends 2016 Digitalisierung ohne Innovation?, Available at: https://www.de.capgemini.com/sites/default/files/resource/pdf/capgemini-it-trends-studie-2016_0.pdf.

Capgemini Consulting, 2016. Going Big: Why Companies Need to Focus on Operational Analytics, Available at: https://www.capgemini-consulting.com/resource-file-access/resource/pdf/operations_analytics.pdf.

Compass, 2015. Global Startup Ecosystem Ranking 2015, (August).

Computerwoche & Schonschek, O., 2014. IT-Sicherheit aus Deutschland: Chancen für deutsche Security-Anbieter – computerwoche.de. Computerwoche. Available at: http://www.computerwoche.de/a/chancen-fuer-deutsche-security-anbieter,3068972,3 [Accessed March 17, 2017].

Computerwoche & Vaske, H., 2016. Führende Cloud-Anbieter in Deutschland: Der große Cloud-Computing-Check. Computerwoche. Available at: http://www.computerwoche.de/a/der-grosse-cloud-computing-check,3314540.

Cornell University, INSEAD & World Intellectual Property Organization (WIPO), 2016. The Global Innovation Index 2016, Available at: http://www.codespring.ro/wp-content/uploads/2012/11/GII-2012_Cover.pdf.

Crisp Research, The unbelievable Machine Company & Enterprise, H.P., 2016. Machine Learning im Unternehmenseinsatz, Available at: https://www.unbelievable-machine.com/downloads/studie-machine-learning.pdf.

CRN & Rekowski, E. von, 2017. Rechenzentren im Umbruch: Diese Datacenter-Trends sind 2017 wichtig. CRN. Available at: http://www.crn.de/netzwerke-storage/artikel-112383.html.

Cybersecurity Ventures, 2017. Cybersecurity 500 – meet the hot cybersecurity companies to watch in 2017. Available at: http://cybersecurityventures.com/cybersecurity-500/.

Data Center Insider & Ostler, U., 2016. Deutsche Unternehmen könnten Programmierschnittstellen besser nutzen. Available at: http://www.datacenter-insider.de/deutsche-unternehmen-koennten-programmierschnittstellen-besser-nutzen-a-528256/)/.

Deloitte, 2017. Digitale Wettbewerbsfähigkeit Wo steht der Standort Deutschland?, Available at: https://www2.deloitte.com/de/de/pages/trends/Datenland-Deutschland-Digitale-Wettbewerbsfaehigkeit-OECD-Vergleich.html.

Deloitte University Press, 2016. Tech Trends 2016 – Innovating in the digital era, Available at: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/technology/TechTrends_LOGO-PRINT_2016_safe.pdf.

Demmer, C., 2014. Deutschland fehlen IT-Experten. Süddeutsche Zeitung. Available at: http://www.sueddeutsche.de/karriere/fachkraefte-in-der-it-branche-deutschland-fehlen-it-experten-1.1908381.

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), 2016a. Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion, München. Available at: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_IMPULS_Mensch-Maschine-Interaktion_WEB.pdf.

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), 2016b. Kompetenzen für Industrie 4.0 – Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze, pp. 1–52. Available at: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/161202_POS_Kompetenz_Industrie40_Web.pdf.

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), 2015. MINT Nachwuchsbarometer. Fokusthema: Berufliche Ausbildung, pp. 1–90. Available at: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Kooperationspublikationen/MINT-Nachwuchsbarometer-2015-Broschuere-finale-Fassung-Webversion.pdf.

Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) & Institut für Arbeitsmarkt und Berufsforschung (IAB), 2016. Tätigkeitswandel und Weiterbildungsbedarf in der digitalen Transformation,

Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische T. e. V. (SPECTARIS) et al., 2013. Branchenreport Photonik 2013, Available at: http://www.photonikforschung.de/fileadmin/MEDIENDATENBANK/SERVICE/Publikationen/Photonik-Branchenreport-2013_A4-Druck.pdf.

Deutsches Institut für Vertrauen und Sicherheit im Internet (DIVSI), 2015. Allgemeine Geschäftsbedingungen (AGB) von Kommunikationsdienstleistern., Available at: https://www.divsi.de/publikationen/studien/divsi-umfrage-gehen-internet-nutzer-deutschland-mit-agb-und-datenschutzbedingungen-um/hintergrund-und-zielsetzung-der-umfrage/.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), 2015. Wachstum durch Forschung und Entwicklung, Berlin. Available at: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.512853.de/15-35.pdf.

Deutschland sicher im Netz (DsiN), 2014. DsiN Sicherheitsmonitor Mittelstand 2014, Available at: https://www.sicher-im-netz.de/sites/default/files/media/dsin_sicherheitsmonitor_2014_web.pdf.

Die Zeit & Hamann, G., 2015. Amazon wird zum globalen Speicher für geistiges Eigentum. Wo führt das hin? Ein Gespräch mit Technik-Vorstand Werner Vogels. Zeit online. Available at: http://www.zeit.de/2015/05/amazon-speicherplatz-technik-vorstand-werner-vorgels.

eBusiness-Lotse Schwaben, 2014. Leitfaden Cloud-Computing als Chance für Unternehmen. Available at: http://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF/cloud-computing.

Eickelmann, B. et al., 2014. ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich, Available at: https://www.waxmann.com/fileadmin/media/zusatztexte/ICILS_2013_Berichtsband.pdf.

Europäische Kommission, 2015a. DESI 2017 Digital Economy and Society Index Methodological note. Available at: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-economy-and-society-index-desi-2017.

Europäische Kommission, 2016. European Digital Progress Report (EDPR), Available at: http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=15398.

Europäische Kommission, 2015b. Strategie für einen digitalen Binnenmarkt für Europa, Available at: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1447773803386&uri=CELEXProzent3A52015DC0192.

European e-Competence Framework, 2016. Ein gemeinsamer europäischer Rahmen für IKT Fach- und Führungskräfte in allen Branchen. Available at: http://www.ecompetences.eu/de/ [Accessed January 31, 2017].

eurostat, 2017. Cloud computing services. Available at: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=isoc_cicce_use [Accessed March 10, 2017].

Experton Group, 2016. Cloud Vendor Benchmark 2016, Available at: http://www.experton-group.de/research/studien/cloud-vendor-benchmark-2016/overview.html.

EY, 2016. EY's Attractiveness survey: Europe 2016, Available at: http://www.ey.com/gl/en/issues/business-environment/ey-2016-european-attractiveness-survey.

Fein, C., 2012. Die Zukunft der SAP-Entwicklung. Available at: http://blog.boxedpages.net/2012/02/28/die-zukunft-der-sap-entwicklung/.

Forbes & Guerrini, F., 2016. Germany And France Plan To Set Up A 1 Billion Euro Fund For Startups. Forbes. Available at: https://www.forbes.com/sites/federicoguerrini/2016/12/19/germany-and-france-plan-to-set-up-a-1-billion-fund-for-startups/ [Accessed March 14, 2017].

Fraunhofer IIS, 2017. IoT-Bus – Der sichere Kommunikationsbus. Available at: https://www.iis.fraunhofer.de/de/ff/ener/tech/IoT-Bus.html [Accessed March 17, 2017].

Freeform Dynamics, 2015. APIs and the Digital Enterprise. Available at: http://www.freeformdynamics.com/fullarticle_subscribe.asp?aid=1870.

Gartner, 2017. Cloud Adoption Strategies Will Influence More Than 50 Percent of ITO Deals Through 2020. Available at: http://www.gartner.com/newsroom/id/3616417.

German Startups Association, 2016. European Startup Monitor, Available at: http://europeanstartupmonitor.com/fileadmin/esm_2016/report/ESM_2016.pdf.

Germany Trade and Invest (GTAI), 2015. IKT Infrastruktur: Deutschland hat bei Glasfaserkabeln Nachholbedarf. Available at: https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/Trends/Digitalisierung/Thema-Ikt-Infrastruktur/ikt-infrastruktur.html#1358794 [Accessed March 27, 2017].

Germany Trade and Invest (GTAI), 2017. The German Software Market, Available at: http://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Fact-sheets/Business-services-ict/fact-sheet-software-industry-en.pdf.

Handelsblatt, 2015. Spezial Weltmarktführer: Die 100 besten Mittelständler. Wirtschaftswoche, (5), pp. 40–49. Available at: https://download.beckhoff.com/download/press/2015/german/Wirtschaftswoche_05_2015.pdf.

ibi research an der Universität Regensburg GmbH, 2015. Elektronische Rechnungsabwicklung und Archivierung – Fakten aus der Unternehmenspraxis, Available at: http://www.elektronische-rechnungsabwicklung.de/studie2.html.

IDC, 2014. Hybrid Cloud in Deutschland 2014, Available at: http://idc.de/de/research/multi-client-projekte/hybride-cloud-in-deutschland-2014.

IDC, 2012. The Digital Universe in 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East, Available at: https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-the-digital-universe-in-2020.pdf.

IDC Central Europe, 2016. Software Defined Infrastructure in Deutschland 2016 – Agile IT-Infrastrukturen als Basis für die digitale Transformation, Available at: http://idc.de/de/research/multi-client-projekte/software-defined-infrastructure-in-deutschland-2016.

Indeed, 2016a. Arbeiten in NRW. Zwischen Tradition und Zukunft, Available at: https://de.scribd.com/document/323837173/indeed-studie-nrw-pdf.

Indeed, 2016b. Indeed Deutschland: Arbeit 4.0 – Auswirkung von Digitalisierung, Robotern und Automatisierung aus Sicht der Arbeitnehmer in Deutschland, Available at: http://www.marktmeinung-mensch.de/studien/arbeit-4-0-auswirkung-von-digitalisierung-robotern/.

Initiative Intelligente Vernetzung & Roland Berger, 2016. Internationale Best-Practice-Studie Intelligente Vernetzung, Available at: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_in_best_practice_studie_iiv_1.pdf.

Institut für Mittelstandsforschung (IfM), 2016. Digitalisierung: KMU in Deutschland sind besser als ihr Ruf. Available at: http://www.ifm-bonn.org/home/newsdetail/?tx_ifmstudies_newsdetailProzent5BnewsProzent5D=315&cHash=652e49eddb251ad1e07a8c9708d849e9.

International Federation of Robotics (IFR), 2016. Executive Summary of World Robotics 2016 Service Robots, Available at: http://www.ifr.org/fileadmin/user_upload/downloads/World_Robotics/2016/Executive_Summary_WR_Industrial_Robots_2016.pdf.

Internet Economy Foundation (IEF) und Roland Berger, 2016. Deutschland digital – Sieben Schritte in die Zukunft, Available at: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_ief_deutschland_digital_1.pdf.

Internet Economy Foundation (IEF) und Roland Berger, 2017. Digitalisierung für die Menschen – Eine Agenda für mehr Wachstum, Bildung und Chancengerechtigkeit in den G20-Staaten, Available at: https://www.ie.foundation/content/4-publications/170329-ief-policy-paper-de-g20.pdf.

ISO/IEC, 1994. ISO/IEC 7498-1:1994(en) Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model – Part 1. Available at: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:7498:-1:ed-1:v2:en [Accessed January 31, 2017].

KPMG, 2014a. IT-Sicherheit in Deutschland Handlungsempfehlungen für eine zielorientierte Umsetzung des IT-Sicherheitsgesetzes. Available at: http://bdi.eu/media/presse/publikationen/KPMG_IT-Sicherheit_in_Deutschland.pdf.

KPMG, 2014b. Survival of the smartest 2.0: Wer zögert, verliert. Verschlafen deutsche Unternehmen die digitale Revolution?, Available at: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2014/12/studie-survival-of-the-smartest-20-copy-sec-neu.pdf.

KPMG & Bitkom Research, 2016a. Cloud-Monitor 2016 – Cloud-Computing in Deutschland – Status quo und Perspektiven, Available at: https://home.kpmg.com/de/de/home/insights/2016/03/cloud-computing.html.

KPMG & Bitkom Research, 2017. Cloud Monitor 2017, Available at: https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Nutzung-von-Cloud-Computing-in-Unternehmen-boomt.html.

KPMG & Bitkom Research, 2016b. Mit Daten Werte schaffen, Available at: https://home.kpmg.com/de/de/home/themen/2016/06/mit-daten-werte-schaffen.html.

KPMG & Bundesverband Deutsche Startups (BVDS), 2016. Deutscher Startup Monitor 2016, Available at: http://deutscherstartupmonitor.de/fileadmin/dsm/dsm-16/studie_dsm_2016.pdf.

Kultusministerkonferenz (KMK), 2015. Belegungszahlen von Informatikkursen in GK und LK in Deutschland im Jahr 2014.

Kultusministerkonferenz (KMK), 2009. Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung Allgemeiner Teil, Available at: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf.

Lünendonk, 2015. Der Markt für Business Intelligence und Business Analytics in Deutschland, Available at: http://luenendonk-shop.de/Luenendonk-Studien/Luenendonk-Marktstichprobe-2015-Der-Markt-fuer-Business-Intelligence-und-Business-Analytics-in-Deutschland.html.

manage it, 2017. IoT zum Anfassen: Sensoren weltweit hochsicher angebunden. Available at: http://ap-verlag.de/iot-zum-anfassen-sensoren-weltweit-hochsicher-angebunden/31283/.

ManpowerGroup, 2015. Studie Fachkräftemangel – Deutsche Wirtschaft muss Aufträge ablehnen, Available at: https://www.manpowergroup.de/fileadmin/user_upload/2015_06_22_MPG_TalentShortageSurvey_Broschuere_Deutschland_8Seiten.pd.

McKinsey & Company, 2016. Automotive revolution – perspective towards 2030. How the convergence of disruptive technology-driven trends could transform the auto industry, Available at: https://www.mckinsey.de/files/automotive_revolution_perspective_towards_2030.pdf.

McKinsey & Company, 2015. E-Government in Deutschland–- Eine Bürgerperspektive, Available at: www.mckinsey.de/sites/mck_files/files/e-government_in_deutschland_eine_buergerperspektive.pdf.

McKinsey Digital, 2017. Smartening up with Artificial Intelligence (AI) – What's in it for Germany and its Industrial Sector?, Available at: https://www.mckinsey.de/files/170419_mckinsey_ki_final_m.pdf.

McKinsey Global Institute, 2016. Digital Europe: Pushing the Frontier, Capturing the Benefits, Available at: http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-europe-realizing-the-continents-potential.

Mehldau, M., 2007. Iconset für Datenschutzerklärungen. netzpolitik.org/. Available at: https://netzpolitik.org/2007/iconset-fuer-datenschutzerklaerungen/.

Mieschke Hofmann und Partner (MHP), 2015. BIG DATA Future – Chancen und Herausforderungen für die deutsche Industrie. Available at: https://bzi40.eu/de/publikationen/tags/datenstroeme/11-big-data-future-chancen-und-herausforderungen-fuer-die-deutsche-industrie/file.

National Center for Education Statistics (NCES), 2015. Bachelor's degrees conferred by postsecondary institutions, by field of study: Selected years, 1970-71 through 2013-14. Digest of Education Statistics. Available at: https://nces.ed.gov/programs/digest/d15/tables/dt15_322.10.asp?current=yes [Accessed February 2, 2017].

Nationaler IT-Gipfel: Fokusgruppe 1, 2015. Leitplanken Digitaler Souveränität, Available at: https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Downloads/it-gipfel-2015-leitplanken-digitaler-souveraenitaet.pdf.

Nationaler Normenkontrollrat, 2016. E-Government in Deutschland: Wie der Aufstieg gelingen kann – ein Arbeitsprogramm, Berlin. Available at: https://www.normenkontrollrat.bund.de/Webs/NKR/Content/DE/Download/2016_07_18_egovernment_gutachten_2016_analysedokument.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

netzoekonom.de & Schmidt, H., 2017. Wie deutsche Unternehmen die Plattform-Ökonomie verschlafen. Available at: https://netzoekonom.de/2017/02/10/wie-deutsche-unternehmen-die-plattform-oekonomie-verschlafen-2/.

Neugebauer, P. D.-I. R., Jarke, P. D. M. & Thoma, P. D. rer. nat. K., 2014. Strategie- und Positionspapier Cyber-Sicherheit 2020: Herausforderungen für die IT-Sicherheitsforschung. , pp. 5, 6, 8, 9.

OECD, 2017. Key Issues for Digital Transformation in the G20, Available at: https://www.oecd.org/g20/key-issues-for-digital-transformation-in-the-g20.pdf.

OECD, 2001. Understanding the Digital Divide, Paris. Available at: https://www.oecd.org/sti/1888451.pdf.

Pagemill Partners, 2016. Next-Generation User Interface Technologies for Mobile and Consumer Devices, Available at: http://www.porticusinc.com/wp-content/uploads/2016/03/Report-Next-Gen-HMI-Tech-Mar2016.pdf.

Pfeiffer, W. et al., 1991. Technologie-Portfolio zum Management strategischer Zukunftsgeschäftsfelder 6th ed., Vandenhoeck & Ruprecht.

PwC, 2016. PwC Global 100 Software Leaders, Available at: http://www.pwc.com/gx/en/technology/publications/global-software-100-leaders/assets/global-100-software-leaders-2016.pdf.

Research Lab for Digital Business an der Hochschule Reutlingen & T-Systems Multimedia Solutions, 2015. Big Data Report | Teil 1, Available at: https://www.t-systems-mms.com/fileadmin/mms_upload/04_Unternehmen/Downloads/Big_Data_Report_Teil_1.pdf.

Solid State Technology & Boustany, M., 2015. Top MEMS sensor suppliers of 2015. Solid State Technology. Available at: http://electroiq.com/blog/2016/08/top-mems-sensor-suppliers-of-2015/.

Sopra Steria, 2017. Potenzialanalyse künstliche intelligenz 2017. Available at: https://www.soprasteria.de/docs/librariesprovider33/Studien/potenzialanalyse-künstliche-intelligenz-2017.pdf.

Stack Overflow, 2016. Developer Survey Results 2016. Available at: http://stackoverflow.com/insights/survey/2016#technology-correlated-technologies.

Startup Genome, 2017. Global Startup Ecosystem Report 2017. Available at: https://startupgenome.com/report2017/.

Statista, 2017a. Connected Car. weltweiter Vergleich – Umsatz. Available at: https://de.statista.com/outlook/320/137/connected-car/deutschland#market-arpcc.

Statista, 2016a. Internet of Things-Geräte kaum verbreitet. Available at: https://de.statista.com/infografik/6372/verbreitung-von-iot-geraeten-in-deutschland/.

Statista, 2017b. Marktanteile der führenden Betriebssystemversionen weltweit von Januar 2009 bis Januar 2017. Available at: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/157902/umfrage/marktanteil-der-genutzten-betriebssysteme-weltweit-seit-2009/.

Statista, 2016b. Unterhaltungselektronik Deutschland, Available at: https://de.statista.com/statistik/studie/id/7065/dokument/unterhaltungselektronik-statista-dossier/.

Statista & Yahoo Finance, 2016. Market capitalization of U.S. tech and internet companies in 2006 and 2016 (in billion U.S. dollars). Available at: https://www.statista.com/statistics/216657/market-capitalization-of-us-tech-and-internet-companies/.

Statistisches Bundesamt, 2013. IKT-Branche in Deutschland – Bericht zur wirtschaftlichen Entwicklung, Available at: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UnternehmenHandwerk/Unternehmen/IKT_BrancheDeutschland.html;jsessionid=AEFE489B47FC345CBF56584B84DC54BB.cae1.

Statistisches Bundesamt, 2017. Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen Inlandsproduktsberechnung. Available at: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/BruttoinlandVierteljahresdaten_xls.html.

stern.de & Wetschera, W., 2015. Das große Problem mit Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Stern. Available at: http://www.stern.de/wirtschaft/news/allgemeine-geschaeftsbedingungen--zu-lang-und-zu-kompliziert-6475306.html.

Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft & McKinsey & Company, 2016. Hochschulbildung für die Arbeitswelt 4.0., p. 82. Available at: https://www.stifterverband.org/download/file/fid/1720.

Strategy& & PwC, 2014. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, Available at: http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf.

Der Tagesspiegel, 2016. Digitalisierung an Deutschlands Schulen: Milliarden für das Ende der Kreidezeit. Available at: http://www.tagesspiegel.de/wissen/digitalisierung-an-deutschlands-schulen-milliarden-fuer-das-ende-der-kreidezeit/14673782.html.

Tech.eu, 2016. European Tech Funding Report 2016, Available at: http://tech.eu/product/european-tech-funding-report-2016/.

The Atlantic & Madrigal, A. C., 2012. Reading the Privacy Policies You Encounter in a Year Would Take 76 Work Days. The Atlantic. Available at: https://www.theatlantic.com/technology/archive/2012/03/reading-the-privacy-policies-you-encounter-in-a-year-would-take-76-work-days/253851/.

The Boston Consulting Group, 2016. Inside OPS: Are your operations ready for a digital revolution?, Available at: http://media-publications.bcg.com/BCG-Inside-OPS-Jul-2016.pdf.

Theobald, E., 2016. PESTEL-Analyse: Die Wichtigsten Einflussfaktoren der Makroumwelt, Available at: https://www.management-monitor.de/de/infothek/publikationen/White-Paper-Die-wichtigsten-Einflussfaktoren-der-Unternehmensumwelt-erkenn-13-04-2016?oid=207.

Truffle Capital, 2015. Top 100. Available at: http://www.truffle100.com/downloads/2015/TruffleEurope-2015-v9.pdf.

Tyll, A., 1989. Forschung und Entwicklung im strategischen Management industrieller Unternehmen: Die Integration von technischem und Management-Know-How in die FuE-Planung, E. Schmidt.

United States Department of Commerce, 2016a. 2016 Top Markets Report Cloud Computing, Available at: http://www.export.gov/industry/infocomm/eg_main_086865.asp.

United States Department of Commerce, 2016b. 2016 Top Markets Report Cloud Computing Country Case Study Germany, Available at: www.trade.gov/topmarkets/pdf/Cloud_Computing_Germany.pdf.

United States Executive Office of the President, 2016. Federal Source Code Policy: Achieving Efficiency, Transparency, and Innovation through Reusable and Open Source Software. Available at: https://sourcecode.cio.gov/.

Venzin, M., Rasner, C. & Mahnke, V., 2010. Der Strategieprozess, Campus Verlag.

Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2015. „Cyberkriminalität: Große Bedrohung für deutsche Unternehmen“. Available at: https://blog.vdi.de/2015/02/cyberkriminalitaet-grosse-bedrohung-fuer-deutsche-unternehmen/.

Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw), 2016. Zukunft digital – Big Data Analyse und Handlungsempfehlungen, Available at: https://vbw-zukunftsrat.de/zukunft-digital/big-data/handlungsempfehlungen.

Waidner, M., Backes, M. & Müller-Quade, J., 2017. Cybersicherheit in Deutschland, Available at: https://www.kompetenz-it-sicherheit.de/wp-content/uploads/2017/02/Positionspapier_der_drei_Kompetenzzentren_IT-Sicherheit_web.pdf.

Waidner, M. & SIT Technical Reports, 2015. Chancen Durch Big Data Und Die Frage Des Privatsphärenschutzes, Available at: https://www.sit.fraunhofer.de/fileadmin/dokumente/studien_und_technical_reports/Big-Data-Studie2015_FraunhoferSIT.pdf.

Wissenschaftsstatistik GmbH & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, 2015. „a:r n‘di:“ - Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2013, Essen. Available at: https://www.stifterverband.org/download/file/fid/1114.

World Economic Forum (WEF), 2016. The Future of Jobs, Available at: www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf.

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI), 2016. Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung, Available at: http://www.zvei.org/Publikationen/Innovationsstudie-Elektroindustrie-Leitbranche-Digitalisierung-Kurzfassung-ZVEI.pdf.

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI), 2017. Elektroindustrie in Zahlen, Available at: https://www.zvei.org/de/presse-medien/publikationen/elektroindustrie-in-zahlen/.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), 2016. Digitalisierung im Mittelstand : Status quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen., Mannheim. Available at: https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), 2015. Industrie 4.0: Digitale (R)Evolution der Wirtschaft. IKT-Report, Available at: www.zew.de/fileadmin/FTP/div/IKTRep/IKT_Report_2015.pdf.

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), 2017. ZEW Branchenreport Informationswirtschaft. Science, 58(4), p. 4. Available at: http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/brepikt/201604BrepIKT.pdf.

A2 Leitfaden zu Expertengesprächen

Die Interviews zur Erarbeitung und Gewichtung der Kriterien für die Bewertung einzelner Technologien hinsichtlich ihrer Relevanz für eine digitale Souveränität wurden mithilfe eines eigens entwickelten Leitfadens geführt. Dieser ist hier einsehbar:

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A2_Leitfaden_Experteninterviews_Bewertungskriterien.pdf

A3 Bewertungskriterien und Indikatoren

In Expertenworkshops und -interviews wurde ein Framework gewichteter Indikatoren und Kriterien erarbeitet, mit dessen Hilfe eine Technologie auf ihre Relevanz für eine digitale Sou-veränität bewertet werden kann. Eine Übersicht dieses Frameworks steht hier zum Download bereit:

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A3_Kriterien_Indikatoren.pdf

A4 Technologiesteckbriefe

Die gesammelten Technologiesteckbriefe bieten eine Übersicht der bewerteten Einzeltechnologien und stehen als zip-komprimierter Ordner hier zum Download zur Verfügung:

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A4_Technologiesteckbriefe.zip

A5 Online-Befragung

1 Fragenkatalog

Die Onlinebefragung steht als pdf-Dokument unter zum Download bereit:

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A5.1_Online-Befragung_Fragenkatalog.pdf

2 Zentrale Ergebnisse

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse aus der Online-Befragung (in Text-form) findet sich hier:

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A5.2_Online-Befragung_Zusammenfassung.pdf

3 Detailergebnisse der Online-Befragung

Die grafische Auswertung steht als pdf-Dokument zum Download bereit.

http://www.kompassdigitalesouveränität.de/data/Digitale_Souveränität_A5.3_Online-Befragung_Ergebnisse.pdf

IMPRESSUM

Herausgeber:
FZI Forschungszentrum Informatik
Stiftung des bürgerlichen Rechts
Außenstelle Berlin
Kontakt: Luise Kranich
Friedrichstr. 60
10117 Berlin
E-Mail: fzi@fzi.de
Tel.: +49 721 9654-0

Accenture GmbH
Kontakt: Philip Hauth
Campus Kronberg 1
61476 Kronberg im Taunus

Bitkom Research GmbH
Kontakt: Dr. Axel Pols
Albrechtstr. 10
10117 Berlin

Gestaltung:
LoeschHundLiepold Kommunikation GmbH
Hauptstr. 28
10827 Berlin

Auftraggeber:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Stand:
Juni 2017

FZI

accenture

bitkom research