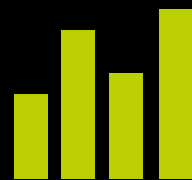


FACTS & FIGURES



TRENDS 2018 / Januar 2018

Künstliche Intelligenz, Blockchain,
5G und Cyber Physical Security

Autoren



Monika Gatzke
Jacqueline Stork
Lena Weigelin

Kontakt



Institut SIKoM+ | Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Straße 21
42119 Wuppertal

E-Mail: kontakt@cps-hub-nrw.de
Telefon: +49 202 439 - 1026
Fax: +49 202 439 - 1037

www.cps-hub-nrw.de | www.facebook.com/cpshubnrw | www.twitter.com/cpshub

Gefördert durch



INHALTSVERZEICHNIS

1.	JAHRE DER IKT-DISRUPTION - 2018	4
2.	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ - MACHINE LEARNING, COGNITIVE COMPUTING, DEEP LEARNING	5
3.	BLOCKCHAIN - ZWISCHEN HYPE UND DISRUPTION	8
4.	5G - DER NÄCHSTE MOBILFUNKSTANDARD SOLL VIELE PROBLEME LÖSEN	12
5.	CYBER PHYSICAL SECURITY - SCHÄDEN, CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN	15
6.	CPS.HUB NRW - COMPETENCE CENTER FOR CYBER PHYSICAL SYSTEMS	18
	QUELLENVERZEICHNIS	19

1. JAHR DER IKT-DISRUPTION – 2018

Die digitale Transformation findet statt. Schon seit Jahrzehnten. Sie vollzieht sich schnell. Nicht nur global. Sie bietet Chancen. Mit Gestaltungsnotwendigkeit. Sie stellt traditionelle Stärken in Frage. Als radikale Innovation: Auch für die Wirtschaft, die Wissenschaft, die Politik, die Verwaltung und die Zivilgesellschaft in Nordrhein-Westfalen.

Im Kern des Geschehens stehen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und treiben die Entwicklung. Ihre Leistungsfähigkeit steigt und ermöglicht fortlaufend die Realisierung neuer Produkte und Services, die in vielen Fällen noch vor wenigen Jahren als Visionen galten. Als ein Technologiesprung - nicht lediglich einzelner IKT-Disziplinen sondern ihres Zusammenwirkens - manifestieren sie sich in sogenannten „Cyber Physical Systems“. Diese IKT-Treiber der digitalen Transformation bearbeitet CPS.HUB NRW und unterstützt den Aufbau neuer technischer und ökonomischer Stärken.

Steht nun ein nächster Technologiesprung bevor? Oder findet er bereits statt? In Forschung und Entwicklung der IKT ist weiterhin hohe Dynamik sichtbar, die Innovationszyklen werden immer kürzer. Insbesondere in den Bereichen, die sich unter dem Oberbegriff „Künstliche Intelligenz“ (KI) zusammenfassen lassen, werden derzeit beeindruckende Fortschritte erzielt. Weitreichende Strukturveränderungen könnten sich durch den Einsatz von Blockchains ergeben, die schon in zahlreichen Pilotprojekten zum Einsatz kommen. Der Mobilfunk soll durch 5G revolutioniert werden. Eher von den immer dringenderen Notwendigkeiten als von Versprechungen geprägt ist dagegen der Bereich der Sicherheit: Wie steht es um die Cyber Physical Security?

Globalwirtschaftlich wird den Themen Künstliche Intelligenz, Blockchain, 5G und Cyber Physical Security sehr große Bedeutung attestiert, wie die aktuellen Marktzahlen und -prognosen zeigen. Das vorliegende Papier fasst die Informationen zu den wichtigen Trends des Jahres 2018 zusammen:

- / Künstliche Intelligenz - Machine Learning, Cognitive Computing, Deep Learning
- / Blockchain - Zwischen Hype und Disruption
- / 5G - der nächste Mobilfunkstandard soll viele Probleme lösen
- / Cyber Physical Security - Schäden, Chancen und Herausforderungen

und gibt einen Überblick zum wirtschaftlichen Potential und wichtigen Anwendungsfeldern. Darüber hinaus werden erste Antworten auf die Frage gegeben, welche Aktivitäten zur Förderung und Weiterentwicklung dieser Themen auf europäischer, nationaler und nordrhein-westfälischer Ebene aktuell stattfinden.

2. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ - MACHINE LEARNING, COGNITIVE COMPUTING, DEEP LEARNING

Das im Augenblick viel diskutierte Konzept der "Künstlichen Intelligenz" bezeichnet die Erforschung „intelligenter“ Problemlösungsverhaltens sowie den Versuch, einen Computer so zu programmieren, dass er menschenähnliche Intelligenz nachbildet.^[1] In der aktuellen Diskussion wird unterschieden zwischen schwacher und starker künstlicher Intelligenz:

- / „Schwache“ künstliche Intelligenz umfasst Systeme, die dazu in die Lage versetzt werden, kognitive Prozesse zu untersuchen und nachzubilden, um beispielsweise Entscheidungsprozesse zu beschleunigen, da ein Computersystem große Datenmengen viel schneller auswerten kann als Menschen.
- / Zielsetzung bei der Entwicklung einer „starken“ künstlichen Intelligenz ist, dass sie die gleichen intellektuellen Fertigkeiten erlangt, wie Menschen sie haben. Sie soll also nicht nur reaktiv sondern intelligent, flexibel und aus eigenem Antrieb agieren.^[2]

Sowohl starke als auch schwache künstliche Intelligenz werden grundlegende Veränderungen ermöglichen - lernende Systeme bringen einen Paradigmenwechsel mit sich, indem sie Aufgaben selbstständig lösen und auf ihre Umwelt reagieren, sich also selbstständig weiterentwickeln. Das spiegelt auch der Gartner Hype Cycle wider: Für die Experten von Gartner sind die „Artificial Intelligence Technologies“ die mit der höchsten Disruptionskraft der nächsten zehn Jahre - „AI Everywhere“ ist einer der drei Haupttrends des aktuellen Hype Cycle. Zu unterscheiden sind auch hier Technologien, die gegenwärtig eher zum Konzept schwache künstliche Intelligenz gezählt werden, darunter Deep Learning, Cognitive Computing und Machine Learning und die „Artificial General Intelligence“, also starke künstliche Intelligenz.

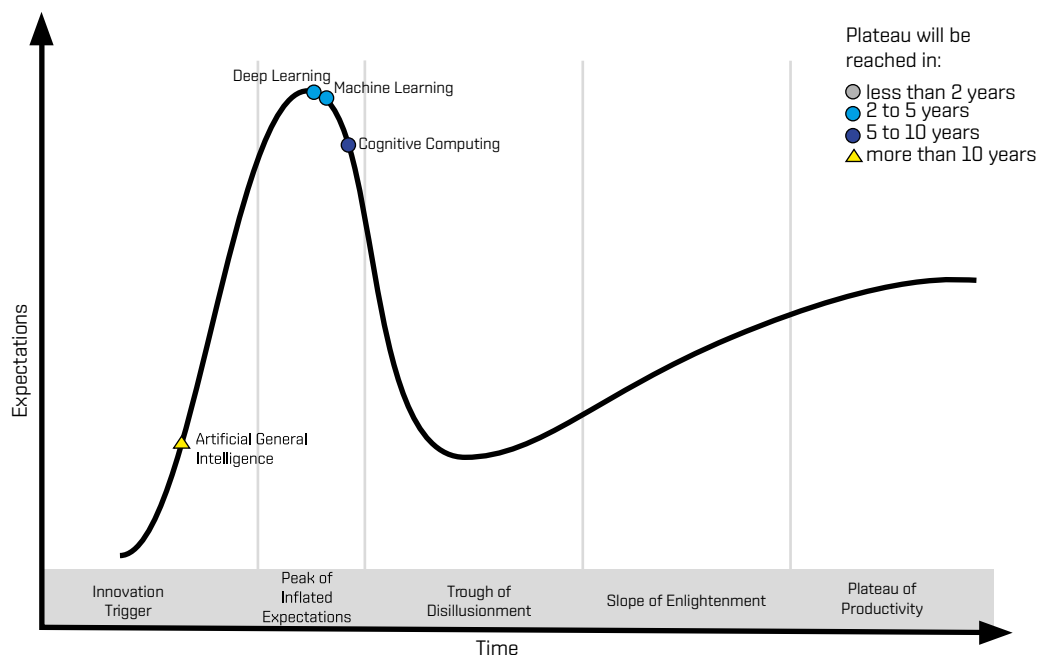


Abbildung 1: Eigene Darstellung nach Gartner (2017): Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, Juli 2017

Auf dem Hype Cycle sind diese drei genannten „schwachen“ KI-Technologien relativ dicht beieinander positioniert – und alle noch relativ weit von der produktiven Phase entfernt: Deep Learning und Machine Learning befinden sich direkt hintereinander genau auf bzw. kurz hinter dem „Peak of Inflated Expectations“, das „Plateau of Productivity“ werden sie in zwei bis fünf Jahren erreicht haben. Cognitive Computing befindet sich kurz vor dem „Trough of Disillusionment“ ein Stück weiter unten auf der Abwärtskurve und es wird laut Gartner noch fünf bis zehn Jahre dauern, bis Cognitive Computing Produktivität erreicht haben wird.

Die starke KI ist noch am Beginn der Kurve im Bereich „Innovation Trigger“ angesiedelt. Dort sind laut Gartner die Technologien verortet, die sich in einem noch frühen Stadium befinden, denen aber das Potential zugesprochen wird, Impulse für wesentliche Innovationen zu setzen.

KI: Hebel für erhebliche Wirtschaftskraft

Bereits heute wird diesen Technologien ein enormes wirtschaftliches Potential zugesprochen: Für das Jahr 2017 prognostizierte der Bitkom ein Wachstum des globalen Umsatzes mit Hardware, Software und Services rund um Cognitive Computing und Machine Learning von 92 Prozent auf 4,3 Milliarden Euro – und bis 2020 eine Steigerung auf 21,2 Milliarden Euro.^[3] Getrieben durch die Einbindung von künstlicher Intelligenz soll laut Accenture ein Anstieg des Wirtschaftswachstums bis 2035 um drei Prozent möglich sein – das Basisszenario sieht ein Wachstum von nur 1,4 Prozent vor, das wäre also mehr als eine Verdopplung.^[4]

Für das Wirtschaftswachstum in Deutschland wird prognostiziert, dass bei einem konsequenten und frühen Einsatz der Technologien das Bruttoinlandsprodukt bis 2030 um bis zu vier Prozent, das heißt um 160 Milliarden Euro, höher liegen könnte als ohne den KI-Einsatz. Pro Jahr wären das ca. 0,25 Prozentpunkte oder zehn Milliarden Euro.^[5]

Anwendungen

Das Anwendungsfeld **Medizin** ist eines der meistdiskutierten für künstliche Intelligenz. Laut einer Studie von PwC^[6] könnte der Einsatz von KI wesentlich dazu beitragen, schwere Krankheiten früher zu erkennen und bessere Therapiemöglichkeiten zu finden. Am Beispiel von Demenz-Erkrankungen zeigt die Untersuchung, dass durch den Einsatz künstlicher Intelligenz wesentlich frühere Diagnosen solcher Erkrankungen ermöglicht werden, indem KI-Verfahren mit herkömmlichen Diagnosemethoden wie MRT kombiniert werden. Bei Brustkrebserkrankungen konnten in Pilotstudien auch bei der Therapie große Fortschritte erzielt werden, indem mit mehr als 70-prozentiger Genauigkeit vorhergesagt wurde, wie eine Patientin auf bestimmte Chemotherapie-Verfahren reagieren würde.

Im **industriellen Sektor** wird künstliche Intelligenz voraussichtlich ebenfalls zu einem wichtigen Treiber. Innovationen und Verbesserungen werden sich auf alle Bereiche beziehen: Das Spektrum reicht von neuartigen Produkten und Services, z. B. im Automobilsektor, über die Fertigung, u. a. durch verbesserte Instandhaltung sowie autonome Roboter, bis hin zu Geschäftsprozessen, indem beispielsweise das Supply Chain Management effizienter wird.^[7]

In der **Energiewirtschaft** gibt es unterschiedliche Einsatzszenarien für künstliche Intelligenz, z. B. bei der Wartung und Instandhaltung schwer zugänglicher Energieerzeugungsanlagen wie Windkraftträder oder Gasturbinen oder zum Schutz kritischer Infrastrukturen durch Anomalie-Erkennung. Zu wesentlich mehr Effizienz sollen auch auf KI-basierende Systeme zur Vorhersage von Lastverläufen in Fernwärmenetzen führen, die abhängig von der Genauigkeit der Prognose zu erheblichen CO₂- und Kosteneinsparungen führen kann. Dazu wurde ein leistungsstarkes und flexibles maschinelles Lernverfahren auf Basis von Deep Learning entwickelt.^[8]

Was passiert in Europa, Deutschland, NRW?

Um im Themenkomplex künstliche Intelligenz eine gute Position oder sogar eine Vorreiterrolle einzunehmen, werden auf allen Ebenen wesentliche Anstrengungen unternommen: Von den insgesamt 30 Mrd. Euro, die die EU-Kommission über das EU-Forschungsprogramm Horizon 2020 in den Jahren 2018 bis 2020 investieren will, wird ein erheblicher Anteil in die Förderung von Innovationen im Bereich der künstlichen Intelligenz fließen. Wie hoch genau der Anteil sein wird, ist nicht ganz einfach zu ermitteln – zwei Themen werden sich im Schwerpunkt mit KI befassen, nämlich „ICT-26-2018-2020: Artificial Intelligence“ sowie aus dem Gesundheitsprogramm „SC1-DTH-01-2019: Big data and Artificial Intelligence for monitoring health status and quality of life after the cancer treatment“. Diese

beiden expliziten Themen werden zusammen mit 55 Mio. Euro gefördert. Hinzu kommen Förderungen aus dem Bereich der „Future and Emerging Technologies“ (FET), in dem in insgesamt drei Schwerpunkten eine Fördersumme von 288 Mio. € auslobt wird, die aber nur zum Teil im Bereich künstlicher Intelligenz angesiedelt sind.¹

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat im Mai 2017 die Initiative „Maschinelles Lernen – die Plattform für künstliche Intelligenz“ gegründet, in der Expertise aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft gebündelt wird mit der Zielsetzung, Deutschland international als Technologieführer für lernende Systeme zu positionieren.^[9] Darüber hinaus werden in 2018 voraussichtlich bis zu drei „Kompetenzzentren zur automatisierten Analyse von Daten mittels Maschinellen Lernens“ ihre Arbeit aufnehmen, die aus dem Förderprogramm IKT 2020 – Forschung für Innovationen hervorgehen. Zusätzlich soll ein sogenanntes Future Innovation Lab für die Initiierung und Umsetzung innovativer Ideen im Bereich des Maschinellen Lernens gefördert werden.^[10]

In Nordrhein-Westfalen steht das Thema künstliche Intelligenz weit oben auf der politischen Agenda: In seiner Regierungserklärung vom 13.9.2017 erklärte Ministerpräsident Armin Laschet, dass Nordrhein-Westfalen mit seinen Forschungsuniversitäten in diesem Feld eine wichtige Rolle einnehmen sollte, um Innovation zu ermöglichen. Außerdem fordert er, dass in NRW ein Institut gegründet wird, dass sich mit den ethischen Rahmenbedingungen sowie der gesellschaftlichen Dimension von Künstlicher Intelligenz auseinandersetzt.^[11] Darüber hinaus ist „Künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen und Cognitive Computing: Daten erfolgreich nutzen“ eines der ausgewiesenen Schwerpunktthemen des Leitmarktwettbewerbs IKT.NRW, der im Dezember 2017 startete.^[12] Kompetenzzentren im Land finden sich in Dortmund, Sankt Augustin sowie Ostwestfalen-Lippe – dort sind zahlreiche Unternehmen und Forschungseinrichtungen angesiedelt, die im Umfeld Maschinelles Lernen / Cognitive Computing aktiv sind.

1 Alle Arbeitsprogramme der EU finden sich unter: http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/funding/reference_docs.htm
I#h2020-work-programmes-2018-20

3. BLOCKCHAIN - ZWISCHEN HYPE UND DISRUPTION

Die Blockchain ist eine sogenannte Distributed Ledger Technologie [DLT], d. h. eine dezentrale Datenbank, die den Teilnehmern des Netzwerks gemeinsame Lese- und Schreibberechtigung erlaubt. Im Gegensatz zu einer zentralen Datenbank bedarf es hierbei keiner zentralen Instanz, die Einträge prüft und in die Datenbank vornimmt^[13]. Die wesentlichen Eigenschaften einer Blockchain sind^[14]:

- / Digitale Verbriefung von Werten (Assets) ermöglichen eindeutigen Eigentumsnachweis (Proof-of-Ownership)
- / Für die korrekte Durchführung von Transaktionen (z. B. Transfer von Assets) ist ein Regelwerk in der Blockchain hinterlegt
- / Alle Transaktionen werden gespeichert (Proof-of-Origin)

Dezentralität, Unveränderlichkeit und Transparenz ermöglichen:

- / Kosteneinsparungen durch Wegfall des „Man in the middle“ (z. B. Bank)
- / Höhere Prozesseffizienz durch Entfernung von Medienbrüchen
- / Verbesserte Sicherheit durch Unveränderlichkeit und Kryptographie

Aufgrund dieser Eigenschaften birgt die Blockchain disruptives Potential und könnte langfristig das Internet revolutionieren.

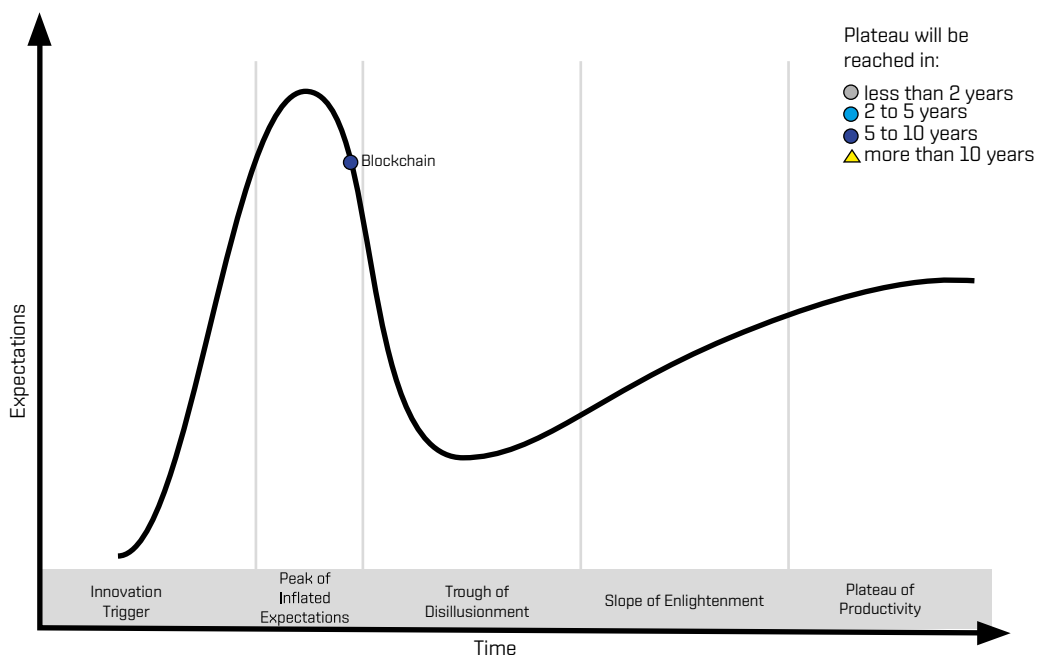


Abbildung 2: Eigene Darstellung nach Gartner (2017): Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, Juli 2017

Das bildet auch der Gartner Hype Cycle ab: Im Jahr 2015 nannte dieser das Thema Blockchain noch gar nicht, bereits ein Jahr später wurde die Technologie im Bereich „Peak of Inflated Expectations“ kurz vor dem Höhepunkt der Kurve angesiedelt. 2017 sieht der Gartner Hype Cycle die Blockchain bereits kurz vor dem „Trough of Disillusionment“, wenngleich er einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren für die Mainstream-Adoption prognostiziert.^[15]

Wirtschaftliches Potential

Die Technologie zählt zu den sechs Megatrends, die die Gesellschaft in den kommenden zehn Jahren nachhaltig prägen werden, so ein Bericht des Weltwirtschaftsforums. So könnten bis zum Jahr 2027 insgesamt zehn Prozent der weltweiten Bruttoinlandsprodukte über eine Blockchain abgewickelt werden.^[16] Der „Man-in-the-middle“, wie er heute noch in Form verschiedenster Intermediäre, z. B. Banken, notwendig ist, würde dann in zahlreichen Fällen wegfallen, was einerseits erhebliche Kosteneinsparungen zufolge hätte, andererseits könnte die Prozesseffizienz durch die Entfernung von Medienbrüchen wesentlich gesteigert und die Sicherheit solcher Transaktionen durch die Unveränderlichkeit der Kryptografie einer Blockchain garantiert werden.

Das Volumen der weltweiten Venture Capital-Investitionen in Blockchain-Technologien von 2012 bis zum 3. Quartal 2016 betrug rund 1,3 Milliarden US-Dollar.^[17] Die Höhe der Investitionen steigt dabei stetig an: 2012 wurden zwei Millionen US-Dollar der weltweiten Venture Capital-Investitionen in Blockchain investiert, 2013 bereits 95 Millionen US-Dollar, 2014 dann 362 Millionen US-Dollar, 2015 insgesamt 484 Millionen US-Dollar und in den ersten drei Quartalen des Jahres 2016 insgesamt 375 Millionen US-Dollar.

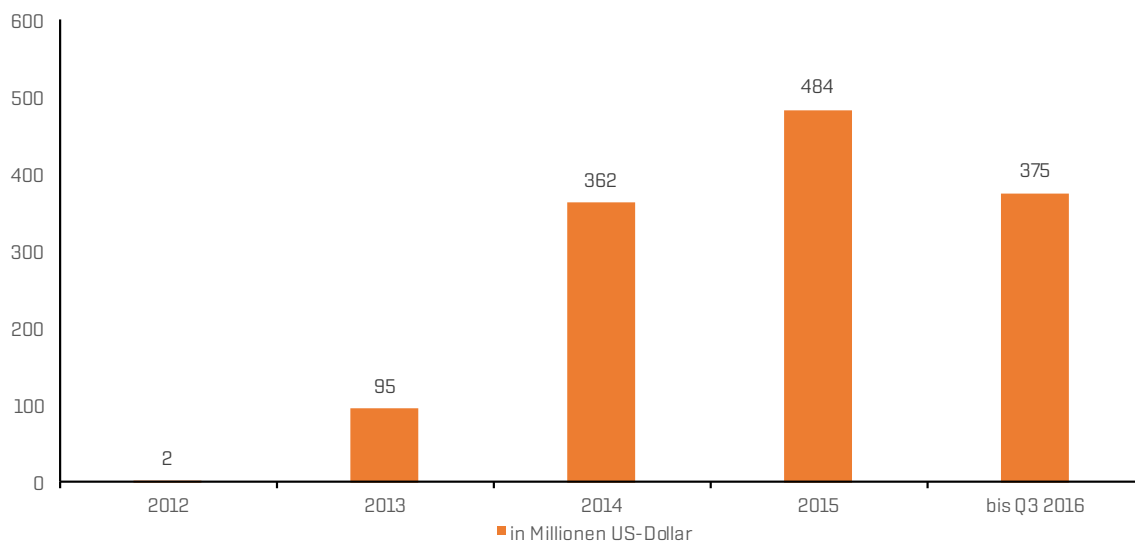


Abbildung 3: Venture Capital Investitionen, eigene Darstellung nach Statista

Für Unternehmen in Deutschland gewinnt das Thema Blockchain zunehmend an Relevanz. Eine Studie der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg zeigt, dass bereits 40 Prozent der Befragten sich regelmäßig über das Thema austauschen, 37 Prozent den Einfluss auf ihr Geschäftsmodell evaluieren und 25 Prozent erste Pilotprojekte planen. Die Studie identifiziert drei wesentliche Vorteile einer Blockchain: die Beschleunigung bestehender Prozesse, die Möglichkeit, die Sicherheit zu erhöhen und die Steigerung der Transparenz. Der Faktor „Kosten reduzieren“ findet sich im Ranking auf Platz fünf wieder.^[18]

Anwendungen

Für den **Energiesektor** wird das Potential der Blockchain laut einer PwC-Studie^[19] als „vielversprechend“ eingestuft. Dabei wird nicht nur auf monetäre Vorteile rekuriert, sondern es werden insbesondere auch Vorteile durch gesteigerte Sicherheit und Transparenz von Transaktionen berücksichtigt. So könnten „zuvor aktive Intermediäre, Handelsplattformen, Händler, Banken oder Energieversorger in ihrer Rolle obsolet oder zumindest deutlich eingeschränkt werden“, heißt es in der Studie. Systemkosten könnten dadurch deutlich sinken bzw. sogar ganz

wegfallen. Dennoch schätzt die Studie den Reifegrad der Blockchain als zu gering ein. So heißt es: „Die Blockchain-Technologie steckt noch in den Kinderschuhen und ist daher mit verschiedenen Unsicherheiten und Risiken verbunden.“ Erste Praxisfälle zeigen aber, dass sich die Akteure davon nicht abhalten lassen – in Wuppertal ist z. B. ein Blockchain-basierter Handelsplatz für Ökostrom in Betrieb gegangen.^[20]

Für den **Finanzsektor** attestiert dieselbe PwC-Studie der Technologie eine „hohe Marktreife“, was sich schon heute in der Verbreitung des Notenbank-unabhängigen Währungssystems Bitcoin zeigt. Bis September 2017 waren weltweit rund 16,6 Millionen Bitcoins, die Kryptowährung gilt als Ursprung der Blockchain, im Umlauf.^[21] Deutsche Banken sind in ihrer Einschätzung der Blockchain-Technologie aber zurückhaltend. Ein weiterer PwC-Survey^[22] kommt zu folgenden Ergebnissen: 68 Prozent der Führungskräfte von deutschen Banken sind mit der Technologie nicht oder nur wenig vertraut, wenngleich 63 Prozent der Befragten glauben, dass Blockchain ihr Geschäftsmodell bis 2027 zumindest in mittlerem Umfang beeinflussen wird. Bei 75 Prozent der Banken ist Blockchain dennoch kein Teil der Unternehmensstrategie, was 58 Prozent damit begründen, keine Mitarbeiter zu beschäftigen, die sich regelmäßig mit diesem Thema beschäftigen.

Aufgrund ihrer Dezentralität wird der Blockchain auch im **öffentlichen Sektor** großes Potential zugesprochen, insbesondere vor dem Hintergrund des föderalen Aufbaus der deutschen Verwaltung. Deshalb sind generische Blockchain-Anwendungen für den Bereich E-Government denkbar und werden teils in anderen Ländern bereits genutzt. Beispielhaft sei an dieser Stelle Estland genannt, das mit seinem E-Residency-Programm bereits einen Blockchain-basierten Dienst anbietet, der es u. a. ermöglicht, ein Unternehmen online zu gründen.^[23] Künftig könnte jede Form eines Verwaltungsregisters durch eine Blockchain ersetzt werden, ebenso das gesamte Identitätsmanagement (z. B. Identitätsnachweise für Ausweise).

Weitere als vielversprechend geltende Anwendungsfelder sind das Versicherungswesen und andere Bereiche, in denen Verträge geschlossen werden, Blockchain ermöglicht so genannte Smart Contracts. In der Logistik kann die Echtzeitverfolgung von Waren und die automatische Übergabe von Eigentumsrechten von Containern u. ä. zu Verbesserungen in der Supply Chain führen.

Was passiert in Europa, Deutschland, NRW?

Die europäische Kommission schätzt Blockchain und Distributed Ledger Technologien als sehr vielversprechend und gleichzeitig herausfordernd ein und wird sie künftig stärker fördern. Aktuell werden die Technologien im Rahmen einer Task-Force beobachtet und in einer Reihe von Projekten unterstützt.^[24] Ab 2018 sind für Blockchain auch Förderungen in Horizon 2020 vorgesehen: Die Forschungsförderung soll insgesamt stärker als bisher auf bestimmte Innovationsfelder fokussiert werden, darunter neben Genetik und künstliche Intelligenz auch Blockchain. Es sollen unter anderem die Entwicklungsbedingungen europäischer Unternehmer optimiert werden, indem besonders riskante Innovationen gefördert werden, die ein großes MarktPotential versprechen – dazu stehen im Zeitraum von 2018-2020 2,7 Milliarden Euro Anschubfinanzierung zur Verfügung. Im Rahmen der Blue-Sky-Forschung des Europäischen Forschungsrats sind für 2018 etwa 1,86 Milliarden Euro Fördermittel für die Spitzenforschung vorgesehen, wovon auch das Thema Blockchain profitieren wird, da ihr Potential in vielen Forschungsvorhaben im Fokus steht.^[25]

In der Innovationsagenda des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie vom April 2017 ist Blockchain als eine Technologie genannt, die es zu fördern gilt, um neue InnovationPotentiale in strategischen Schlüsselbereichen zu ermöglichen.^[26] Ganz konkret soll der Einsatz von Blockchain-Technologie unter anderem im Rahmen einer Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert werden, in deren Fokus anwendungsorientierte Forschung zur Erhöhung der Resilienz von besonders schützenswerten Prozessen und Strukturen in Produktion und Logistik geht.^[27]

Im Juni 2017 hat sich der Blockchain Bundesverband aus der Mitte der deutschen Blockchain-Community heraus gegründet mit der Zielsetzung darauf hinzuwirken, Deutschland zu einem Global Player im weltweiten Blockchain-Ökosystem zu machen. In einem ersten Positionspapier^[28] „Blockchain. Chancen und Herausforderungen einer neuen digitalen Infrastruktur für Deutschland“ formulieren die Autoren im Kern die Forderung, dass Schnitt-

stellen zu Datenbanken digital und digitale Identitäten rechtssicher werden müssen, um eine digitale Ökonomie auf demokratischen Strukturen in Deutschland Wirklichkeit werden zu lassen. Sie geben für zahlreiche Bereiche, die von Blockchain profitieren werden, darunter Bildung, Gesundheitssystem oder Smart Production, jeweils Empfehlungen, wie die Potentiale von Blockchain zu nutzen sind, begründen diese und schlagen entsprechende Maßnahmen vor.

In Nordrhein-Westfalen ist Blockchain ein Thema im Rahmen der 2. Runde des Leitmarktwettbewerbs IKT.NRW. Einige Unternehmen aus NRW beschäftigen sich bereits sehr intensiv mit dem Thema und stoßen erste Pilotprojekte an.

4. 5G - DER NÄCHSTE MOBILFUNK-STANDARD SOLL VIELE PROBLEME LÖSEN

5G ist die fünfte Generation drahtloser Breitbandtechnologie und verspricht im Vergleich zu den aktuellen Standards 4G / LTE wesentliche Verbesserungen^[29]:

- / Extrem hohe Datenübertragungsraten von bis zu 10.000 MBit/s
- / Sehr geringe Latenzzeiten
- / Hohe Robustheit
- / Sehr niedriger Energieverbrauch
- / Verarbeitung von deutlich mehr Netzteilnehmern

So sollen vielerlei neue Anwendungen möglich werden - neben Sprache und Internet z. B. Steuerungsaufgaben und Wartungen. Die Tatsache, dass mit 5G die Möglichkeit bestehen soll, deutlich mehr Netzteilnehmer verarbeiten zu können als mit den aktuellen Kommunikationstechnologien, ist insbesondere vor dem Hintergrund von hoher Relevanz, dass die Vernetzung von verbundenen Netzobjekten etwa um den Faktor 1000 steigen wird.^[30]

Im „Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies“ wurde 5G 2017 zum ersten Mal gelistet und ist im Bereich „Innovation Trigger“ angesiedelt. Die Experten von Gartner erwarten, dass es noch fünf bis zehn Jahre dauert, bis die nächste Generation der Mobilfunknetze das „Plateau of Productivity“ erreichen wird.

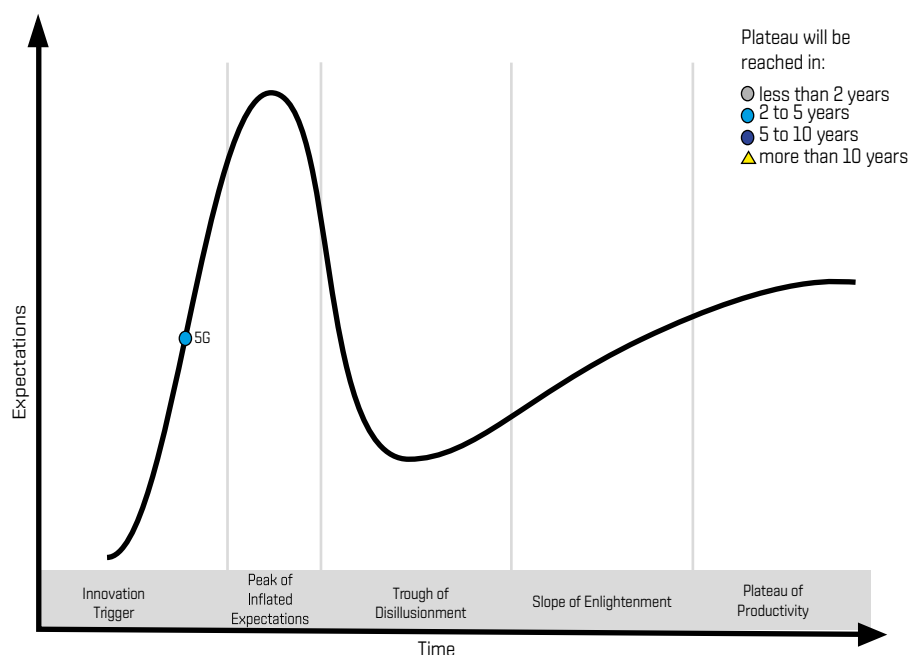


Abbildung 4: Eigene Darstellung nach Gartner (2017): Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017

Wirtschaftliches Potential

Nicht nur die Telekommunikationsbranche selbst verspricht sich von 5G enorme Chancen, auch darüber hinaus soll 5G erhebliche zusätzliche Wirtschaftsleistungen ermöglichen: Für das Jahr 2035 wird der Technologie ein Hebel für 12,3 Billionen Dollar zugeschrieben und die globale 5G-Wertschöpfungskette soll mit 3,5 Billionen USD im Ergebnis 22 Millionen Arbeitsplätze schaffen.^[31] Bis 2026 werden von Ericsson und Arthur D. Little zusätzliche Einnahmen von 1,233 Milliarden USD für durch 5G ermöglichte Digitalisierung im industriellen Umfeld prognostiziert – insbesondere die Bereiche Energy Utilities und Manufacturing werden mit 20 Prozent bzw. 19 Prozent enorm profitieren, aber auch der Bereich Healthcare (13%) und Automotive (8%) gehören zu den potentiellen 5G-Gewinnern.^[32]

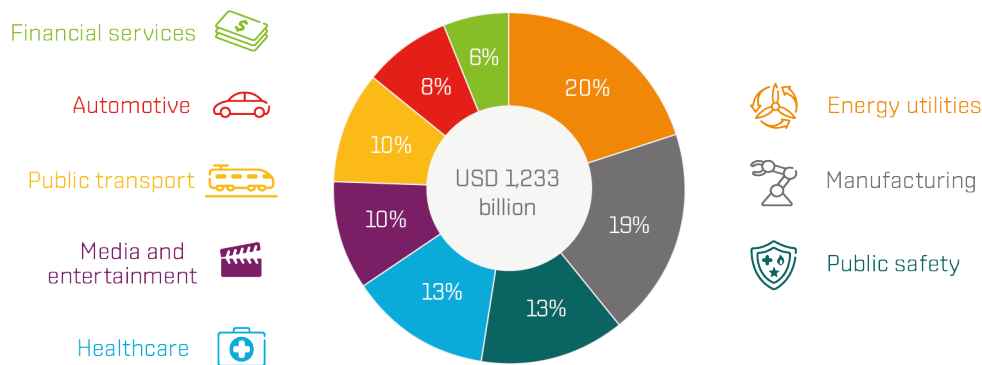


Abbildung 5: 5G-enabled industry digitalization revenues for ICT players, 2026 (Darstellung entnommen aus Quelle 32, S. 3)

Die Zahl der Tests und Versuche mit 5G bei den Telekommunikationsanbietern hat sich stark gesteigert: 2016 haben erst 32 Prozent der Anbieter Tests und Versuche gemacht, 2017 waren es bereits 78 Prozent. Mittlerweile rechnen 28 % der Anbieter mit einem Roll-out 2018 ergab eine Befragung von Ericsson.^[33]

Anwendungen

5G hat Enabler-Potential: Im Bereich **hochautomatisiertes Fahren** beispielsweise kann die Technologie insbesondere mit ihren sehr geringen Latenzzeiten dazu beitragen, dass Zuverlässigkeit und Eigenintelligenz der Fahrzeuge deutlich gesteigert werden. 5G soll gewährleisten, dass in plötzlich auftretenden Stausituationen die Kommunikation mit sehr vielen anderen Fahrzeugen sehr schnell erfolgen kann – eine wesentliche Voraussetzung auf dem Weg zur Realisierung des autonomen Fahrens.

Im Bereich **Energienetze** kann 5G ebenfalls aufgrund seiner sehr geringen Latenzzeiten bislang zentralisierte Systeme für Prognose und Betriebsführung ablösen und dezentrale Systeme mit hohem Vernetzungsgrad ermöglichen. Wesentliche Anforderungen intelligenter Energienetze soll 5G erfüllen: Kurze, garantierte Schaltzyklen, aber auch hohe Ansprüche an Datensicherheit und Datenschutz.

Die **industrielle Produktion** soll beispielsweise durch die genauere Erfassung von Bearbeitungs- und Qualitätszuständen von Produkten und bei der Kommunikation von Maschinen untereinander erheblich profitieren. Ein weiterer großer Vorteil ist, dass die Anzahl von Geräten oder Werkteilen, die qualitätsgesichert und energieeffizient miteinander verbunden sind, auf mehrere hunderttausend pro Basisstation gesteigert werden kann.^[34]

Was passiert in Europa, Deutschland, NRW?

Im ersten Halbjahr 2017 wurde von der EU-Kommission der 5G-Aktionsplan für die EU-weite Einführung von 5G^[35] ausgerufen: Zusammen mit privaten Geldmitteln sollen bis 2025 insgesamt 3,5 Milliarden Euro für den 5G-Ausbau zur Verfügung stehen. Unternehmen sollen dazu bewegt werden, in Hochleistungsnetze zu investieren und einheitliche Standards zu entwickeln. Das Europäische Parlament unterstützt den Aktionsplan und betont besonders, dass Investitionen der Schlüssel für die Erreichung der 5G-Ziele sind.^[36]

Unter Federführung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) adressiert die sogenannte „Netzallianz“, bestehend aus Akteuren von der Bundesnetzagentur, von Netzbetreibern und Telekommunikationsverbänden sowie der Wissenschaft das Thema 5G in der „Zukunftsoffensive Gigabit Deutschland“^[37]. Darüber

hinaus gibt es die „5G-Initiative“ des BMVI. 5G wird als zentraler Hebel für die digitale Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft gesehen. Ziel der Bundesregierung ist es, Deutschland als Leitmarkt für 5G-Anwendungen zu positionieren und eine schnelle und erfolgreiche Einführung der 5G-Technologie zu unterstützen. Dazu sollen bis spätestens 2025 alle Hauptverkehrswege und Bahntrassen sowie mindestens die 20 größten Städte Deutschlands mit 5G-Connectivity ausgestattet sein.^[38]

In Nordrhein-Westfalen stehen 5G und der flächendeckende Ausbau hochleistungsfähiger Netze weit oben auf der politischen Agenda. Mit dem „Masterplan Gigabit“ hat sich die neue Landesregierung zum Ziel gesetzt, bis 2025 über flächendeckende Gigabit-Anschlussnetze zu verfügen.^[39] Im aktuellen Leitmarkt Wettbewerb IKT.NRW werden unter dem Motto „Kommunikationsinfrastruktur als Basis für Digitalisierung: 5G als Enabler für Zukunftskonzepte“ Ideen für neue Anwendungen und Geschäftsmodelle auf Basis von 5G gesucht.^[40]

Außerdem gibt es in NRW eine ganze Reihe wichtiger Akteure, die sich mit 5G beschäftigen: Mit der Technischen Universität Dortmund, der Universität Paderborn, der Universität Duisburg-Essen und der RWTH Aachen adressieren wichtige wissenschaftliche Akteure die Weiterentwicklung der nächsten Mobilfunkgeneration, hinzu kommen die Unternehmen E.ON SE und Vodafone GmbH sowie Ericsson in seinen Eurolabs. Auf dem Aldenhoven Testing Center wurde im September 2017 das „5G Mobility Lab“ eröffnet: Hier sollen Autos in 5G-Geschwindigkeit miteinander kommunizieren. Verantwortlich für das Netz ist Vodafone Deutschland.^[41]

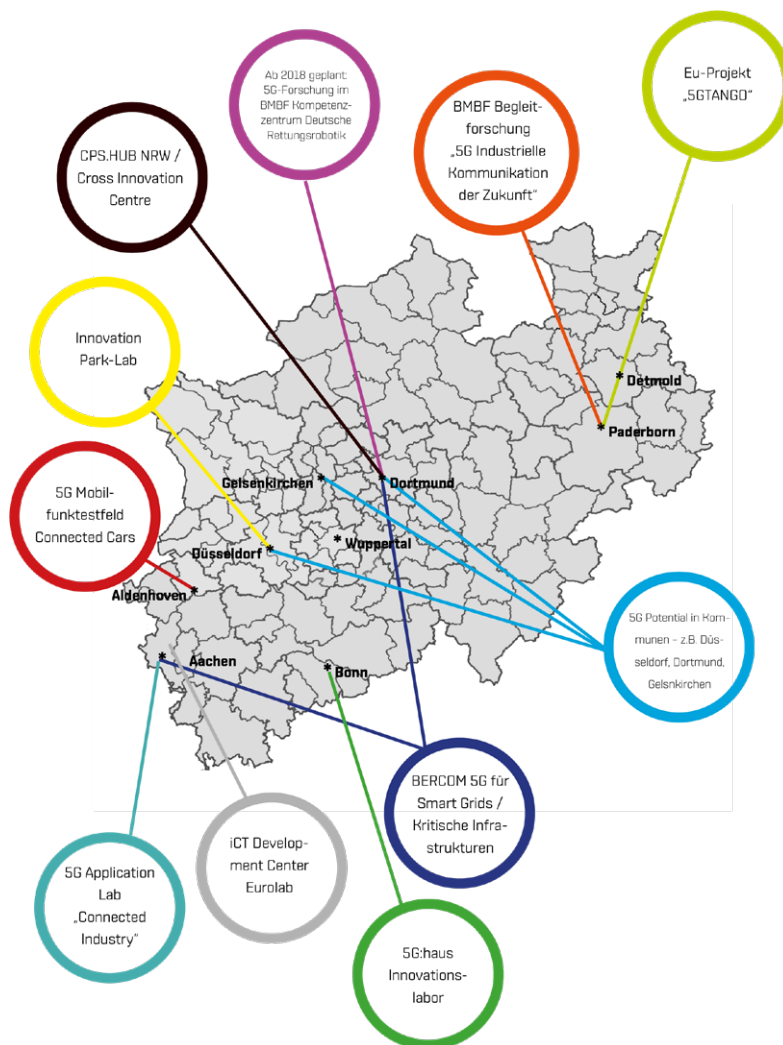


Abbildung 6: Landkarte der 5G-Aktivitäten in Nordrhein-Westfalen; eigene Darstellung

5. CYBER PHYSICAL SECURITY - SCHÄDEN, CHANCEN UND HERAUS- FORDERUNGEN

Mit der Öffnung von bislang geschlossenen Systemen in Cyber Physical Systems, also großen vernetzten Systemen, deren Anzahl beispielsweise im Bereich Industrie 4.0 oder Logistik 4.0, rasant steigt, geht einher, dass immer mehr Angriffsflächen und Sicherheitslücken entstehen. Daher nimmt der Schutz dieser Systeme – die Cyber Physical Security – einen immer größer werdenden Stellenwert ein. Für alle Systeme, ob Internet of Things, Big Data-Lösungen, Cloud-Services oder KI-Anwendungen, ist sie von immenser Bedeutung. Darüber hinaus behalten bestehende und noch ungelöste Herausforderungen der IT-Security wie beispielsweise die fehlende Security-Awareness der Nutzer ihre Relevanz.

Dass es neue Angriffsflächen gibt, schlägt sich auch in Zahlen nieder: Die Anzahl der jährlichen Cyberangriffe steigt weltweit. Allein für 2016 weist die polizeiliche Kriminalstatistik für Deutschland 82.649 Fälle von Cybercrime aus, darunter 58.620 Fälle von Computerbetrug und 10.638 Fälle von Ausspähen von Daten. Damit stieg laut Bundeskriminalamt die Anzahl registrierter Straftaten in diesem Bereich in Deutschland im Vergleich zum Vorjahr um 80,5 Prozent.^[42] Die Dunkelziffer ist vermutlich noch wesentlich höher: Eine in Niedersachsen durchgeführte sogenannte Dunkelfeldstudie kam zu dem Ergebnis, dass lediglich neun Prozent aller Verbrechen im Bereich Cybercrime angezeigt werden.^[43]

Wirtschaftliches Potential

Das wirtschaftliche Potential von Cyber Physical Security zeigt sich einerseits in den geplanten Investitionen der Unternehmen zur besseren Absicherung ihrer Systeme, andererseits im potentiell entstehenden wirtschaftlichen Schaden durch fehlende Cyber Physical Security.

Der jährliche weltweite gesamtwirtschaftliche Schaden durch Cyberattacken wird laut Hiscox Cyber Readiness Report 2017 auf 450 Milliarden US-Dollar geschätzt.^[44] In Deutschland wurden in den vergangenen zwei Jahren 53 Prozent der Unternehmen Opfer einer Cyberattacke. Das verursachte einen gesamtwirtschaftlichen Schaden durch Spionage, Sabotage und Datendiebstahl von rund 55 Milliarden Euro.^[45] Unternehmen reagieren darauf mit steigenden Ausgaben für Produkte und Dienstleistungen der Informationssicherheit im Jahr 2017 auf 86,4 Milliarden US-Dollar, was einem Anstieg von sieben Prozent gegenüber 2016 entspricht. Die Ausgaben dürften 2018 auf 93 Milliarden US-Dollar ansteigen.^[46]

Betroffene Branchen und Anwendungen

Im Jahr 2015 waren weltweit insbesondere der öffentliche Sektor, die Industrie und wissensintensive Dienstleister von Cyberangriffen betroffen, so eine globale Sicherheitsstudie von Verizon.^[47] Der Verfassungsschutz stuft folgende Branchen in Deutschland als besonders gefährdet ein: Informations- und Kommunikationstechnik, Biotechnologie, Optoelektronik, Automobil- und Maschinenbau, Luft- und Raumfahrttechnik sowie Energie- und Umwelttechnologie. Im Fokus stehen meist kleine und mittlere Unternehmen.^[48]

Insbesondere Veränderungen im Bereich Internet of Things (60 Prozent), kritische Infrastrukturen (51 Prozent), Cloud Computing (46 Prozent), Datenschutz (35 Prozent) und Big Data (21 Prozent) erfordern laut einer Studie des eco-Verbands Veränderungen in der IT-Security.^[49]

IT-Sicherheitslage in deutschen Unternehmen

Der durchschnittliche Indexwert² für das IT-Schutzniveau von Unternehmen in Deutschland liegt bei 56,4 und ist damit als „mittelmäßig“ einzustufen. Studienergebnisse der Bundesdruckerei zeigen, dass das Sicherheitsniveau sich mit zunehmender Unternehmensgröße verbessert.^[50]

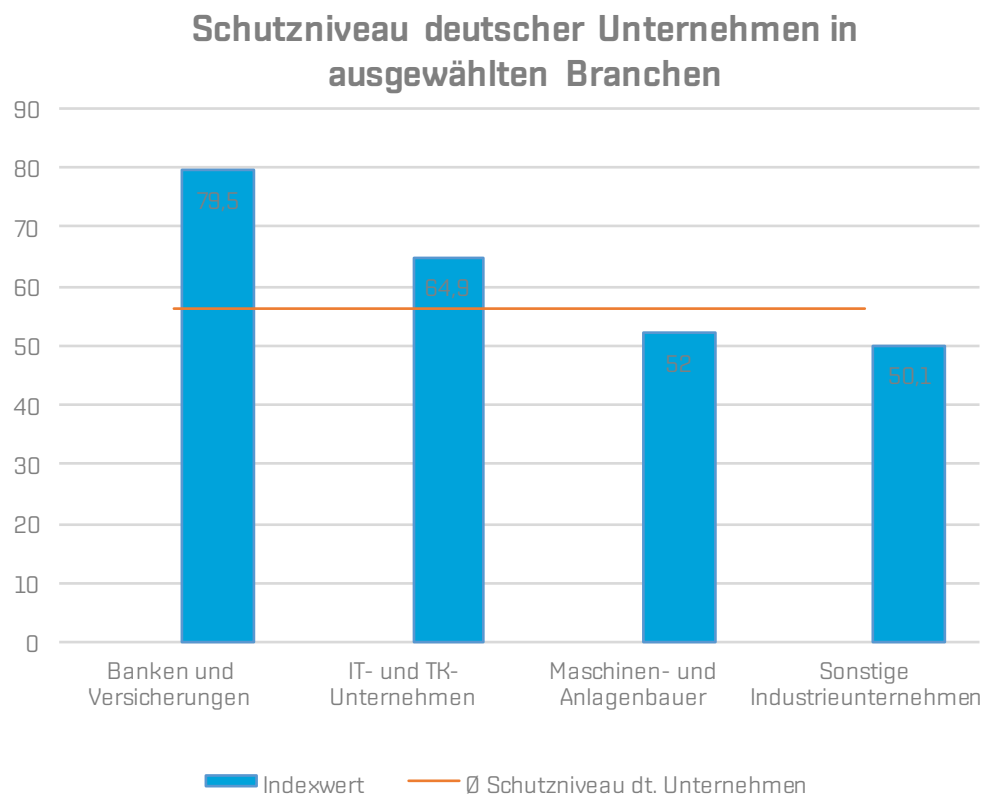


Abbildung 1: Schutzniveau deutscher Unternehmen in ausgewählten Branchen. Quelle: Eigene Darstellung nach Bundesdruckerei.

Neben der Größe des Unternehmens ist die Branche ein Indikator für das Schutzniveau. Allerdings korreliert diese nicht mit dem Grad der Implementierung von digitalen Technologien und Konzepten: So schneiden Maschinen- und Anlagenbauer sowie sonstige Industrieunternehmen trotz des wachsenden Einsatzes von Industrie 4.0-Konzepten beim Sicherheitsniveau im Branchenvergleich am schlechtesten ab. Deutlichen Vorsprung bei der Umsetzung von IT-Sicherheitsmaßnahmen hat der Finanzsektor. Mit einem Indexwert von 79,5 liegen Banken und Versicherungen fast 20 Punkte vor den Zweitplatzierten, den IT- und Telekommunikations-Unternehmen^[51]

IT-Sicherheitslandschaft in Europa, Deutschland und NRW

Die Bemühungen der Europäischen Union zum Schutz gegen die wachsende Bedrohung durch Cyberangriffe sind vielfältig: Die Richtlinie über Netz- und Informationssicherheit (NIS-Richtlinie) enthält u. a. Sicherheitspflichten für Betreiber wesentlicher Dienste (in kritischen Sektoren wie Energie, Verkehr, Gesundheit und Finanzen) und Anbieter digitaler Dienste (Online-Marktplätze, Online-Suchmaschinen und Cloud-Computing-Dienste). Bis Mai 2018 haben die EU-Mitgliedsstaaten Zeit, die NIS-Richtlinie umzusetzen.^[52]

2 Indexwert-Bildung: „Der sich ergebende Index-Wert beschreibt dann das Maß, in dem sich das jeweilige Unternehmen durch betriebseigene Maßnahmen vor IT-Sicherheitsrisiken schützt: Während ein Indexwert von 0 bedeutet, dass das betreffende Unternehmen gar keine der genannten Sicherheitsmaßnahmen anwendet, besagt ein Indexwert von 100, dass alle erhobenen Sicherheitsmaßnahmen angewendet werden. In den so gebildeten Gesamtindex gehen alle 26 genannten IT-Sicherheitsmaßnahmen ein: zwölf technische, zehn organisatorische und vier personelle, wobei die technischen Maßnahmen mit einem Gewicht von 50 Prozent in den Index eingehen, die organisatorischen und personellen jeweils mit einem Gewicht von 25 Prozent“ (Bundesdruckerei GmbH, 2017).

Im Rahmen des Förderprogramms Horizon 2020 - Work Programm 2018-2020 Information und Communication Technologies fördert die Europäische Union im Call Cybersecurity Forschung und Entwicklung für diesen Bereich.^[53]

Die European Cyber Security Organisation (ECSO), eine öffentlich-private Partnerschaft auf EU-Ebene in der NRW vertreten ist, wurde im Juni 2016 ins Leben gerufen und zielt auf eine effiziente und vor allem bedarfsgerechte Förderung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten mit Schwerpunkt IT-Sicherheit. Zusätzlich fördert die Europäische Union zahlreiche weitere interregionale Partnerschaften, u. a. im Bereich Cybersecurity. Ziel ist es, IT-Security-Akteure entlang der gesamten Wertschöpfungskette zusammenzubringen, Wissenstransfer zu fördern und SynergiePotentiale zu identifizieren.

Auch auf nationaler Ebene gibt es zahlreiche Anstrengungen: Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) verfolgt als Einrichtung des Bundes das Hauptziel, die präventive Förderung der IT-Sicherheit zu stärken. Hierfür erarbeitet das BSI u. a. einheitliche Mindeststandards und Handlungsempfehlungen zur IT-Sicherheit.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanziert u. a. drei IT-Sicherheits-Kompetenzzentren - CISPA in Saarbrücken, CRISP in Darmstadt und KASTEL in Karlsruhe. Ziel ist es, Lösungen für die Kernprobleme der IT-Sicherheit und des Datenschutzes für eine digitale Gesellschaft zu erarbeiten. Mit dem Förderprogramm „Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015-2020“^[54] des BMBF fördert die Bundesregierung erstmals ressortübergreifend alle Forschungsaktivitäten im Bereich der IT-Sicherheit. Ziel ist es, die Forschung auf diesem Gebiet zu stärken.

NRW ist einer der Hotspots für die IT-Sicherheit in Deutschland. Zurzeit arbeiten rund 700 Wissenschaftler an 20 Forschungseinrichtungen und Universitäten im Bereich IT-Sicherheit.^[55] NRW-weit gibt es mehr als 400 IT-Sicherheitsunternehmen, darunter sowohl Big Player als auch zahlreiche KMU. Die Aktivitäten sind vielfältig:

Im Jahr 2015 wurde der IT-Sicherheits-Round-Table etabliert und wird von führenden IT-Sicherheitsunternehmen, wichtigen Großunternehmen, innovativen Hochschulen, NRW-Netzwerken sowie Verbänden geführt. Koordiniert wird der Round-Table vom Wissenschaftsministerium. Aus der Arbeit hervorgegangen sind u. a. das Strategiepapier IT-Sicherheit für NRW 4.0^[56] und die Forschungsagenda Human Centered Systems Security^[57], die erstmals den „Faktor Mensch“ im Bereich der IT-Sicherheitsforschung in den Mittelpunkt rückt.

Die nordrhein-westfälische Landesregierung (CDU/FDP) hat in ihrem Koalitionsvertrag festgelegt, eine landesweite IT-Sicherheitsstrategie für alle öffentlichen Stellen und relevanten Infrastrukturen zu erarbeiten und schlagkräftige Strukturen im Kampf gegen Cybercrime aufzubauen. Hierzu soll ein „Cyber Security Competence Center“ als Servicestelle für Wirtschaft und Landesverwaltung entstehen. Ein Förderschwerpunkt des aktuellen Leitmarktwettbewerbs IKT.NRW liegt im Bereich Cyber Physical Security. Gefördert werden in diesem Bereich innovative Ideen aus NRW zum Thema „IT-Sicherheit für die Wirtschaft: Schutz und Sicherheit in einer vernetzten Welt“.

6. CPS.HUB NRW – COMPETENCE CENTER FOR CYBER PHYSICAL SYSTEMS

Als Innovationsmotor für die digitale Transformation treibt CPS.HUB NRW – Competence Center for Cyber Physical Systems die Weiterentwicklung der technologischen Basis für intelligente vernetzte Systeme voran. CPS.HUB NRW adressiert dabei die wichtigen Zukunftsthemen wie Machine Learning und künstliche Intelligenz, IT-Security und 5G. Im CPS.HUB NRW werden das vorhandene Wissen und die Fachdisziplinen-spezifische Kompetenz zusammengeführt und gemeinsam weiterentwickelt. Auf dieser Plattform gelingt es immer mehr nordrhein-westfälischen Innovationsakteuren technologisches und wirtschaftliches Digitalisierungspotential vollumfänglich auszuschöpfen.

Das Netzwerk von CPS.HUB NRW umfasst aktuell mehr als 950 Experten aus Forschung, Wirtschaft, Politik, Verbänden und gesellschaftlichen Gruppen, die gemeinsam in 12 Fachgruppen daran arbeiten, die Chancen und Herausforderungen von Cyber Physical Systems nutzbar zu machen. Und so entsteht ein Wissensvorsprung: CPS.HUB NRW identifiziert und diskutiert Forschungs- und Entwicklungsfragen, unterstützt u. a. KMU und Start-ups, beschleunigt Know-how-Transfer und bietet vielfältige und umfangreiche Fach-Publikationen zu den CPS-Technologien.

Die Website www.cps-hub-nrw.de fungiert als zentrale Informations- und Kollaborationsplattform. Täglich werden dort aktuelle Nachrichten und Termine veröffentlicht – das Spektrum reicht von aktuellen Entwicklungen und Best-Practices über innovative Projekte und Angebote aus der NRW-CPS-Branche bis hin zu Studien- und Tagungsergebnissen sowie Informationen über Ausschreibungen und Wettbewerbe.

CPS.HUB NRW ist ein öffentlich gefördertes Projekt, das aus Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen finanziert wird. Neben der Bergischen Universität Wuppertal als Konsortialführer sind die Universität Duisburg-Essen, die Universität Paderborn und die Technische Universität Dortmund im Konsortium vertreten.

QUELLENVERZEICHNIS

- 1 Gabler Wirtschaftslexikon, Künstliche Intelligenz. Online abrufbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kuenstliche-intelligenz-ki.html>, Zugriffsdatum: 10.01.2018.
- 2 Institut für Informatik der Universität Paderborn: <http://www2.cs.uni-paderborn.de/cs/ag-klbue/de/courses/ss05/gwbs/ai-intro-ss05-slides.ps.nup.pdf>, Zugriffsdatum: 10.01.2018.
- 3 Bitkom e.V. (2017): Weltmarkt für Cognitive Computing vor dem Durchbruch. Online abrufbar unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Weltmarkt-fuer-Cognitive-Computing-vor-dem-Durchbruch.html>, Zugriffsdatum: 18.10.2017.
- 4 Daugherty, Paul / Purdy, Marc (2017): Why artificial Intelligence is the Future of Growth. Online abrufbar unter: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-33/Accenture-Why-AI-is-the-Future-of-Growth.pdf, Zugriffsdatum: 25.10.2017.
- 5 McKinsey & Company (2017): Smartening up with Artificial Intelligence (AI) - What's in it for Germany and its Industrial Sector? Online abrufbar unter: https://www.mckinsey.de/files/170419_mckinsey_ki_final_m.pdf, Zugriffsdatum: 13.11.2017.
- 6 Price Waterhouse Coopers (2017): Sherlock in Health - How artificial intelligence may improve quality and efficiency, whilst reducing healthcare costs in Europe. Online abrufbar unter: <https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf>, Zugriffsdatum: 09.1.2018.
- 7 McKinsey & Company (2017): Smartening up with Artificial Intelligence (AI) - What's in it for Germany and its Industrial Sector? Online abrufbar unter: https://www.mckinsey.de/files/170419_mckinsey_ki_final_m.pdf, Zugriffsdatum: 13.11.2017.
- 8 BWK das Energiefachmagazin (2017): Ressourceneinsparung durch Künstliche Intelligenz. Online abrufbar unter: <https://www.energiefachmagazin.de/2017/Ausgabe-12/Energie-Forum/Ressourceneinsparung-durch-Kuenstliche-Intelligenz>, Zugriffsdatum: 09.1.2018.
- 9 Lernende Systeme - die Plattform für künstliche Intelligenz (2017): Wissen bündeln, Perspektiven aufzeichnen. Online abrufbar unter: <http://www.plattform-lernende-systeme.de/ueber-die-plattform.html>, Zugriffsdatum: 07.11.2017.
- 10 Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Bekanntmachung. Richtlinie zur Förderung von Kompetenzzentren zur automatisierten Analyse von Daten mittels Maschinellen Lernens im Rahmen des Förderprogramms „IKT 2020 - Forschung für Innovationen“, erschienen in: Bundesanzeiger vom 01.06.2017. Online abrufbar unter: <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1367.html>, Zugriffsdatum: 07.11.2017.
- 11 Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2017): Die Regierungserklärung im Wortlaut. Online abrufbar unter: <https://www.land.nrw/de/die-regierungserklaerung-im-wortlaut>, Zugriffsdatum: 10.11.2017
- 12 Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (2017): IKT.NRW - Gesucht: Neue Ideen für den Leitmarkt Informations- und Kommunikationswirtschaft in NRW. Online abrufbar unter: https://www.leitmarktagentur.nrw/lw_resource/datapool/_items/item_551/aufruf_2_ikt.pdf, Zugriffsdatum: 19.12.2017.
- 13 Gabler Wirtschaftslexikon (2017): Blockchain. Online abrufbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/blockchain.html>, Zugriffsdatum: 09.01.2018.
- 14 Weiland, Guido (2017): Blockchain - Der Enabler für das Internet der Werte. Online abrufbar unter: <https://cps-hub-nrw.de/knowledgebase/presentation/4194-blockchain-der-enabler-fur-das-internet-der-werte>, Zugriffsdatum: 09.01.2018.

- 15 Gartner Inc. (2017): Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017. Online abrufbar unter: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- Gartner Inc. (2016): Hype Cycle for Emerging Technologies, 2016. Online abrufbar unter: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- Gartner Inc. (2015): Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015. Online abrufbar unter: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- 16 World Economic Forum (2015): Deep Shift Technology Tipping Points and Societal Impact. Online abrufbar unter: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GAC15_Technological_Tipping_Points_report_2015.pdf, Zugriffsdatum: 18.10.2017.
- 17 CoinDesk / Dow Jones (VentureSource) / Venture Scanner / CrunchBase (2017): Volumen der weltweiten Venture Capital-Investitionen in Blockchain-Technologien von 2012 bis zum 3.Quartal 2016. Online abrufbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/654326/umfrage/venture-capital-investitionen-in-blockchain-technologien-weltweit/>, Zugriffsdatum: 23.10.2017.
- 18 Prof. Dr. Böcker, Jens (2017): Forschungsprojekt Blockchain. Ergebnisbericht.
- 19 PricewaterhouseCoopers Aktiengesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2016): Blockchain - Chance für die Energieverbraucher?. Eine Kurzstudie für die Verbraucherzentrale NRW. Online abrufbar unter: <https://www.pwc.de/de/energiewirtschaft/blockchain-chance-fuer-energieverbraucher.pdf>. Zugriffsdatum: 20.10.2017.
- 20 Wuppertaler Stadtwerke (2017): Wuppertaler Stadtwerke starten ersten Blockchain-Handelsplatz für Ökostrom. Online abrufbar unter: <https://www.presseportal.de/pm/128710/3793633>, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 21 Statista GmbH (2017): Daten und Statistiken zum Thema Bitcoin. Online abrufbar unter: <https://de.statista.com/themen/2087/bitcoin/>, Zugriffsdatum: 23.10.2017.
- 22 PwC's Digital Services (2017): PwC-Survey: Blockchain in Financial Services. Aktueller Stand der Etablierung von Blockchain in Banken in Deutschland. Online abrufbar unter: <https://www.pwc.de/de/finanzdienstleistungen/assets/blockchain-in-fs.pdf>, Zugriffsdatum: 22.10.2017.
- 23 Republic of Estonia (2017). E-Residency. Online abrufbar unter: <https://e-resident.gov.ee/>, Zugriffsdatum: 04.01.2018.
- 24 European Parliament (2017): Parliamentary Questions. E-009012/2016. Online abrufbar unter: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=E-2016-009012&language=EN>, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 25 Blockchainwelt (2017): Horizon 2020: EU-Kommission investiert in Blockchain. Online abrufbar unter: <https://blockchainwelt.de/horizont-2020-eu-kommission-blockchain/>, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 26 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Innovationspolitische Eckpunkte - Mehr Ideen in den Markt bringen. Online abrufbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/1/innovationspolitische-eckpunkte-lang.pdf?__blob=publicationFile&v=16, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 27 Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Bekanntmachung. Richtlinie über die Förderung zum Themenfeld „Zivile Sicherheit - Kritische Strukturen und Prozesse in Produktion und Logistik“ im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit“ der Bundesregierung, erschienen in: Bundesanzeiger 15.09.2017. Online abrufbar unter: <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1402.html>, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 28 Blockchain Bundesverband (2017): Blockchain. Chancen und Herausforderungen einer neuen digitalen Infrastruktur für Deutschland. Online abrufbar unter: http://bundesblock.de/wp-content/uploads/2017/10/bundesblock_positionspapier_v1.1.pdf, Zugriffsdatum: 22.11.2017.
- 29 5G-Anbieter.info (2017): Vorteile von 5G. Online abrufbar unter: <http://www.5g-anbieter.info/5g-vorteile.html>, Zugriffsdatum: 10.01.2018.
- 30 Sopra Steria AG (2017): Telekommunikationsbranche braucht künstliche Intelligenz für 5G. Viele KI-Anwendungen werden erst mit schnellen 5G-Netzen möglich. Online abrufbar unter: <https://www.soprasteria.de/newsroom/news/telekommunikationsbranche-braucht-k%C3%BCnstliche-intelligenz-f%C3%BCr-5g>, Zugriffsdatum: 13.10.2017.

- 31 Reichl, Wolfgang / Dr. Ruhle, Ernst-Olav / Wirsing, Stephan (2017): Mobilfunk der 5. Generation. Auswirkungen auf Markt, Wirtschaft und öffentliche Hand. SBR-Diskussionsbeitrag Nr. 21. Online abrufbar unter: http://www.sbr-net.com/images/170701_SBR_Diskussionsbeitrag_5G_1.0.pdf, Zugriffsdatum: 18.10.2017.
- 32 Ericsson SE (2017): The 5G Business Potential. Industry digitalization and the untapped opportunities for operators. Online abrufbar unter: http://www.5gamericas.org/files/7114/9971/4226/Ericsson_The_5G_Business_Potential.pdf, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- 33 Ericsson SE (2017): 5G Readiness Survey 2017. An assessment of operators' progress on the road to 5G. Online abrufbar unter: <http://en.itnews24hrs.com/wp-content/uploads/2017/10/16102017-5G-Readiness-Survey-Report.pdf>, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- 34 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): 5G – Mobilfunk- und Netztechnologie der Zukunft. Online abrufbar unter: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g-aktivitaeten-in-deutschland.html>, Zugriffsdatum: 06.11.2017.
- 35 Europäische Kommission (2016): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. 5G für Europa: ein Aktionsplan. Online abrufbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52016DC0588>, Zugriffsdatum: 19.10.2017.
- 36 Europäisches Parlament (2017): 5G: Motor für Wachstum und Innovation. Online abrufbar unter: <http://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20170529ST076266/5g-motor-fur-wachstum-und-innovation>, Zugriffsdatum: 19.10.2017.
- 37 Bundesnetzagentur (2016): Eckpunkte für den Ausbau digitaler Infrastrukturen und Bedarfsermittlung für bundesweite Zuteilung in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz. Online abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/EckpunkteBedarfsermittlung.pdf?__blob=publicationFile&v=1, Zugriffsdatum: 13.10.2017.
- 38 Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): 5G – Initiative für Deutschland. Eine Initiative des BMVI zur Entwicklung einer Strategie zur Einführung der nächsten Mobilfunkgeneration 5G in Deutschland. Online abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bmvi-initiative-5-schritte-zu-5g.pdf?__blob=publicationFile, Zugriffsdatum: 13.10.2017.
- 39 Breitband.NRW: Masterplan Gigabit. Online abrufbar unter: <https://www.breitband.nrw.de/breitbandausbau-in-nrw/masterplan-gigabit.html>, Zugriffsdatum: 09.01.2018.
- 40 Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie (2017): IKT.NRW – Gesucht: Neue Ideen für den Leitmarkt Informations- und Kommunikationswirtschaft in NRW. Online abrufbar unter: https://www.leitmarktagentur.nrw/lw_resource/datapool/_items/item_551/aufruf_2_ikt.pdf, Zugriffsdatum: 19.12.2017.
- 41 RWTH Aachen University (2017): Eröffnung des "5G Mobility Lab" auf dem Aldenhoven Testing Center. Online abrufbar unter: <http://www.rwth-aachen.de/cms/root/Die-RWTH/Aktuell/Pressemittelungen/September-2017/~oktq/Eroeffnung-des-5G-Mobility-Lab-auf-dem/>, Zugriffsdatum: 13.10.2017.
- 42 Bundeskriminalamt (2017): Cybercrime. Bundeslagebild 2016. Online abrufbar unter: https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/Cybercrime/cybercrime-Bundeslagebild2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3, Zugriffsdatum: 10.11.2017.
- 43 Landeskriminalamt Niedersachsen (2015): Befragung zur Sicherheit und Kriminalität in Niedersachsen. Online abrufbar unter: <http://www.lka.niedersachsen.de/forschung/dunkelfeldstudie/dunkelfeldstudie-befragung-zu-sicherheit-und-kriminalitaet-in-niedersachsen-109236.html>, Zugriffsdatum: 10.11.2017.
- 44 Hiscox Group (2017): Hiscox Cyber Readiness Report 2017. Online abrufbar unter: <http://www.hiscox.com/cyber-readiness-report.pdf>, Zugriffsdatum: 25.10.2017.
- 45 Digitalverband Bitkom e.V. (2017): Spionage, Sabotage, Datendiebstahl: Deutscher Wirtschaft entsteht jährlich ein Schaden von 55 Milliarden Euro. Online abrufbar unter: <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Spionage-Sabotage-Datendiebstahl-Deutscher-Wirtschaft-entsteht-jaehrlich-ein-Schaden-von-55-Milliarden-Euro.html>, Zugriffsdatum: 25.10.2017.

- 46 Gartner Inc. (2017): Gartner Says Worldwide Information Security Spending Will Grow 7 Percent to Reach \$86.4 Billion in 2017. Online abrufbar unter: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3784965>, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 47 Verizon (2016): Data Breach Investigations Report. Online abrufbar unter: http://www.verizonenterprise.com/resources/reports/rp_dbir-2016-executive-summary_xg_en.pdf, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 48 Bundesamt für Verfassungsschutz der Bundes und der Länder (2015): Wirtschaftsspionage. Risiko für Unternehmen, Wissenschaft und Forschung. Online abrufbar unter: <https://www.verfassungsschutz.de/download/broschuere-2014-07-wirtschaftsspionage.pdf>, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 49 Eco Verband (2017): Studie IT-Sicherheit 2017. Ein Report der eco Kompetenzgruppe Sicherheit unter der Leitung von Oliver Dehning. Online abrufbar unter: https://www.eco.de/wp-content/blogs.dir/eco_report_it-sicherheit-2017.pdf, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 50 Bundesdruckerei GmbH (2017): Digitalisierung und IT-Sicherheit in deutschen Unternehmen. Eine repräsentative Studie erstellt von der Bundesdruckerei GmbH in Zusammenarbeit mit KANTAR EMNID. Online abrufbar unter: https://www.bundesdruckerei.de/de/system/files/dokumente/pdf/Studie-Digitalisierung_und_IT-Sicherheit.pdf, Zugriffsdatum: 25.10.2017.
- 51 Ebenda
- 52 European Parliament and the Council of the European Union (2016): Richtlinie (EU) 2016/1148 of the European Parliament and the Council of 6 July 2016 concerning measures for a high common level of security of network and information systems across the Union. Online abrufbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L1148&from=EN>, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- 53 European Commission (2017): EN Horizon 2020. Work Programme 2018-2020. 5.i. Information and Communication Technologies. Online abrufbar unter: http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-leit-ict_en.pdf, Zugriffsdatum: 08.01.2018.
- 54 Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016): Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015-2020. Forschungsrahmenprogramm der Bundesregierung zur IT-Sicherheit. Online abrufbar unter: https://www.bmbf.de/pub/Forschungsrahmenprogramm_IT_Sicherheit.pdf, Zugriffsdatum: 05.01.2018.
- 55 nrwuniTS (2017): IT-Sicherheitsforschung in Nordrhein-Westfalen. Online abrufbar unter: <http://www.nrw-units.de/forschung/>, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 56 Prof. Dr. Pohlmann, Norbert / Prof. Dr. Holz, Thorsten / Barchnicki, Sebastian (2016): IT-Sicherheit für NRW 4.0. Gemeinsam ins digitale Zeitalter. Aber sicher. Online abrufbar unter: https://www.it-sicherheit-nrw.de/download/Strategiepapier_IT-Sicherheit_NRW_Web.pdf, Zugriffsdatum: 26.10.2017.
- 57 Prof. Dr. Bodden, Eric / Prof. Dr. Holz, Thorsten / Prof. Dr. Pohlmann, Norbert / Prof. Dr. Smith, Matthew / Hoffmann, Jörg (2016): Human-Centered Systems Security. IT-Sicherheit von Menschen für Menschen. Online abrufbar unter: https://www.it-sicherheit-nrw.de/download/Strategiepapier_IT-Sicherheit-von-Menschen-fuer-Menschen.pdf, Zugriffsdatum: 26.10.2017.