

## Materialien

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c.  
Paul J. Kühn

## Informationstechnische Gestaltung einer nachhaltigen Digitalisierung

Expertise für das WBGU-Hauptgutachten  
„Unsere gemeinsame digitale Zukunft“

**Berlin 2018**



## "Informationstechnische Gestaltung einer nachhaltigen Digitalisierung"

Auftrag: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU)

Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing.E.h. Dr. h.c. Paul J. Kühn

Universität Stuttgart, Institut für Kommunikationsnetze und Rechnersysteme (IKR)

Datum: 1.10. 2018

---

### **Kurzfassung:**

Nach einem Überblick über die historische Entwicklung der Digitalisierung seit den ersten Apparaten zur Durchführung von Rechenoperationen, zu Problemlösungs-Algorithmen und ihre Ablaufsteuerung durch Programm-Software entstand durch die Vernetzung von Computern eine weltumfassende "Cloud" zu einer virtualisierten Welt oberhalb der realen Welt. Abschnitt 1 geht auf die historische Entwicklung der Digitalisierung ein. Durch die Speicherung von Daten und dem schnellen Zugriff zur Verarbeitung ist ein virtueller Lösungsraum ("virtuelle Realität") entstanden, welche nahezu alle Bereiche des Lebens umfaßt, in der sich der Mensch nur bedingt wiederfindet als Teil einer Informationsgesellschaft, welche die Arbeitsweisen stark verändert, existenzielle Sinnfragen auslöst und zu einer nachhaltigen Gestaltung unserer Gesellschaft Anlass gibt. Verschiedene Optionen, Ansätze und Aktionen dazu werden in Abschnitt 2 referiert. In Abschnitt 3 werden aktuelle Problemfelder identifiziert, ihre Funktionen und Auswirkungen auf den Menschen, die Gesellschaft und die Umwelt exemplarisch identifiziert, Lösungsansätze diskutiert und Handlungsalternativen vorgeschlagen. Es liegt in der Natur der Sache, daß keine abschließenden Ergebnisse erwartet werden dürfen, sondern vielmehr zu einer Auseinandersetzung mit der Problematik und deren Lösungsmöglichkeiten dient.

### **Gliederung:**

1. Historische Entwicklung der Digitalisierung
  - 1.1 Entwicklung von Rechner- und Speichersystemen
  - 1.2 Algorithmen, Programmierung und Softwaresysteme
  - 1.3 Vernetzung
  - 1.4 Mensch und Informationsgesellschaft
2. Herausforderungen und Ziele einer nachhaltigen informationstechnischen Gestaltung
  - 2.1 UN-Sustainable Development Goals (SDG-Process)
  - 2.2 WBGU-Prämissen und Schlüsselfragen
  - 2.3 Forschung
  - 2.4 Wissenschaftliche Studien und Stellungnahmen
3. Aktuelle Problemfelder und Gestaltungsoptionen durch Digitalisierung
  - 3.1 Big Data
  - 3.2 Künstliche Intelligenz
  - 3.3 Edge/Cloud Computing
  - 3.4 Optionen nachhaltiger Entwicklungen ausgewählter Anwendungsbereiche
    - 3.4.1 Mobilität
    - 3.4.2 Energie
    - 3.4.3 Umwelt und Ernährung
    - 3.4.4 Automatisierung "Industrie 4.0"
    - 3.4.5 Medizin und Gesundheitswesen
    - 3.4.6 Infrastrukturen
    - 3.4.7 Bildung
4. Zusammenfassung

# 1. Historische Entwicklung der Digitalisierung

## 1.1 Entwicklung von Rechner- und Speichersystemen

Hilfsmittel zur Berechnung von Summen begannen mit dem **Abakus** bereits vor drei Jahrtausenden, einem Rechenbrett aus Stangen mit verschiebbaren Kugeln zur Durchfuehrung von Grundrechenarten und ist z.T. heute noch in Gebrauch. 1623 entwarf Wilhelm **Schickhard** (Tübingen) eine mechanische Rechenmaschine zur Addition von bis zu 6-stelligen Zahlen. Konrad **Zuse** baute 1941 die erste elektro-mechanische und programmierbare Rechenmaschine aus Relais-Elementen zur binären Gleitkommarechnung und gilt heute als der Erfinder des Computers und damit einhergehend der "Digitalisierung". Howard **Aiken** entwarf 1944 den Computer Howard Mark I aus elektronischen Röhren, der später mit Magnetspeicher und magnetischem Trommelspeicher als Mark IV die eigentliche Computer-Ära einleitete. Mit der Erfindung des elektronischen Elementes "Transistor" erfuhr die Computer-Entwicklung in den 1950-er Jahren einen wesentlichen Schub zur Miniaturisierung, die in den 1960er Jahren mit der mikroelektronischen Realisierung von ganzen Schaltungskomplexen (Integrierte Schaltkreise, Planartechnologie) ) einen bislang unvergleichbaren und bis heute ungebrochenen Siegeszug einleitete, wonach sich die Computerleistung nach dem sog. **Moore'schen Gesetz** alle 18 Monate verdoppelt, d.h., einem exponentiellen Wachstum folgt.

Die Entwicklung der Computer- "Hardware" in Planartechnologie stößt inzwischen an Grenzen der Miniaturisierung durch das beschränkte Auflösungsvermögen von optischen und Röntgen-Strahlen und hat inzwischen zu einer 3-dimensionalen Technik geführt in Form der 3D-TLC-NAND - Elemente. Weitere Entwicklungen vollziehen sich beim Übergang von der elektronischen zur quantenmechanischen Realisierung, von der insbesondere hochkomplexe kryptografische Anwendungen erwartet werden. Die Ablaufsteuerung von Rechenprozessen erfolgt durch ein Ablaufschema aus einzelnen elementaren Schritten, wie die Bereitstellung/Abspeicherung von Operanden, deren Verknüpfung miteinander durch hardwarenahe Befehlsfolgen in Form einer "maschinennahen Programmierung", welche bereits parallel ausführbare Operationen einschließt und besonders effizient durchgeführt werden kann.

Stand über Jahrzehnte die effiziente Verarbeitung von Daten im Vordergrund der Anwendung, spielen inzwischen diese **Daten** selbst eine Schlüsselrolle, denn Daten sind Parameter des "Wissens" und stellen damit einen Wert dar als Grundlage von Entscheidungs-, Produktions- und Geschäftsprozessen, wie die in den letzten beiden Jahrzehnten an die Spitze der weltweit aufgestiegenen Unternehmen Google, Facebook und Amazon belegen. Die größten Rechenzentren sind über Hochgeschwindigkeits-Glasfasernetze global verbunden und bilden eine "**Cloud**". Zur Nutzung dieser Daten sind effiziente Such- und Verarbeitungsprozesse erforderlich, sie stellen die Grundlage der Entwicklung zur "Digitalisierung" dar ("Big Data"). Allein deren Energiebedarf beträgt zur Zeit etwa 1,5 % des globalen Energiebedarfs, das ist höher als der Energiebedarf der gesamten weltweiten Luftfahrt. Damit einhergehend verlagern sich auch die Verarbeitungsprozesse von dezentralen Einrichtungen auf die Cloud, sie werden modellhaft "virtualisiert", auf hocheffizienten Rechnern mit Zugriff auf im Prinzip global verfügbaren Daten ausgeführt ("Edge Computing") und das Ergebnis nur noch vor Ort umgesetzt, auch bekannt als "Network Function Virtualization"/"Software-Defined Networking"(NFV/SDN). Hiermit ergeben sich enorme Potenziale nicht nur hinsichtlich Effizienz, sondern insbesondere auch hinsichtlich schnellerer Änderungs- und Anpassungsmöglichkeiten durch Austausch von Softwaremodulen/Daten **ohne** Eingriff in die Hardwarestruktur, sowie durch Optimierungen des Betriebsmanagements.

## 1.2 Algorithmen, Programmierung und Softwaresysteme

Wesentliches funktionales Element der Digitalisierung sind **Algorithmen**, d.h. eine formale Beschreibung zur Lösung eines Problems durch wohldefinierte (meist elementare) Einzelschritte anstelle von geschlossenen, formelmäßigen Ausdrücken. Algorithmen sind deshalb besonders geeignet zur maschinenunterstützten Problemlösung. Algorithmen stellen heute den Schlüssel zur Digitalisierung dar, welche in Form der Programmierung und ihrer Ablaufsteuerung mittels Computersystemen ausgeführt werden. Typen von Algorithmen sind z.B. geeignet für effiziente Suchprozesse, Sortiervorgänge, Bild- Be- und -Verarbeitung, automatische Sprachübersetzung, automatisierte Fertigungsabläufe oder zur Navigationsunterstützung.

**Programmierung** ist ein Verfahren der formalen Problemlösungsbeschreibung auf höherer Ebene, möglichst nahe an Ausdrucksformen der menschlichen Kommunikationssprachen, welche allerdings wesentlich formaler und weniger facettenreich (und damit weniger mehrdeutig) sind und i.a. keine speziellen Computerkenntnisse erfordern. Die ersten Programmier-Hochsprachen waren FORTRAN, ALGOL, PASCAL und C, die inzwischen durch eine Vielzahl von anwendungsspezifischen Sprachen ergänzt wurden wie z.B. COBOL für kaufmännische Anwendungen. Diese Programmiersprachen wurden ab der 1980-er Jahre erweitert durch den Objektbegriff und damit wesentlich "intellektueller" durch Konzepte wie "Klassen", "Typen", "Kapselung", "Vererbung" und "Polymorphie"; Beispiele dazu sind Simula, C++, Ada und Java. Insbesondere sind anwendungsspezifische Sprachen zu nennen, welche bestimmte Problemklassen besonders unterstützen wie z.B. die System-Simulation (wie z.B. OMNeT++), mathematische Probleme (wie z.B. MATLAB) und für eine Vielzahl weiterer Anwendungen. Eine Vielzahl von spezifischen Anwendungen werden auf mobilen Endgeräten wie Smart-Phones auch als sog. "Apps" angeboten bzw. können über das "Netz" heruntergeladen und ausgeführt werden. z.B. zur Fernbedienung von Operationen.

**Softwaresysteme** gehen über die Begrifflichkeit von Algorithmen und Programmierung hinaus und beschreiben die softwaretechnische Durchführung von Anwendungsproblemen, sie sind Gegenstand des Gebietes des Software Engineering und adressieren Aspekte wie Entwurfs-Methodik, Entwurfsphasen, Lebenszyklus, Versionsmanagement, etc.. Sie stellen das Gerüst zur Anwendung von modernen computerbasierten Ablaufvorgängen in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung dar.

### 1.3 Vernetzung

Die Vernetzung von Computersystemen begann Ende der 1960-er Jahre mit der Anbindung von dezentralen (Benutzer-) Terminals, wodurch der Anwender nicht mehr zum Computer gehen mußte, sondern der Computer kam zum Anwender vor Ort durch eine Übertragungsleitung. Die ersten Terminals waren reine Ein-/Ausgabegeräte mit ihren Ablaufsteuerungen und bildeten mit dem Zentralrechner ein sog. "Teilnehmer-Rechensystem". Mit der Erfindung des Mikrocomputers entstanden Ende der 1970-er Jahre die ersten Workstations, d.h. eigenständige Computer mit Ein-/Ausgabe-Peripherie, die an die zentralen Großrechner angeschlossen waren. Die eigentliche Vernetzung entstand einmal für die Zentralrechner eines Unternehmens untereinander oder mit Rechnern anderer Universitäten oder Unternehmen im Fernbereich über hochratige Kommunikationsnetze in Form drahtgebundener elektrischer Leiter und später optische Lichtwellen-Leiter sowie Vermittlungseinrichtungen (Router) und Übertragungs-Protokolle. Im Lokalbereich geschieht dies durch drahtgebundene Leiter in Form von Local Area Networks (LANs) oder drahtlosen Netzen (Wireless LANs) und ab den 1990-er Jahren mit den aufgekommenen öffentlichen Netzen der Mobilkommunikation über Funknetze der 2. und 3. Generation (2G, 3G). Die gesamte Computer-Kommunikation erfolgt Paket-orientiert, d.h. durch Austausch von Informationspaketen (Packets oder Frames, bestehend aus **binären** Informationselementen) und zugehörige Ablauf-Protokolle zur sicheren bzw. gesicherten Übertragung über fehlerbehaftete Kanäle oder kapazitätsbeschränkte Vermittlungseinrichtungen. Die anfänglich in den 1970-er Jahren eingeführten Rechnernetze der Netzbetreiber wurden schrittweise durch das sich in den 1980-er Jahren ausdehnende weltweite "Internet" verdrängt, das damit eine globale Rechner-zu-Rechner-Kommunikation erlaubte. Erst diese globale Vernetzung vollendete die Entwicklung der Digitalisierung zu einem global vernetzten Informationssystem, über das neuartige Dienste angeboten werden können wie der Zugriff auf Datenbanken (das "Web"), die Peer-to-Peer Kommunikation, digitalisierte Sprach- und Video-Kommunikation, die Standort-übergreifende Vernetzung von Unternehmen oder etwa auch zur Abwicklung von Hochgeschwindigkeits-Börsengeschäften. Eine weitere Anwendung der Vernetzung stellt das **Social Networking** dar, bei dem speziell über die inzwischen weit verbreiteten **Smart Phones** und Mobilfunknetze oder lokale Rechnernetze (WLANs) Beziehungen zwischen einzelnen und Gruppen von Individuen gebildet werden, über die Informationen, Meinungen und Bilder ausgetauscht werden.

Gegenwärtig befindet sich die Vernetzung auf dem Weg zur möglichst vollständigen Abdeckung der Fläche und die Kapazitäts- und Geschwindigkeitsausdehnung um nicht weniger als weitere 3 Größenordnungen ("5th Generation, 5G) im nächsten Jahrzehnt. Die Kommunikations-Architektur sieht optische Übertragungspfade zwischen den Funkstationen (Radio Heads) und zentralisierten Koordinationsstationen (Broadband Units) vor, womit komplexe Steueralgorithmen nicht mehr dezentral in den Funkstationen ausgeführt werden müssen, sondern gebündelt und wesentlich effizienter in den Broadband Units mit Unterstützung durch Zugriff auf zentralisierte Daten in der "Cloud", d.h. Hochleistungs-Rechnern und -Speichern im Netz. Derartige Kommunikations-Architekturen erlauben die Unterstützung spezieller Dienste

und ihren Anforderungen, eine flexiblere Anpassung an besondere Erfordernisse, die schnellere Einführung neuer Dienstangebote und die Sicherstellung der zugehörigen Dienstgütern (Service Level Objectives, SLO).

#### 1.4 Mensch und Informationsgesellschaft

Lebewesen haben sich nach heutiger Kenntnis evolutionär entwickelt über 15 Milliarden von Jahren aus ersten organisch zusammengesetzten Mikro-Lebewesen und haben sich danach im Laufe von Zeiten durch Mutationen, Auswahl und Vererbung diversifiziert. Dadurch ist eine phantastische biologische Vielfalt von Lebewesen aus Pflanzen und Tieren über Milliarden von Jahren entstanden, die uns allen Respekt vor der Schöpfung abverlangt. Nach heutigem Stand der Erkenntnis ist der Mensch durch eine besonders geartete Folge von Mutationen erst "kürzlich" in den letzten 2,5 Millionen Jahre entstanden, gekennzeichnet durch besondere Eigenschaften wie den aufrechten Gang und insbesondere die Fähigkeit des Gehirns zur Speicherung und Verknüpfung von Wahrnehmungen, über die sich Verständigungen durch Sprache, Lernvorgänge und kreative Fähigkeiten entwickelt haben, die ihn insgesamt über die gesamte Fauna auszeichnet, andererseits aber auch verpflichtet, damit verantwortlich für die Natur umzugehen. Der Mensch unterscheidet sich von den von ihm geschaffenen Maschinen jedoch durch weitere Merkmale wie Gefühle, Emotionen und Sozialverhalten, die zwar auch anderen Lebewesen nicht ganz abgesprochen werden können, aber nicht mit dem Intellekt des Menschen und seiner Fähigkeiten zur Kreativität unterstützt werden.

Durch seine kreativen Fähigkeiten hat der Mensch Maschinen und gesellschaftliche Strukturen geschaffen, die vielen (aber nicht allen) ein wesentlich angenehmeres Leben ermöglicht haben. Wie wir sehen, aber nicht ganz ohne Folgen hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs und den daraus entstehenden Umweltveränderungen. Ohne einschneidende Veränderungen des Umgangs mit unserer Natur wird eine weiter steigende Zunahme der Bevölkerung der Erde zu Klimakatastrophen, Ressourcenengpässen und Verteilungskämpfen führen. Die Entwicklung der Digitalisierung hat zu bahnbrechenden Veränderungen in der Industriegesellschaft des 19. und 20. Jahrhunderts geführt, indem arbeitsintensive Tätigkeiten durch programmgesteuerte Maschinen übernommen werden. In der Öffentlichkeit wird heute gerne von der 4. Generation ("Industrie 4.0") gesprochen: "Industrie 1.0" kennzeichnet den Eintritt ins Maschinenalter durch die Erfindung der Dampfmaschine (**J. Watt**) und im 19. Jahrhundert der elektrisch betriebenen Maschinen (**W.v. Siemens**). "Industrie 2.0" begann mit der Einführung der Massenfertigung durch Fließband-Verarbeitung (**H. Ford**) in den 1920-er Jahren. "Industrie 3.0" steht für die Computer-basierte Automatisierung durch Einsatz von programmgesteuerten Mikrorechnern in den 1980-er Jahren. Unter "**Industrie 4.0**" wird die Entwicklung zur vernetzt-integrierten Herstellung, Vertrieb und Nutzung von Produkten verstanden mit weitreichenden Konsequenzen hinsichtlich Rationalisierung, Qualifizierung, Beschäftigung und Organisation.

Diese Entwicklungen haben inzwischen in eine **Informationsgesellschaft** geführt, in der der Umgang mit Informationen im weitesten Sinne vorherrscht. Dazu gehören insbesondere weitergehende Konzepte der Informationsverarbeitung, die auf evolutionären Prinzipien beruhen wie etwa der "**Künstlichen Intelligenz**" (**KI**), d.h. einer Entscheidungsfindung in nicht eindeutigem Umfeld durch mehrschichtig angeordnete nichtlineare Gewichtsfunktionen und Ausscheidung schwächer gewichteter Signale, auch als **Neuronale Netze** bekannt, welche einfache Nachbildungen von menschlichen Gehirnstrukturen darstellen. Big Data und KI sind die bekanntesten Methoden der gegenwärtigen Entwicklung, aber nicht die einzigen; mit der Technik der **Blockchains** steht bereits eine weitere neue Technik in den Startlöchern, von der eine wesentlich höhere Sicherheit erwartet wird durch baumförmige Blockstrukturen ("Blockchains"), in denen die Knoten des Baumes Kennzeichnungen cryptografisch gesicherter Hash-Codes mitführen. Von dieser Technik wird eine vielfach sicherere Übermittlung in Geschäftsvorgängen erwartet, die aber derzeit eher in fragwürdigen Investitionsgeschäften mittels sog. Bitcoins Schlagzeilen produziert.

Diese Ergebnisse sind beeindruckend hinsichtlich ihrer Effizienz, werfen aber eine Reihe neuer Probleme auf wie die Befürchtung vor Arbeitsplatzverlust, sozialem Abstieg und Zukunftsangst, speziell aber auch im Hinblick auf neue Machtverhältnisse, Verlust von persönlich schützenswerten Informationen und persönliche Lebensgestaltung. Die einzig akzeptable und humane Schlussfolgerung daraus kann nur sein, daß **alle** Beteiligten an den Errungenschaften durch Rationalisierung in der Produkterzeugung und an den Lebensverbesserungen allgemein gleichermaßen teilhaben und ohne Angst der Zukunft vertrauen können. Diese Schlussfolgerung ist sicher akzeptabel, gleichwohl jedoch extrem schwer durchzusetzen. Hierzu sind Gestaltungs-Alternativen zu entwickeln, die allgemein überzeugend sind und schliesslich auch politisch

durchgesetzt sind. Wichtig sollte dabei sein, daß die Unterstützung durch maschinelle Einrichtungen zur Verbesserung und Sicherung unter zumutbaren Bedingungen akzeptiert wird, daß jedoch die Verantwortung stets beim Menschen bleiben muß.

## **2. Optionen nachhaltiger informationstechnischer Gestaltung**

### **2.1 UN-Sustainable Development Goals (SDG Process)**

Die United Nations (UN) Initiative SDG hat eine Agenda für eine nachhaltige Entwicklung 2030 erarbeitet, die einen "Weltzukunftsvertrag" zum Ziele hat, gekennzeichnet durch den Erhalt von Ökosystemen, die Wahrung der Menschenrechte und eine nachhaltige Entwicklung, bestehend aus den folgenden 10 Themenfeldern:

- \* Frieden
- \* Ernährungssicherheit
- \* Wasser und Verbesserung der Hygiene
- \* Energie
- \* Bildung
- \* Armutsbekämpfung
- \* Gesundheit
- \* Mittel zur Durchführung des SDG-Prozesses
- \* Klimawechsel
- \* Umwelt/Management natürlicher Ressourcen
- \* Beschäftigung

Diese allgemeinen Themenfelder wurden 2015 auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung von der Generalversammlung der UN verabschiedet und in 17 Formulierungen näher benannt. Aus diesen Formulierungen kann eine Reihe von Problemfeldern extrahiert werden, die stark mit der Digitalisierung in Zusammenhang stehen wie u.a.:

- \* nachhaltige Landwirtschaft und Industrialisierung
- \* Gesundheit
- \* Bildung
- \* Energie
- \* Vollbeschäftigung und Wirtschaftswachstum
- \* Klimawandel
- \* Konsum- und Produktionsweisen

Diese Problemfelder werden in den Ausführungen weiter behandelt und stehen im Zusammenhang mit den im Vertrag angezeigten nachhaltigen Entwicklungen zur Digitalisierung.

### **2.2 WBDG-Prämissen und Schlüsselfragen**

In der öffentlichen WBDG-Gesprächsrunde am 22.6.2018 in Berlin wurden 2 wesentliche Prämissen thematisiert

- \* Prämisse 1: Digitalisierung braucht dringende Gestaltung
- \* Prämisse 2: Nachhaltigkeit ist eine Vision globalen, langfristigen Wohlergehens

die durch 8 Schlüsselfragen näher ausgeführt wurden:

- \* Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen
- \* Armutsbekämpfung und inklusive Entwicklung
- \* Zukunft der Arbeit und Abbau von Ungleichheit
- \* Wissen, Bildung und digitale Mündigkeit
- \* Big Data und Privatsphäre
- \* Fragilität und Autonomie technischer Systeme

- \* Ökonomische und politische Machtverschiebungen
- \* Beschleunigung und Grenzen gesellschaftlicher Gestaltung

Auch zu diesen Schlüsselfragen soll in Abschnitt 3 Stellung bezogen werden

## 2.3 Forschung

Wissenschaftlich sind in allen Bereichen der Natur-, Sozial-, Wirtschafts-, Gesundheits-, und Geisteswissenschaften aktuelle Zukunftsthemen wie die Digitalisierung Gegenstand der Forschung und ihren Anwendungen. Die hochgradige Spezialisierung erschwert jedoch das Verstehen bzw. die Verbreitung im Allgemeinen und die konstruktive Zusammenarbeit untereinander im Speziellen. Abhilfe erfolgt durch Förderung von interdisziplinären Sonderforschungsbereichen, durch integrierte Projekte der Exzellenzinitiative, Institute der Max-Planck Gesellschaft in den Grundlagenbereichen und anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsinstitute wie z.B. der Fraunhofer-Gesellschaft. Fachübergreifend sind Verbundgruppen aus Experten der wissenschaftlichen Akademien auf der Ebene der Bundesländer, der neu konstituierten Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina und der technisch-wissenschaftlich orientierten Akademie der Technikwissenschaften acatech unterwegs, die sich mit aktuellen Fragestellungen fachübergreifend befassen und ihre Ergebnisse der Politik unterbreiten. Auch die Industrieforschung kann dazu beitragen durch Expertenwissen, insbesondere aber auch durch Bereitstellung von Einrichtungen und Infrastrukturen zur Erprobung.

## 2.4 Wissenschaftliche Studien und Stellungnahmen

Weitere Quellen sind Stellungnahmen der Fachgesellschaften GI und ITG zu aktuellen Problemen der Digitalisierung. Anstelle einer möglichst kompletten Übersicht sollen stellvertretend an dieser Stelle nur folgende Beispiele angeführt werden:

- \* Privatheit in Zeiten der Digitalisierung  
Stellungnahme der AG Big Data Privacy, Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. - Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, 2018
- \* Themennetzwerk IKT  
Plattform für Künstliche Intelligenz, Geschäftsstelle Lernende Systeme  
Akademie der Technischen Wissenschaften acatech, 2018
- \* Stellungnahme zum KMK-Strategiepapier "Bildung in der digitalen Welt"  
Gesellschaft für Informatik (GI)
- \* Stellungnahme zum Referentenentwurf für ein "Gesetz zur Verbesserung der Rechtsdurchsetzung in sozialen Netzwerken" (NetzDG)  
FB "Informatik und Gesellschaft" der GI
- \* Offenes Internet in Deutschland  
VDE|ITG Diskussionspapier zu "Regeln zur Wahrung der gleichberechtigten und nichtdiskriminierenden Behandlung des Datenverkehrs im Internet", 2018
- \* E-Health- Potenziale der Digitalen Transformation in der Medizin.  
E. Hahn, FhG-Institut für Bildgestützte Medizin
- \* Big Data in Context- Legal, Social and Technological Insights.  
Springer Briefs in Law, Springer Open (gefördert durch das BM für Bildung und Forschung), 2018.

Darüberhinaus bestehen Stellungnahmen und Veröffentlichungen der internationalen Fachverbände IEEE und ACM, die aber teilweise auf unterschiedlichenn Rechtssystemen basieren und nicht direkt übertragbar sind.



### 3. Aktuelle Problemfelder und Lösungsoptionen zur Digitalisierung

#### 3.1 Big Data

Datenspeicherung ist kein neues Phänomen und hat die Entwicklung der Kulturen von Anfang an ausgezeichnet, etwa in Form von Keilschriften auf Stein und Papyrus (**Ägypten**), handbeschriebenem Papier (Klöster im Mittelalter) und hat nach der Erfindung des Buchdrucks (**Gutenberg**) im 14. Jahrhundert eine weltweite massive Ausbreitung gefunden und dient in Archiven und großen Bibliotheken als Wissensbasis. Mit der Einführung von Tonträgern in Form von Platten mit mechanisch eingepprägten Informationen, magnetischen und elektronischen Aufzeichnungsverfahren konnten Massendaten gespeichert und abgerufen und im Zusammenhang mit der Informationsverarbeitung mittels Computern weiterverarbeitet werden, speziell mit Hilfe schneller Kommunikationsnetze. Durch immer leistungsfähigere Aufzeichnungs- und Zugriffsverfahren wächst der Datenbestand ebenfalls exponentiell an. Mit leistungsfähigen Suchalgorithmen (binäre Suche, Hashing) und dem Map Reduce/Hadoop Programmier-Paradigma wurde es durch Parallelarbeit möglich, Objekte aus einer sehr großen Datenbasis schnell zu extrahieren. Diese Algorithmen sind besonders leistungsfähig auf Parallel-Processor Clustern und werden durch Dienste von Suchmaschinen über das Internet angeboten (Google), können inzwischen aber auch bereits durch Arbeitsplatzrechner unterstützt und so unmittelbar in Anwendungsprozesse integriert werden.

- Chancen:**
- \* Effiziente Unterstützung von Angebots- und Planungsprozessen
  - \* Online Literatur-Recherchen
  - \* Online-Zugriff auf sensorische Zustandsdaten zur frühzeitigen Erkennung von Anomalitäten (Umwelt-Monitoring, Gesundheits-Parameter, Geschäftsprozesse, etc.)
  - \* Katastrophen-Management, Überwachung kritischer Infrastrukturen,...
- Risiken:**
- \* Schutz personenbezogener Daten, Recht auf informationelle Selbstbestimmung
  - \* "Profiling" von Individuen durch Filtern von Verhaltensmustern und Gewohnheiten
  - \* Missbrauch personenbezogener Daten
  - \* Schutz vor fehlerhaften Daten und ihren Konsequenzen, "Fake-News"
  - \* Durchsetzung eines Rechts auf "Vergessen" von Daten
  - \* Verlust von Daten durch Schäden, Nichtlesbarkeit infolge Technologiewandel
- Vorschlag:** \* Überlebenswichtige Daten sollten in kompakter Form menschenlesbar bereitgestellt werden für Katastrophenfälle, wenn technische Hilfsmittel ausgefallen sind.

#### 3.2 Künstliche Intelligenz (KI)

Unter "Intelligenz" wird i.a. die Fähigkeit des Menschen verstanden, kreativ zu sein, d.h. Probleme lösen zu können durch Abstrahierung, Kategorisierung, Modellierung, analytisch-logisches Schließen, Erstellen von Kalkülen oder das Erfinden oder Konstruieren von neuen Lösungen, Optimierungen, Erkennen von Handlungsoptionen. Darüberhinaus existiert aber auch eine "emotionale Intelligenz", die eher aus der Erfahrung stammt, durch Empfindungen gespeist wird und unterschiedlich ausgeprägt sein kann, z.B. durch Ängste oder durch künstlerische Ausdrucksformen. Auch der Instinkt unserer tierischen Lebewesen ist Ausdruck einer emotionalen Intelligenz. Künstliche Intelligenz versucht die Vorgänge des menschlichen Gehirns in Form von vernetzten Synopsen nachzubilden, d.h. Entscheidungen durch nichtlineare Verknüpfungen nach dem Prinzip des "survival of the fittest" herbeizuführen bzw. Wege auszuscheiden. Hiermit können komplexe Probleme mit großer Sicherheit schnell gelöst werden, wenn umfangreiche Daten vorliegen, für die die Entscheidungsschwellen durch Training eingestellt werden. I.A. sind solche **Neuronale Netze** mehrschichtig aufgebaut, die verglichen mit den menschlichen Gehirnstrukturen, noch recht einfach strukturiert sind, möglicherweise aber ebenfalls durch evolutionäre Entwicklungen erweitert werden können.

- Chancen:**
- \* Schnelle Entscheidungsfindung, z.B. bei der Erkennung von komplexen Mustern in Gefahrensituationen, z.B. im Verkehr, bei Ausfall von Komponenten; automatische Gesichtserkennung oder Erkennung der Lage und Art eines Bauteils, das von einem Roboter eingesetzt wird
- Probleme:**
- \* Definition von Lern- und Trainings-Algorithmen
  - \* Zusammenarbeit zwischen menschlichen und KI-Entscheidungen, z.B. im Bereich des autonomen Fahrens in Gefahrensituationen: KI-basierte Entscheidungen können wesentlich schneller sein als menschliche Wahrnehmungen
  - \* Ethische Fragen bei Auswahl von Alternativen, Haftungsfragen, rechtliche Fragen.

### 3.3 Edge-/Cloud Computing

"Clouds" entstehen durch Vernetzung von Datenbanken und der Fähigkeit, Probleme im Verbund zu lösen. Bestes Beispiel ist das seit etwa 2008 verfolgte Paradigma der "Network Function Virtualization" (NFV) und des "Software-Defined Networking" (SDN), indem bislang örtlich ausgeführte Operationen (z.B. eines Internet Routers mit lokal beschränkter Datenbasis) mit Hilfe des Cloud Computing unterstützt bzw. durchgeführt werden. Dabei wird z.B. aus der Zieladresse mit Hilfe gespeicherter Netzzustandsdaten in der Cloud ein optimaler Übermittlungsweg bestimmt oder die nach Dienstgüte vorgegebene Netzverzögerung eingehalten. Dabei kann durch diese Zentralisierung eine wesentlich bessere Nutzung von Netz-Ressourcen und Erfüllung angestrebter Dienstgütern erreicht werden bei zugleich höherer Effizienz der Steuerungs- und Kommunikationseinrichtungen. Die Lösung findet nach dem Edge-/Cloud Computing Paradigma im virtuellen Raum statt und wird von der physikalischen Ebene nur angeregt und als Ergebnis ausgeführt.

- Chancen:**
- \* Flexibilität im Dienstangebot und bei geänderten physikalischen Verhältnissen, z.B. bei Ausfall von Teilnetzen, Nutzung/Umgehung von bestimmten Netzbetreiber-Anbietern
  - \* Effizienz der Durchführung durch Trennung von Hardware- und Softwarefunktionen
  - \* Verringerung von Eingriffen in die Hardware Strukturen
- Risiken:**
- \* Höhere Wirkbreite bei Ausfall zentralisierter Einrichtungen (Vulnerability), Zuverlässigkeit
  - \* Echtzeiteinschränkungen durch zusätzliche Kommunikation zwischen der "Data Plane" und der "Control Plane"
  - \* Leichte Überwachbarkeit von Nutzern und Verkehrsbeziehungen (Security)
- Vorschlag:** \* Nutzung von "virtuellen Identitäten" anstelle von "realen Identitäten" (Identity Management)

### 3.4 Optionen nachhaltiger Entwicklungen ausgewählter Anwendungsbereiche

#### 3.4.1 Mobilität

Die Mobilität von Menschen hat in den letzten Jahren enorm zugenommen und ist Ausdruck gelebter Freiheit, andererseits aber auch von wirtschaftlicher Notwendigkeit, sei es aufgrund beruflicher Chancen, aus Gründen erhöhter Wohnungsmieten in Ballungsräumen oder geschäftlicher Aktivitäten. Diese Mobilität drückt sich aus in zunehmendem Automobilverkehr, gleichzeitig zunehmender Inanspruchnahme öffentlicher Verkehrsmittel (Bus, Bahn, Flugzeug) und gestiegenem Warentransport mit entsprechenden Auswirkungen auf Energieverbrauch, Umweltbelastung, Verkehrsstaus und dadurch bedingte Effizienzverluste.

- Chancen:**
- \* Reduzierung der Mobilität durch Nutzung von Audio/Video-Konferenzmöglichkeiten, mit denen in den letzten Jahren enorme Einsparungen an Dienstreisen ermöglicht wurden
  - \* Heimarbeit mit online-Einbindung in Geschäftsprozesse
  - \* Verringerung des Individualverkehrs im Nahbereich durch Ausbau öffentlicher Verkehrsmittel
  - \* Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel im Verbund (Bahn/Bus, Taxi/Mietwagen) mit entsprechender Unterstützung der Logistik/Navigation durch Kommunikation
  - \* Reduzierung des Individual-Autoverkehrs durch autonom fahrende Fahrzeuge
  - \* Unterstützung der Navigation durch netzbasierte Führung
- Probleme:**
- \* Ausbau der Kommunikationsnetze, speziell der Mobilkommunikation und des Internets (Die BR Deutschland ist auf einem völlig inakzeptablen Niveau im europäischen Vergleich !)
  - \* Ausbau der öffentlichen Verkehrsmittel und der Verkehrswege (Straßen und Bahnen)
  - \* Sicherheit im Straßenverkehr, Nutzung autonomer Fahrer-Assistenzsysteme
  - \* Ethische Fragestellungen bei Entscheidungen in zeitkritischen Konfliktsituationen
  - \* Rechtliche Fragestellungen bei Feststellung von Schuld und Haftungsansprüchen

#### 3.4.2 Energie

Technische Fortschritte und Errungenschaften erfordern einen hohen Aufwand hinsichtlich des Energiebedarfs für Gebäudeheizung, Transportsysteme, Betrieb von Maschinen, Förderung von Rohstoffen, Metallverarbeitung, etc., und haben zu einem hohen Verbrauch an fossilen Energieträgern (Steinkohle, Braunkohle, Mineralöl und Erdgas) geführt mit entsprechenden Umweltbelastungen durch Verbrennung fossiler Rohstoffe (CO<sub>2</sub>). Diese Rohstoffe sind endlich und gehen früher oder etwas später auf jeden Fall zu Ende und sollten auch aus Verantwortung gegenüber kommenden Generationen dringend erhalten bleiben für

andere Anwendungen als die Verbrennung. Zudem hat die Verbrennung weitere Umweltschäden zur Folge wie die aktuelle Situation der Partikelbelastung durch NO<sub>x</sub>-Gase und Feinstaub. Der Umstieg in der Energieversorgung ist begonnen worden, stagniert aber aus diversen Gründen (Investitionsverluste, Ausbau der Versorgungs-Infrastruktur durch elektrische Fernübertragung, Einsprüche von betroffenen Gemeinden/Bürgern, gesetzliche Defizite). Der Umstieg in erneuerbare Energien wie Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft, Biomasse und nachwachsende Energieträger ist unstrittig, birgt aber eine Reihe von Problemen wie der Volatilität (Sonne, Wind), Beschränktheit (Wasserkraft, nachwachsende pflanzliche Energieträger). Um diese Nachteile/Gegebenheiten zu reduzieren, können nur technische Hilfsmittel eingesetzt werden darunter insbesondere auch die der Digitalisierung.

- Chancen:**
- \* Steuerung des Energieverbrauchs durch Anpassung der Verbrauchsnachfrage an die zeitliche Verfügbarkeit volatiler Energiequellen über "Smart Meter"-Techniken, d.h. Kommunikation zwischen Verbraucher- und Versorgungs-Instanzen
  - \* Steuerung der Einspeisung volatiler Energien unter Einhaltung der Netzstabilität ("Smart Grid")
  - \* Intelligente Gebäudetechnik durch Nutzung lokaler Energien (Solardach-Panels), Energiespeicherung, automatische Anpassung der Gebäudetechnik an externe Witterungsverhältnisse durch Fassadendesign (Sonnenschutz, Aufnahme von Energie über Fassaden), an die Nutzung angepasste automatische Steuerung von Beleuchtung, Heizung und Lüftung), etc..
  - \* Reduzierung des Geräte-Energieverbrauchs durch dynamische Anpassung an den tatsächlichen Bedarf, z.B. von Cloud Data Centern durch Dynamic Voltage and Frequency Scaling (DVFS), adaptive Aktivierung/Deaktivierung von Servern, Load Balancing oder Job Migration.
- Risiken:**
- \* Ausfall von Steuerungseinrichtungen
  - Aufrechterhaltung eines Notbetriebs bei Katastrophen
  - "Profiling" des Energieverbrauchers (und daraus abgeleiteten Rückschlüssen auf die Nutzung von Geräten und im wettbewerblichen Kontext angewandten Methoden)

### 3.4.3 Umwelt und Ernährung

Durch das Wachstum der Bevölkerung, zunehmende Mechanisierung und Automatisierung steigt der Ressourcenverbrauch von Rohstoffen, die Verschmutzung der Umwelt durch Abfall-"Entsorgung", Landverbrauch durch neue Verkehrswege, Siedlungsbau und industrielle Nutzflächen. Die Mechanisierung in der Nahrungsmittelerzeugung durch Maschinen und sensorisch gesteuerte Anbau- und Erntemethoden hat zu hoher Wirtschaftlichkeit in der Nahrungsmittelproduktion geführt, gleichzeitig aber auch zur Verarmung der Böden durch Überdüngung, chemische Ausdünnung von Pflanzen ("Unkraut"), Rückgang der Insekten und Pflanzenvielfalt, sowie Überlastung des Grundwassers durch Phosphatverbindungen. Der Umbau der Nutzflächen durch Einschränkung der natürlicher Flächen (Wiesen), Bachläufe und Weiher hat wichtige Lebensräume von Pflanzen und Tieren zunichte gemacht, Monokulturen in der Waldwirtschaft haben die Vielfalt der Pflanzen im Wald stark reduziert und den Wald für z.B. Brandkatastrophen anfällig gemacht, wahrlich ein Raubbau an unserer Umwelt. Zusätzlich hinzu kommen die Umweltprobleme durch industrielle Anlagen, Verkehr, Begradigung der Flußläufe, durch Staustufen, Luftverschmutzung und Lärm. Eine Umkehr dieser Entwicklungen ist dringend geboten und hierbei kann auch die Digitalisierung beitragen.

- Chancen:**
- \* Intelligente und Umwelt-bewußte Anbaumethoden, unterstützt durch Bodenanalysen, darauf angepasste Bewirtschaftungen, Management der Anbauflächen nach dem Vorbild mittelalterlicher "Dreifelder-Wirtschaft"
  - \* Reduzierung der Massentierhaltung, artgerechte Haltung und Qualitätsverbesserungen durch begleitende Erfassung und Optimierung von Schlüsselparametern
  - \* Erzeugung von Biomasse zur Nutzung als Energieträger
  - \* Reduzierung des Verpackungsumfangs und daraus resultierendem Abfall
  - \* Gezielte Wettervorhersagen und Einbindung in landwirtschaftliche Arbeitsplanung
- Risiken:**
- \* nicht bekannt

### 3.4.4 Automatisierung "Industrie 4.0"

Gegenwärtig vollzieht sich ein starker Wandel in der industriellen Herstellung von Produkten durch die Integration von automatisierten Herstellungsverfahren in die Gesamt-Ablaufsteuerung von der Nachfrage,

Produktplanung, Entwicklung und Produktion, Vertrieb und Wartung. Hierdurch wird eine Optimierung der eingesetzten Ressourcen erzielt, die auch zu Lasten von Arbeitsplätzen gehen, speziell durch den Einsatz von Roboter-Techniken. Dieser Trend ist ungebrochen und obliegt dem Zwang zur Rationalisierung und den Anforderungen des Wettbewerbs und ist nicht umkehrbar. Als Konsequenz daraus verlagern sich die Anforderungen von manuellen und einfacheren Tätigkeiten (die besser von Robotern ausgeführt werden können) auf die komplexere Organisation von Maschinen und deren reibungslose Zusammenarbeit. Die Befürchtung des Einbruchs von benötigten Arbeitsplätzen ist nicht notwendigerweise schlüssig, da auf der anderen Seite neue Jobs entstehen, die allerdings ein anderes Tätigkeitsprofil aufweisen. Bereits mit dem Einzug des Computers in industrielle Abläufe in den 1970-er Jahren bestand die Befürchtung des Arbeitsplatzverlustes; das Gegenteil war der Fall: es wurden mehr Arbeitsplätze geschaffen als vorher, allerdings mit einem stark veränderten Profil.

- Chancen:**
- \* Größere Flexibilität in der Produktion durch stärker kundenorientierte Bedürfnisse, höhere Produktqualität und Produktivität durch z.B. selbsttätige Überwachung der Werkzeugpräzision, frühzeitige Erkennung von Verschleiß, Reduktion des Ausschusses durch eine stringente Qualitätskontrolle
  - \* Durchgängige Organisation des gesamten Produktherstellungsablaufs von der Aquis, Angebotserstellung, Fertigungsplanung, Fertigung, Auslieferung an den Kunden bis hin zur Einsatzbegleitung hinsichtlich Wartungszyklen und Updates
  - \* Laufende Überwachung der Funktionsfähigkeit während des Betriebs, z.B. bei Fahrzeugen durch laufende Kontrolle von Betriebsparametern, frühzeitige Erkennung von Abweichungen, Wartungsbedarf, ggfs. ferngesteuerte Eingriffe während des Betriebs/Fahrt
  - \* Ferndiagnose und Teleoperation mittels "Augmented Reality" - Methoden, z.B. ferngesteuerte medizinische Operationen, ferngesteuerte Anleitung zu Wartungsoperationen durch trainierte Hilfskräfte vor Ort
- Risiken:**
- \* Ablaufunterbrechungen durch Störungen, Komponentenausfall
  - \* Abhängigkeit von einer reibungslos funktionierenden Kommunikations-Infrastruktur
  - \* Angriffspotenzial durch "Hacker", Sicherheit (Security) und körperlicher Schäden (Safety)
  - \* Entscheidungen sollten nach Möglichkeit nie Maschinen überlassen werden, denn diese können nicht zur Verantwortung herangezogen bzw. gerichtlich abgeurteilt werden, denn diese sind nicht strafbar; die Verantwortung muss dem Menschen vorbehalten bleiben !

### 3.4.5 Medizin und Gesundheitswesen

In einer alternden Gesellschaft erfährt das Gesundheitswesen einen höheren Aufwand hinsichtlich Diagnose, Behandlung und Pflege, während das Verhältnis zwischen arbeitender und nicht-arbeitender Menschen kleiner wird. Der einzige Ausweg aus diesem Dilemma ist der höhere Einsatz von Geräten, Ferndiagnose und Betreuung.

- Chancen:**
- \* Automatische Überwachung von Gesundheitsparametern und Online-Ferndiagnose
  - \* Früherkennung von Anomalitäten, Medikation
  - \* Nutzung von gespeicherten Diagnose-Parametern und Erfahrungen aus der erfolgreichen Behandlungen/Medikationen
  - \* Einrichtung von Krebs-Registern
  - \* Computer-unterstützte Durchführung von Präzisions-Operationen von Operateuren
  - \* Roboter-assistierte Operationen
- Risiken:**
- \* Einschränkung des Vertrauensverhältnisses zwischen Arzt und Patient

### 3.4.6 Infrastrukturen

Infrastrukturen sind allgemein Einrichtungen zur Mobilität (Straßen Bahnen), zur Versorgung (Wasser, Gas, Elektrizität), zur Entsorgung (Kläranlagen, Abfall-Verarbeitung) sowie zur Kommunikation (Telefon, Tablet Computer, Smart Phone, PC und zugehörige Netze). Im vorliegenden Zusammenhang spielt die Kommunikation eine Schlüsselrolle, über welche Daten aller Infrastrukturen erfaßt, gespeichert und verarbeitet und danach der Ausführung zugeführt werden.

- Chancen:** \* Durch die Vernetzung ergibt sich die Möglichkeit der unmittelbaren Erfassung von Zustandsparametern, ihrer Verarbeitung und des Eingriffs auf Ablaufstörungen wie z.B. Umleitungen bei Verkehrsstaus, Rettungsmaßnahmen bei Unfällen oder Katastrophen (Erdbeben, Stürmen, Überschwemmungen), indem frühzeitig ausgelöste Maßnahmen Schaden vermindern.
- Risiken:** \* Ausfall/Störung der Kommunikations- oder Verarbeitungs-Infrastruktur. Abhilfe kann geschaffen werden durch redundante Infrastrukturen, d.h, alternative Wege der Kommunikation terrestrisch oder per Funkübertragung bzw. durch Einrichtung von dezentralen Ablauforganisationen bei Standard-Ereignissen
- \* Defizite im Ausbau der Infrastrukturen. Aktuell ist dies der Fall der BR Deutschland:
1. Die Hochspannungsleitungen (400 kV, Gleichstrom), über die die Windenergie der Nordsee-Offshore-Windparks nach Süddeutschland geführt werden soll, hängt weit zurück infolge andauernder Genehmigungsverfahren und Einsprüchen, selbst gegen die weitaus teurere Alternative von Hochspannung-Erdleitungen
  2. Der Ausbau der hochratigen Kommunikationsnetze hängt um Jahre zurück und hat bereits zu Einschränkungen in der Versorgung von Unternehmen in der Fläche und Rückzug von betroffenen Unternehmen geführt. Die Mobilkommunikation leidet unter verbreiteten "Funklöchern" und Bandbreiten- (d.h. Geschwindigkeits-) Begrenzungen
- Beide Beispiele sind eindeutig auf politische Defizite zurückzuführen, wenngleich berechnete Bürgerbegehren ernst genommen werden müssen, es sind auch unternehmerische Defizite der Netzbetreiber festzustellen.

### 3.4.7 Bildung

Durch die Wandlung in eine digitale Zukunft muss nicht nur die Jugend durch Ausbildung entsprechend vorbereitet werden, sondern insbesondere auch Arbeitnehmer, deren Qualifikationen nicht für die anstehenden Herausforderungen genügen. Konkret bedeutet dies u.a.:

- Chancen:**
- \* Ausbildung in Medienkunde und geordnete Nutzung der Medien in der Schule
  - \* Berufsbegleitende Weiterbildung von Arbeitnehmern in den Unternehmen und durch öffentliche Weiterbildungsangebote (Volkshochschulen, Berufsschulen)
  - \* Ausstattung der Bildungseinrichtungen mit geeigneten Computereinrichtungen und Netzen
  - \* Weiterbildung von Lehrkräften
- Risiken:**
- \* Abhängigkeit von Medien (Smart Phones) vermeiden durch geführte Unterweisung der sinnvollen Nutzung; eine totale Umstellung der Unterrichtsmethodik auf rein digitale Medien ist nicht ratsam und kann zu kognitiven und kreativen Einschränkungen führen mit Suchtpotenzial.

## 4. Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde versucht, die Herausforderungen der Digitalisierung möglichst allgemeinverständlich zu umreißen als Basis für eine breiter angelegte Diskussion der Begegnung dieser Herausforderungen, welche neben den technischen Problemen, ethische, rechtliche und politische Aspekte einbeziehen muß. Der Autor ist im technischen Bereich zuhause und aktiv mit Problemen der Digitalisierung im technischen Bereich befasst. Die Gesamt-Problematik kann nur gemeinsam mit Experten der anderen Disziplinen erfolgen, wofür ein gemeinsames Verständnis Grundlage ist.

Im Abschnitt 2.4 wurde auf einige Stellungnahmen von Arbeitsgruppen hingewiesen. Als Mitglied der Expertengruppen zur Privatheit, zur IKT und zum VDE/ITG - Diskussionspapier ist zu berichten, dass diese Arbeiten inzwischen abgeschlossen sind und der Öffentlichkeit in Kürze unterbreitet werden, die Freigabe aber noch nicht erteilt wurde wegen abschließender Überarbeitung. Falls gewünscht würde ich die Freigabe zur Verwendung innerhalb der WPGU-Arbeitsgruppen anregen.

Ich hoffe, daß diese Expertise für die weiteren Diskussionen hilfreich ist und würde mich freuen, dabei weiter mitwirken zu können.

Paul J. Kühn

Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten „Unsere gemeinsame digitale Zukunft“

Berlin: WBGU

Verfügbar im Internet unter [www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/unsere-gemeinsame-digitale-zukunft#sektion-expertisen](http://www.wbgu.de/de/publikationen/publikation/unsere-gemeinsame-digitale-zukunft#sektion-expertisen)

Autor: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Paul J. Kühn

Universität Stuttgart, Institut für Kommunikationsnetze und Rechnersysteme (IKR)

Titel: Informationstechnische Gestaltung einer nachhaltigen Digitalisierung

Berlin, 2018

**Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung  
Globale Umweltveränderungen (WBGU)**

Geschäftsstelle  
Luisenstraße 46  
10117 Berlin

Telefon: (030) 26 39 48 0  
E-Mail: [wbgu@wbgu.de](mailto:wbgu@wbgu.de)  
Internet: [www.wbgu.de](http://www.wbgu.de)  
🐦@WBGU\_Council

Alle Gutachten können von der Internet-Webseite  
<https://www.wbgu.de/de/publikationen/alle-publikationen>  
heruntergeladen werden.

© 2019, WBGU