

Herbert Weber  
Johannes Viehmann

# Unternehmens-IT für die Digitalisierung 4.0

Herausforderungen, Lösungsansätze  
und Leitfäden

**EBOOK INSIDE**

 Springer Vieweg

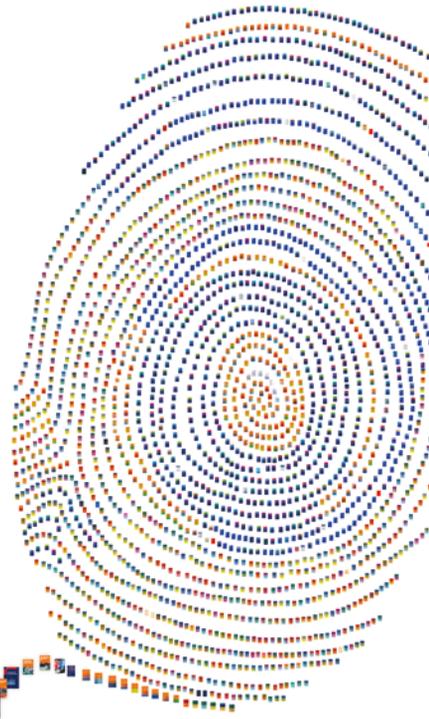


# Unternehmens-IT für die Digitalisierung 4.0

# Lizenz zum Wissen.

Sichern Sie sich umfassendes Technikwissen mit Sofortzugriff auf tausende Fachbücher und Fachzeitschriften aus den Bereichen: Automobiltechnik, Maschinenbau, Energie + Umwelt, E-Technik, Informatik + IT und Bauwesen.

Exklusiv für Leser von Springer-Fachbüchern: Testen Sie Springer für Professionals 30 Tage unverbindlich. Nutzen Sie dazu im Bestellverlauf Ihren persönlichen Aktionscode **C0005406** auf [www.springerprofessional.de/buchaktion/](http://www.springerprofessional.de/buchaktion/)



Jetzt  
30 Tage  
testen!

## Springer für Professionals.

Digitale Fachbibliothek. Themen-Scout. Knowledge-Manager.

-  Zugriff auf tausende von Fachbüchern und Fachzeitschriften
-  Selektion, Komprimierung und Verknüpfung relevanter Themen durch Fachredaktionen
-  Tools zur persönlichen Wissensorganisation und Vernetzung

[www.entschieden-intelligenter.de](http://www.entschieden-intelligenter.de)

Springer für Professionals

 Springer

---

Herbert Weber • Johannes Viehmann

# Unternehmens-IT für die Digitalisierung 4.0

Herausforderungen, Lösungsansätze  
und Leitfäden

Herbert Weber  
INNOVA Beratungsgesellschaft mbH  
Berlin, Deutschland

Johannes Viehmann  
Fraunhofer FOKUS  
Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-658-19627-1      ISBN 978-3-658-19628-8 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-19628-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

## Vorwort

Mit der digitalen Agenda hat die Bundesregierung deutlich gemacht, dass sie der Digitalisierung und der digitalen Transformation in der Wirtschaft eine überragende Rolle zuordnet und mit ihren Mitteln die deutsche Wirtschaft dabei unterstützen wird. Mit dem Programm „Industrie 4.0“ ist ein konkretes Vorhaben vorgeschlagen worden, mit dem die deutsche Industrie nicht nur ihre technologische Spitzenstellung verteidigen, sondern mit einem Quantensprung in der Technologieentwicklung auch neue Maßstäbe im globalen Wettbewerb setzen kann.

Die damit entwickelte Vision stellt nicht nur für einzelne Unternehmen oder einzelne Branchen der Industrie, sondern für die deutsche Industrie insgesamt neue technische und wirtschaftliche Perspektiven in Aussicht.

Neben den durch „Industrie 4.0“ entstehenden Perspektiven für die Industrie sind durch neue Nutzungen von Informations- und Kommunikationstechnologien ähnliche Perspektiven für andere Bereiche der Wirtschaft wie zum Beispiel für den Handel, für die Entwicklung neuer Infrastrukturen für Transport und Verkehr, für Versorgung und Entsorgung, aber auch für das Gesundheitswesen möglich, sodass es angebracht zu sein scheint, von einer „Digitalisierung 4.0“ und von einer digitalen Transformation der Gesellschaft zu sprechen.

Die entstehenden Möglichkeiten sind – wie nicht anders zu erwarten – mit neuen Herausforderungen verbunden.

---

## **Sicherheit, Vertrauen und Vertrauenswürdigkeit**

Die gegenwärtige Diskussion über die Sicherheit von Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnologien ist durch eine große Betroffenheit gekennzeichnet. Dies ist die eine Seite der Medaille. Die andere Seite der Medaille lässt erkennen, dass das Thema zwar für relevant, ja sogar für kritisch gehalten wird, aber nicht immer Anlass für entsprechendes Handeln ist. Dies gilt nicht nur für den Bürger als Konsumenten, sondern häufig auch für Unternehmen. Es wird sogar vermutet, dass Sicherheitsprobleme an vielen Stellen sichtbar werden und entsprechende Verletzungen der Sicherheit stattfinden, diese

aber nicht notwendigerweise öffentlich werden, weil die Betroffenen einen Imageschaden befürchten müssen. Es wird von einer signifikanten Dunkelziffer gesprochen.

Die exponentiell zunehmende Vernetzung unterschiedlicher Systeme und Dinge und die damit möglich werdenden grenzüberschreitenden Kollaborationen stellen ganz neue Herausforderungen dar. Vor dem Hintergrund zunehmender Bedrohungen für existierende Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen kommt dabei der Sicherheit dieser Infrastrukturen und der über sie verfügbar werdenden Daten eine entscheidende Rolle zu.

Das Internet mit seinem durchschlagenden Erfolg für die mögliche globale Kommunikation ist nun auch der technologische Kandidat für die Kommunikation in sicherheitskritischen Anwendungen. Die mit der Einbettung industrieller Systeme in das weltweite, durch das Internetprotokoll (IP) gesteuerte Internet entstehenden Sicherheitsrisiken, sind in den vergangenen Jahren mehr als deutlich geworden. Sie sind nunmehr auch der Anlass dafür, über vertrauenswürdige Kommunikation in kritischen Anwendungen wie zum Beispiel Industrie 4.0 neu nachzudenken.

---

## **Modernisierung der Unternehmens-IT**

Ergebnis dieser Überlegungen sind Vorschläge zur Entwicklung alternativer – und hoffentlich vertrauenswürdigerer – Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechnologien. Dabei ist davon ausgegangen worden, dass eine Begrenzung oder Beschränkung der Nutzung oder eine grundlegend neue Entwicklung der Technologien keine ernst zu nehmende Perspektive sein kann, sondern dass mit den heute schon etablierten Anwendungen und deren Weiterentwicklung durch die Nutzung neuer Technologien vertrauenswürdige Lösungen geschaffen werden müssen. Das erfordert eine – so wird vermutet – insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen besonders dringliche, durchgängige Modernisierung der in der Wirtschaft eingeführten Nutzungen von Informations- und Kommunikationstechnologien und der dazu in den Unternehmen installierten „Unternehmens-IT“.

Die dazu verfolgten Vorgehensweisen sind notwendigerweise nicht nur durch den Einsatz neuer Technologien, sondern in gleichem Maße durch technisch-organisatorische Konzepte geprägt, mit denen der jeweils erforderliche Grad an Leistungsfähigkeit und Vertrauenswürdigkeit hergestellt werden kann.

Diese Herausforderung stellt sich – vor dem Hintergrund der nunmehr stattfindenden flächendeckenden und hochgradig vernetzten Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in kritischen Infrastrukturen zum Beispiel für die Energieversorgung, das Gesundheitswesen, für Transport, Waren- und Personenverkehr und vor dem Hintergrund der exponentiell zunehmenden Bedrohungen – verändert, um nicht zu sagen ganz neu dar. Dazu ist es nötig, alle Komponenten und Systeme der Informations- und Kommunikationstechnologien in ihren jeweiligen Nutzungen ganzheitlich zu betrachten. Weil in der Zwischenzeit aber deren Vernetzung global ist, entziehen sich viele Bereiche dieser globalen Infrastruktur entsprechenden umfassenden Sicherheitsanalysen. Dies kann

dennoch nicht der Anlass für die Vernachlässigung der Analysen und für einen Verzicht auf Präventionsmaßnahmen sein.

So ist die kontinuierliche Betriebsbereitschaft der Hardware-/Softwaresysteme davon abhängig, dass die permanente kommunikative Verbindung zwischen der Technologie des Nutzers und der Technologie des Herstellers für die kontinuierliche Wartung und Aktualisierung sichergestellt ist. Diese Verbindung wird wiederum über das Internet ermöglicht, und damit beginnt das Sicherheitsproblem ein ganzheitliches Problem für Informations- und Kommunikationstechnologien zu werden. Da Kommunikationsinfrastrukturen und damit auch das Internet nicht der jeweiligen nationalen Jurisdiktion unterworfen sind, verliert der Nutzer von Hardware-/Softwaresystemen in seinen Anwendungen einen Teil seiner Souveränität. Für den Fall, dass auch die Sicherheit des Internets selbst illegal bedroht wird, wird die kommunikative Kopplung zwischen Nutzer und Hersteller, aber auch die kommunikative Kopplung zwischen verschiedenen Nutzern zum Risiko für alle Beteiligten.

---

## Orientierung und Orientierungsweise

Neben den oben erwähnten nicht sofort offensichtlichen, sondern eher „versteckten“ Sicherheitsrisiken sind in den Informations- und Kommunikationstechnologien auch „offene“ Sicherheitsrisiken „fest eingebaut“. Dies wird bei näherer Betrachtung schon bei der Hardware – also bei den Basistechnologien – offensichtlich, denn viele der heute verfügbaren Hardwaresysteme (zusammen mit den die Hardwarenutzung steuernden Mikro-Codes) sind nicht primär sicherheitstechnisch, sondern leistungstechnisch optimiert entwickelt worden. Zusammen mit der auf den jeweiligen Hardwaresystemen installierten Betriebssoftware (Betriebssysteme, Treiber etc.) und der jeweiligen Anwendungssoftware sind weitere nicht sicherheitsoptimierte Systeme in Betrieb, die der fortlaufenden Pflege und Wartung und Aktualisierung bedürfen. Für all dies werden in vernetzten Umgebungen die in den Systemen eingebauten „backdoors“ genutzt, über die normalerweise kontrolliert Updates an die jeweiligen Systeme „eingespielt“ werden können, die häufig aber auch missbräuchlich genutzt werden können.

Das hiermit vorgestellte Kompendium von Beiträgen zur Digitalisierung und zur digitalen Transformation verfolgt das Ziel, Orientierungswissen für diejenigen zur Verfügung zu stellen, die herausgefordert sind, Entscheidungen über die weitere Digitalisierung und die digitale Transformation zu treffen. Mit diesem Kompendium sollen nicht primär Informatiker und IKT-Experten angesprochen werden. Es will all jene mit einem anderen fachlichen Hintergrund, die aber in ihrer beruflichen Praxis den Herausforderungen der Digitalisierung und der digitalen Transformation konfrontiert sind, Orientierungshilfe leisten.

Die hiermit vorgelegte Monographie ist ein Kompendium von Beiträgen zu Themen, die im Ablauf der Forschungsprogramme „Theseus“ und „Trusted Cloud“ Gegenstand der Arbeiten der jeweiligen Begleitforschung waren. Ihre Zusammenstellung zu dieser Monographie folgt dem Wunsch, eine in sich geschlossene Darstellung zur Orientierung vorzulegen, die nicht nur von Experten genutzt werden kann.

Mit seinem Programm „Theseus“ hat das Ministerium für Wirtschaft und Energie die Entwicklung von Konzepten für das „Internet der Dienste“ und für die Nutzung „semantischer Technologien“ gefördert. Damit hat es für die Digitalisierung und die digitale Transformation wichtige Themen adressiert und Technologieentwicklungen vorangetrieben, die heute Eckpfeiler für die Modernisierung der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien in der Wirtschaft sind.

Mit seinem Förderprogramm „Trusted Cloud“ hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie einen wichtigen Aspekt der digitalen Transformation, das Thema „Vertrauen“, in das Bewusstsein der Fachöffentlichkeit und der Öffentlichkeit insgesamt gebracht und die Erstellung eines Teils der in diesem Kompendium zusammengefassten Beiträge initiiert.

Im Rahmen des Programms stand die zukünftige Bereitstellung von vertrauenswürdigen Leistungen der Informations- und Kommunikationstechnologien durch Dienste aus einer Cloud im Mittelpunkt der Betrachtung. In anderen Programmen adressiert das Ministerium in der Zwischenzeit mit Forschungsvorhaben zu den Themen „Smart Data“ und „Smart Service Worlds“ andere, für die Digitalisierung und die digitale Transformation wichtige Herausforderungen.

Entsprechend dem für sie vorgegebenen Auftrag hat die vom Ministerium beauftragte Begleitforschung die Aufgabe erhalten, Orientierungswissen, insbesondere für potenzielle mittelständische Nutzer von Cloud-Angeboten, zusammenzutragen, mit dem diesen der Einstieg in die Cloud-Nutzung erleichtert werden kann. Das dazu entstandene Kompendium trägt deshalb solches Orientierungswissen zusammen, mit dem im Rahmen der weiteren Digitalisierung und der digitalen Transformation die Nachfrage nach Cloud-Angeboten intensiviert werden soll.

---

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Digitalisierung und Digitale Transformation

<b>1 Digitalisierung im öffentlichen Diskurs</b> .....	3
Herbert Weber	
1.1 Digitalisierung und digitale Revolution .....	5
1.2 Digitalisierung als Camouflage .....	7
1.3 Digitalisierung als Metapher .....	9
<b>2 Digitalisierung technisch</b> .....	15
Herbert Weber	
2.1 Digitalisierung historisch .....	16
2.1.1 Digitalisierung 1.0 .....	16
2.1.2 Digitalisierung 2.0 .....	17
2.1.3 Digitalisierung 3.0 A .....	17
2.1.4 Digitalisierung 3.0 B .....	17
2.1.5 Digitalisierung 4.0 .....	18
2.2 Digitalisierung 4.0 .....	19
2.3 Digitalisierung 4.0 technisch .....	22
2.3.1 Vernetzung .....	24
2.3.2 Eingebettete Intelligenz .....	28
2.3.3 Autonome Systeme .....	29
2.3.4 Virtualisierung .....	29
<b>3 Digitalisierung 4.0: Perspektiven</b> .....	31
Herbert Weber	
3.1 Vernetzung als Treiber der Digitalisierung 4.0 .....	32
3.2 Cyber-physikalische Systeme als Treiber der Digitalisierung 4.0 .....	43
3.3 Eingebettete Intelligenz und Smart Services als Treiber der Digitalisierung 4.0 .....	47
3.4 Big Data und Smart Data als Treiber der Digitalisierung 4.0 .....	48
3.4.1 Daten und Informationen der Digitalisierung 4.0 .....	49
3.4.2 Big Data und Smart Data der Digitalisierung 4.0 .....	50

3.5	Validierung .....	53
3.6	Schlussbemerkungen .....	53
<b>Teil II Digitalisierung und digitale Transformation für die Modernisierung der Unternehmens-IT</b>		
<b>4</b>	<b>Informations- und Kommunikationstechnologien für die Unternehmens-IT .....</b>	<b>59</b>
	Herbert Weber	
4.1	Modernisierung der Unternehmens-IT: Warum? .....	61
4.2	Modernisierung der Unternehmens-IT: Wofür? .....	64
4.3	Modernisierung der Unternehmens-IT: Wodurch? .....	67
4.4	Modernisierung der Unternehmens-IT: Wie? .....	68
4.4.1	Wirtschaftlichkeit der Modernisierung der Unternehmens-IT. ....	68
4.4.2	Funktionsgerechtigkeit der modernisierten Unternehmens-IT ....	69
4.4.3	Prospektive versus retrospektive Modernisierung der Unternehmens-IT .....	69
4.5	Rand- und Rahmenbedingungen für die Modernisierung .....	72
4.6	Die Wertbeiträge der Modernisierung .....	73
4.7	Roadmaps für die Modernisierung. ....	74
<b>5</b>	<b>IKT-Infrastrukturen und Dienste-Infrastrukturen .....</b>	<b>81</b>
	Herbert Weber	
5.1	Von IKT-Infrastrukturen zu intelligenten Dienste-Infrastrukturen .....	85
5.2	Dienstemarktplätze im Internet der Dienste .....	93
<b>6</b>	<b>Modernisierung der Unternehmens-IT aus der Cloud .....</b>	<b>105</b>
	Herbert Weber	
6.1	Transformation. ....	106
6.2	Vertrauenswürdigkeit .....	111
6.3	Der Nutzen und die Nutzenpotenziale .....	116
6.4	Risiken und Risikomanagement. ....	117
6.5	Roadmap für die digitale Transformation in die Cloud .....	119
6.6	Cloudbasierte Dienste-Infrastrukturen für die Unternehmens-IT .....	120
6.7	Bereitstellung und Nutzung vertrauenswürdiger Cloud-Angebote .....	122
6.7.1	Beurteilung und Bewertung vertrauenswürdiger Cloud-Angebote .....	123
6.7.2	Vorgehensmodell zur Transformation in die Cloud .....	129
6.7.3	Funktionsanalyse zur Bestimmung des Profils der Unternehmens-IT .....	132
<b>7</b>	<b>Schlussbemerkungen .....</b>	<b>143</b>
	Herbert Weber	

### Teil III Leitfäden für die digitale Transformation in der Wirtschaft

<b>8 Leitfaden 1</b> .....	149
Herbert Weber	
8.1 Smart Sourcing .....	150
8.2 Ermittlung des Modernisierungsbedarfs für die Unternehmens-IT .....	152
8.3 Profile und Profilermittlung der Unternehmens-IT .....	160
8.3.1 Erläuterungen zur Bestimmung des Profils der Unternehmens-IT .....	161
8.3.2 Modellierung von Profilen .....	165
8.4 Inventarverzeichnisse für die Unternehmens-IT .....	175
8.5 Inventarverzeichnis für die Unternehmens-IT .....	176
8.5.1 Geschäftsaufgaben .....	176
8.5.2 Systeme der Unternehmens-IT .....	179
8.5.3 Leistungsprofil des IT-Bereichs Ihres Unternehmens .....	181
8.5.4 Organisation, Methoden und Vorgehensweisen in der IKT-Entwicklung und IKT-Modernisierung .....	184
<b>9 Cloud-Sicherheits-Leitfaden für Anbieter (CSLA)</b> .....	187
Johannes Viehmann	
9.1 Einleitung .....	188
9.1.1 Die Bedeutung von Informationssicherheit im Zusammenhang mit Cloud Computing .....	188
9.1.2 Aufbau und Funktion des CSLA .....	189
9.1.3 Ein offenes Wort – Limitationen des CSLA .....	189
9.2 Was steht eigentlich auf dem Spiel? .....	190
9.2.1 Identifizieren der Stakeholder .....	190
9.3 Welche Bedrohungen sind zu beachten? .....	193
9.3.1 Bedrohungen durch die Cloud-Plattform .....	193
9.3.2 Allgemeine Bedrohungen von IKT-Systemen .....	195
9.3.3 Gefährdungen der Kommunikation und des Zusammenspiels ....	195
9.3.4 Rechtliche Gefahren .....	196
9.4 Welche Risiken ergeben sich daraus? .....	197
9.4.1 Mögliche Auswirkungen der Bedrohungen auf die Werte analysieren .....	197
9.4.2 Welche Sicherheitsmaßnahmen sind erforderlich? .....	198
9.5 Vertrauen schaffen .....	199
9.5.1 Schritte planen .....	199
9.5.2 Sicherheitsmaßnahmen implementieren .....	200
9.5.3 Prüfen und prüfen lassen .....	201
9.5.4 Kommunizieren .....	202

9.6	Weiterführende Literatur .....	203
9.6.1	IT-Sicherheit .....	203
9.6.2	Risikoanalyse .....	204
9.6.3	Rechtliche Grundlagen .....	204
9.6.4	IT allgemein .....	204
<b>10</b>	<b>Cloud-Sicherheits-Leitfaden für Nutzer (CSLN)</b> .....	<b>205</b>
	Johannes Viehmann	
10.1	Einleitung zum Cloud-Sicherheits-Leitfaden für Nutzer (CSLN) .....	206
10.1.1	Bedeutung von Informationssicherheit im Zusammenhang mit Cloud Computing .....	206
10.1.2	Aufbau und Funktion des CSLN .....	207
10.1.3	Ein offenes Wort – Limitationen des CSLN .....	207
10.2	Was steht eigentlich auf dem Spiel? .....	209
10.2.1	Identifizieren der Stakeholder .....	209
10.3	Welche Bedrohungen sind zu beachten? .....	212
10.3.1	Bedrohungen durch einen externen Cloud-Dienst und dessen Anbieter .....	212
10.3.2	Bedrohungen von IKT-Systemen .....	215
10.3.3	Gefährdungen der Kommunikation und des Zusammenspiels .....	216
10.3.4	Gefährdungen auf Seiten der Nutzer .....	217
10.4	Welche Risiken ergeben sich? .....	218
10.4.1	Mögliche Auswirkungen der Bedrohungen auf die Werte analysieren .....	218
10.4.2	Welche Sicherheitsmaßnahmen sind erforderlich? .....	219
10.5	Cloud-Dienste bewerten, vergleichen, auswählen und nutzen .....	220
10.5.1	Dienste evaluieren anhand der implementierten Sicherheitsmaßnahmen .....	220
10.5.2	Die passendsten Dienste finden .....	221
10.5.3	Nutzung der Cloud-Dienste .....	221
10.6	Weiterführende Literatur .....	222
10.6.1	IT-Sicherheit .....	222
10.6.2	Risikoanalyse .....	222
10.6.3	Rechtliche Grundlagen .....	222
10.6.4	IT allgemein .....	223
	<b>Anhang A – Gefahren und Konsequenzen</b> .....	<b>225</b>
	<b>Anhang B – Sicherheitsmaßnahmen mit Schutzlevel</b> .....	<b>231</b>
	<b>Anhang C – Bausteine für die Sicherheitsmaßnahmen</b> .....	<b>237</b>
	<b>Glossar</b> .....	<b>249</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>251</b>

# Digitalisierung und Digitale Transformation

**Einführung** Der Begriff „Digitalisierung“ ist in aller Munde. Er ist gleichermaßen mit Zukunftshoffnungen und Zukunftsängsten verbunden. Die Diskussionen dessen, was Digitalisierung im heutigen öffentlichen Verständnis ist und sein soll, finden auf verschiedenen Ebenen statt. Die politische Diskussion stellt einerseits die Möglichkeiten für die Gesellschaft, eine Modernisierung der Institutionen und sogar der gesellschaftlichen „Weltbilder“ zu erreichen, und andererseits die mit der umfassenden Digitalisierung möglich werdenden Gefährdungen des gesellschaftlichen Lebens in den Vordergrund. Dazu wird eine arbeitsmarktpolitische Debatte geführt und gefragt, was Digitalisierung für den Arbeitsmarkt bedeutet, ob traditionelle Berufsbilder verschwinden werden und Arbeitslosigkeit droht, ob der Fachkräftebedarf für die digitalisierte Gesellschaft und für die Bewältigung des digitalen Wandels überhaupt zu decken ist, und wie Bildung, Weiterbildung und Schulung Voraussetzungen schaffen kann, die Digitalisierung zu gesellschaftlichem Nutzen zu führen.

Die die allgemeine politische Diskussion ergänzende Debatte über die wirtschaftspolitischen Aspekte der Digitalisierung berührt Themen wie den internationalen Wettbewerb, nötige Regulierungen in den globalen und lokalen Märkten, aber auch unternehmenspolitische Fragen wie zum Beispiel die faire Besteuerung von Gewinnen in einem internationalen Umfeld, Fragen der Sicherheit und Unverletzlichkeit der Wirtschaft und des Schutzes gegen Kriminalität. Gerade die Globalität der Digitalisierung wirft dann auch Fragen wie zum Beispiel die nach dem Erhalt von Souveränität und der möglicherweise drohenden Monopolisierung der globalen Märkte auf, und stellt den Rechtsschutz für die Marktteilnehmer im globalen Geschehen zur Debatte.

Eng verzahnt mit der wirtschaftspolitischen Debatte ist eine innovationspolitische Debatte darüber, wie sich die speziellen Ausprägungen und Stärken der Wirtschaft in Regionen, Ländern und in der globalen Wirtschaft durch die dafür notwendigen Innovationen zur Optimierung der jeweils existierenden Ökonomie, aber auch zur Entwicklung neuer wirtschaftlicher Potenziale erhalten und verbessern lassen.

Letztendlich und vor allen Dingen ist die Digitalisierung auch eine technische Aufgabe, und die Debatte muss dazu führen, die richtigen technischen Lösungen zu entwickeln und bereitzustellen, um in der jeweiligen ökonomischen Umgebung die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Dies erfordert Strategien für die Forschung, aber auch Strategien für die Entwicklung und Nutzung neuer technischer Möglichkeiten und neuer gesellschaftlicher Gegebenheiten. Es erfordert aber auch Strategien zur Gestaltung des Wandels und damit für eine digitale Transformation.

In der folgenden Monographie werden nur die letzten beiden der oben erwähnten Komplexe der Debatte adressiert. Dafür ist einerseits maßgebend, dass die Bundesrepublik nicht zu den Speerspitzen der die Digitalisierung ermöglichenden Informations- und Kommunikationstechnologien zählt. Es ist auch dadurch motiviert, dass Deutschland für die Digitalisierung im industriellen Umfeld gute Voraussetzungen bietet, aber noch Defizite in der Integration traditioneller Technologien in Digitalisierungstechnologien zu beklagen hat.

Die Bundesrepublik steht darüber hinaus vor einer besonderen Herausforderung, weil sie schon einen hohen Standard in der Digitalisierung erreicht hat und nun einen Nachteil gegenüber den Wettbewerbern fürchten muss, die neu beginnen und damit ein Erbe und sehr häufig auch Erblasten nicht schultern müssen. Die Betonung der innovationspolitischen und technischen Dimension erfolgt auch deshalb, weil in den anderen Debatten auch häufig der nötige „Tiefgang“ im öffentlichen und zum Teil sogar im fachöffentlichen Diskurs fehlt, um nicht nur zu debattieren, sondern um auch zu Umsetzungen zu kommen.

Herbert Weber

---

## Zusammenfassung

Die Digitalisierung ist eine technologiegetriebene Veränderung aller Bereiche der menschlichen Gesellschaft mit vielen Gesichtern, wie einem politischen, einem arbeitsmarktpolitischen, einem sozialpolitischen, natürlich auch einem kulturellen und letztlich auch einem individual-kognitiven Gesicht. Über alle diesen Gesichtern zugeordneten Phänomene findet ein breiter öffentlicher Diskurs mit all den Begleiterscheinungen statt, die dann, wenn eine breite Öffentlichkeit erreicht werden soll, auch zu unsinnigen Mystifizierungen und Verdammungen führen. Auch das wirtschaftspolitische, das wirtschaftliche und sogar das technische Gesicht der Digitalisierung sind von diesen Begleiterscheinungen nicht verschont geblieben. Für die prognostizierte Digitalisierung 4.0 ist es deshalb wichtig auf einer, auf den rationalen Kern zurückgeführten, wirtschaftlichen und technischen Sicht aufzubauen, um damit den dafür Verantwortlichen Hilfe anzubieten. Diesem Anliegen sollen die folgenden Ausführungen dienen.

## Inhaltsverzeichnis

1.1 Digitalisierung und digitale Revolution .....	5
1.2 Digitalisierung als Camouflage .....	7
1.3 Digitalisierung als Metapher .....	9

---

H. Weber  
INNOVA Beratungsgesellschaft mbH, Berlin, Deutschland  
E-Mail: [herbert.weber@innovaberatung.com](mailto:herbert.weber@innovaberatung.com)

Die Medien – insbesondere auch die Wirtschaftspresse – konfrontieren schon seit mehreren Jahren die Öffentlichkeit mit Abhandlungen über Digitalisierung und dem zu erwartenden Nutzen der Digitalisierung für die künftige Entwicklung der Gesellschaft. Dabei wird sowohl auf den zu erwartenden positiven aber auch auf den möglichen negativen Einfluss der Digitalisierung auf das Sozialverhalten der Menschen und auf die daraus folgenden gesellschaftlichen Entwicklungen, auf die damit verbundenen Entwicklungen in der Wirtschaft, auf die Veränderungen des Gesundheitswesens, auf die Organisation des Lebens in großen Metropolen und die Auswirkungen auf die Organisation der demokratischen Gesellschaft hingewiesen.

Der Bedarf, alles dies umfassend zu diskutieren, ist nicht nur berechtigt, sondern auch zwingend nötig. Warum muss man dann, so kann man fragen, noch immer den vielen Äußerungen zu dem Thema noch weitere hinzufügen obwohl schon jetzt der Eindruck entstanden ist, dass eigentlich schon alles und auch von jedem Berufenen oder Unberufenen gesagt worden ist. Man kann beim Verfolgen der Debatten aber auch seine Augen nicht vor der Tatsache verschließen, dass viele der Diskussionen an einer gewissen Oberflächlichkeit leiden und damit trotz vieler Beiträge zum Diskurs noch immer viele Unklarheiten und Unwägbarkeiten verbleiben.

Das gilt selbst für die Diskurse zur Digitalisierung in der Wirtschaft, in denen viele der Beiträge erkennen lassen, dass der Autor oder die Autoren sich nicht nur nicht erklärter Schlagwörter und unverständlicher Metaphern bedienen, sondern offensichtlich auch nicht über hinreichend tief gehende Kenntnisse verfügen. So ist es zur Zeit durchaus nicht ungewöhnlich, dass in einem Artikel in der Wirtschaftspresse mit einem Umfang von 2–3 DIN-A4-Seiten gleichzeitig Begriffe wie „Industrie 1.0“, „Industrie 2.0“, „Industrie 3.0“ und „Industrie 4.0“, aber auch die Begriffe „Open Innovation“, „Social Marketing“, „digital vernetzte Fertigung“, „lernfähige Systeme“, „Predictive Analysis“ und etliche mehr zu finden sind, ohne dass auch nur einer dieser Begriffe näher erläutert oder auf eine Definition verwiesen wird.

Es drängt sich dem Leser dann fast zwangsläufig der Eindruck auf – und das lässt sich durchaus aus dem Kontext schließen, in dem die Begriffe auftauchen – dass der Autor/die Autoren den Eindruck vermitteln, dass sie ein tieferes Verständnis auch gar nicht vermissen.

Die Folge davon sind immer wieder sowohl positive als auch negative Mystifikationen zur Digitalisierung und ihren Wirkungen. Dass dies möglich ist, muss auch der vielleicht überraschenden Tatsache zugeschrieben werden, dass der Begriff Digitalisierung mit einer Vielzahl von Deutungen belegt wird, weil eine hinreichend präzise Definition dafür bisher nicht existiert und – so könnte man meinen – auch eher als störend empfunden und deshalb auch nicht vereinbart wird.

Es ist deshalb nicht überflüssig, den vielen Äußerungen zum Thema weitere hinzuzufügen, wenn durch sie erreicht werden kann, die Bedeutung des Begriffs präziser zu definieren. Darauf sind insbesondere (mittlere und kleine) Unternehmen angewiesen, in denen nicht nur gefragt wird, was Digitalisierung ist, sondern auch, wie man die Digitalisierung erreichen kann. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, soll im Folgenden für all diejenigen, die ein solches Verständnis von den die Digitalisierung

bestimmenden Sachverhalten und Gegebenheiten gewinnen wollen, auf die Nutzung von trivialisierenden und unverständlichen Schlagworten und Metaphern verzichtet, und wo dies notwendig ist, deren Bedeutung erläutert werden. Dazu ist es zunächst wichtig, einige die Digitalisierung überhöhenden oder überhöhten Begriffe und Konzepte, die in der heutigen öffentlichen Diskussion immer wieder Verwendung finden, auf ihren „Wertgehalt“ hin zu bewerten.

Unter den vielen Schlagworten, die in der öffentlichen Diskussion immer wieder verwendet werden, spielen Begriffe und Phrasen wie „Digitalisierung als Revolution“ oder „Künstliche Intelligenz als Treiber für die Digitalisierung“, „disruptive Innovationen“ etc. eine bedeutende Rolle. Mit ihrer Nutzung sollen vor allen Dingen positive Emotionen geweckt werden, weil davon ausgegangen werden kann, dass von den mit ihnen angesprochenen Auditorien die tieferen Bedeutungen nicht verstanden werden, und trotzdem – so wird erwartet – Akzeptanz für die jeweiligen Aussagen erzielt wird.

---

## 1.1 Digitalisierung und digitale Revolution

Die heute gängige Interpretation des Begriffs Revolution deutet auf eine abrupte – häufig mit Gewalt verbundene – Zerstörung einer Ordnung in Staat, Gesellschaft, Wirtschaft, Technik etc. und deren Ersetzung durch eine neue Ordnung hin. Für die Wirtschaft hat der Ökonom Hajek dafür den sehr viel pragmatischeren und freundlicheren Begriff der „Kreativen Zerstörung“ geprägt, und in der Technologieentwicklung und -nutzung wird heute vorwiegend von „disruptiven Innovationen“ gesprochen, um die Möglichkeiten für einen organisierten Wandel zu bezeichnen. Der Nutzung des Begriffs „disruptive Innovation“ zur Charakterisierung gesellschaftlicher Veränderungen mag vor dem Hintergrund der Nutzung von Endgeräten für Telefonie, Internetnutzung, Fotografie etc. und der damit verbundenen Änderung der Kulturtechniken wie Lesen, Schreiben, Sprechen, Kommunizieren sehr wohl gerechtfertigt sein, aber es verbietet sich dabei sicherlich wohl auch, von einer Revolution zu sprechen.

### Digitalisierung in der Wirtschaft

Im Hinblick auf die Veränderungen in der Wirtschaft durch die Digitalisierung ist bei der Nutzung des Begriffs Revolution noch viel eher Verzicht angesagt. Die bisher größten Veränderungen durch Digitalisierung im Bereich der Wirtschaft sind trotz Uber, Zalando, Amazon keine zerstörerischen Veränderungen einer Ordnung. Mit den dortigen Veränderungen wird eine Aktivität, ein Ablauf, eine Aufgabe durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie verändert, um damit zum Beispiel Zeit und Kosten zu beeinflussen, ohne die grundsätzliche Ordnung, definiert durch lange etablierte Handlungsmuster wie „Kaufen“ und „Verkaufen“, wie „Anfordern und Liefern“ oder „Zeitweiliges Nutzen und Honorieren“ zu verändern.

Von einer Revolution zu sprechen, verbietet sich für die Digitalisierung von technischen, industriellen Anwendungen noch viel mehr. Das diesen Anwendungen zugrunde liegende,

und von Isaak Newton und von Gottfried Wilhelm Leibniz etablierte physikalische Weltbild und dessen Weiterentwicklung, kumulierend in Albert Einsteins Relativitätstheorie, ist so weitgehend experimentell bestätigt, dass sich eine revolutionäre Weiterentwicklung nicht in Ansätzen erkennen lässt.

Auch wenn nun in den praktischen Anwendungen der Physik in den Ingenieurwissenschaften mit Informations- und Kommunikationstechnologien keine revolutionären Veränderungen wirken, kann natürlich auf mögliche – auch disruptive – Innovationen auf keinen Fall verzichtet werden. Ganz im Gegenteil: Es ist besonders wichtig, dass die Ingenieurwissenschaften die Sorgfalt walten lassen, die notwendig ist, um eine systematische Nutzung der neuen Möglichkeiten für technische Neuerungen sicherzustellen. Für die Informatik entsteht die Herausforderung, das physikalische Weltbild zu kennen oder zu erlernen, um die nutzbringende Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien in den physikalischen sicherzustellen.

### **Digitalisierung in der Gesellschaft**

Nicht anders verhält es sich beim Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in der Medizin: Nicht sie haben eine Revolution in der Behandlung von Krankheiten und deren Diagnose verursacht, sondern zum Beispiel die Entdeckung der Antibiotika für die Behandlung bakteriell verursachter Krankheiten oder die Entdeckung der DNA als Basis der Gentechnologie.

Für eine umfassendere Diskussion darüber, ob es gerechtfertigt ist, die Digitalisierung zur Revolution zu stilisieren, und die Zweifel an der Berechtigung dazu in den Wirtschaftswissenschaften, kann Robert Gordon eine gute Referenz sein, dem auch das Handelsblatt am 4./5./6.3.2016 Nr. 45 einen umfassenden Bericht gewidmet hat. Es ist dennoch leider nicht möglich, die mit den oben dargestellten Überhöhungen der Möglichkeiten, mit Digitalisierung neue Nutzenpotenziale zu erschließen, zu ignorieren, obwohl mit ihnen eher Emotionen als Verständnis bewirkt werden kann.

Der Begriff Digitalisierung hat über seine technische Definition eine weit hinausreichende gesellschaftliche Bedeutung erlangt. Mit dem Begriff Digitalisierung wird in der Zwischenzeit eine die gesamte Gesellschaft erfassende und umfassende Innovationsstrategie und eine Innovationskultur bis hin zu einem neuen „digitalen Weltbild“ für die digitale Gesellschaft bezeichnet. Dies allerdings führt schon dazu, dass durch die Nutzung digitaler Technologien und der mit ihnen entwickelten Informations- und Kommunikations-Infrastrukturen politische, kulturelle Veränderungen, aber auch Veränderungen der menschlichen Wahrnehmung und des menschlichen Handelns bewirkt werden, die mit einiger Berechtigung als Revolution bezeichnet werden dürfen.

In den folgenden Diskussionen der Digitalisierung soll diese ganzheitliche und globale Betrachtung nicht verfolgt werden. Hier soll vielmehr die Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologien im Umfeld der Wirtschaft und in anderen öffentlichen oder privaten Institutionen, die heute schon funktionierende Anwendungen betreiben, diskutiert werden. Das ermöglicht und erzwingt einen rationalen und weniger emotionalen Diskurs in der Öffentlichkeit und der Fachöffentlichkeit.

Insbesondere die Nutzungen der Informations- und Kommunikationstechnologien in der produzierenden Wirtschaft gelten zurzeit als diejenigen, mit denen die größten Innovationschübe zu erreichen sein werden. Wir werden deshalb im Folgenden den Versuch unternehmen, ein Referenzkonzept für die Digitalisierung in ausgewählten Anwendungsbereichen, wie in der Wirtschaft und insbesondere in der produzierenden Industrie, zu entwickeln. Dass dort die Möglichkeiten noch nicht erschöpfend genutzt werden, ist offensichtlich und wird deshalb mit der Initiative „Industrie 4.0“ angestrebt.

---

## 1.2 Digitalisierung als Camouflage

„Digitalisierung“ ist wahrscheinlich der bewusst gewählte falsche Begriff für das, was mit seiner Nutzung in einem Teil des öffentlichen Diskurses eigentlich gemeint ist. Der Begriff „Digitalisierung“ ist ein technischer Begriff mit einer eindeutigen Definition. Mit seiner Nutzung heute wird – so muss man konstatieren, wenn man seine Nutzung in den Medien verfolgt – die Hoffnung verbunden, dass mit der „Digitalisierung“ ein „langer Hebel“ verfügbar wird, mit dem Strukturen in der Gesellschaft, der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung aufgebrochen werden können, die als verkrustet, starr, inflexibel, überbürokratisiert – oder wie auch immer die dafür benutzen Worte sonst noch lauten – gelten. Deshalb wird der Begriff in der öffentlichen Kommunikation, dort wo er sogar als Titel für die jeweiligen Veröffentlichungen dient, nicht definiert oder erklärt. Nur dann, wenn der Adressierte eine einschlägige Vorbildung besitzt, hat er eine Chance zu verstehen, welche der vielen Facetten und Bedeutungen dem Begriff in dem jeweiligen Fall zugeordnet werden.

### Öffentlichkeit und Transparenz

Nur beispielhaft für die Flut von öffentlichen Äußerungen beschreibt die Süddeutsche Zeitung in ihrer Ausgabe Nr. 54 vom 05./06.03.2016 den Widerstand, den das deutsche Gesundheitswesen der Digitalisierung entgegensetzt, obwohl die medizinische Praxis in der Tat schon lange von digitalen Geräten nur so strotzt. Und dies geschieht, um zu erklären, dass die Institutionen des Gesundheitswesens wegen der Vielzahl nicht kompatibler Interessen zwischen den Beteiligten die Entwicklung durchgängiger Abläufe verhindern. In der Ausgabe Nr. 60 vom 12./13.03.2016 nimmt dann die Süddeutsche Zeitung die öffentliche Verwaltung aufs Korn, um ganz andere Probleme, wie zum Beispiel die durch den Föderalismus bedingte Kleinteiligkeit in der öffentlichen Verwaltung zu kritisieren, und das der mangelhaften Digitalisierung zuzuschreiben. Natürlich hat der Begriff „Digitalisierung“ für jedes dieser Beispiele eine ganz eigene Bedeutung und vor allen Dingen gar keine technische Bedeutung mehr.

Man kann bei kontinuierlicher Verfolgung des öffentlichen Diskurses nur den Schluss ziehen, dass in der Gesellschaft gegenüber der Digitalisierung nicht nur Zurückhaltung, sondern vielleicht sogar Obstruktion existiert, und dass dieses Problem ein in der Gesellschaft durchaus signifikantes Problem ist. So wie der öffentliche Diskurs heute geführt

wird, so scheint es, wird sich wohl keine Änderung der Einstellung der Betroffenen erreichen lassen, wenn die eigentlichen Probleme hinter dem Begriff Digitalisierung versteckt und nicht wirklich benannt werden. Die Öffentlichkeit und zum Teil auch die Fachöffentlichkeit wird nicht hinreichend aufgeklärt: Es werden nur selten konkrete, mit der Digitalisierung verbundene Zielsetzungen so erklärt, dass erkennbar wird, welche Gründe für die Zurückhaltung berechtigt sind, welche Veränderungen die Digitalisierung mit sich bringen würde, und was mit der Digitalisierung auf die Betroffenen wirklich zukommt.

### **Folgewirkungen und Transparenz**

Gerade die Folgewirkung nicht nur zu benennen, sondern auch wirklich zu kennen, erfordert Aufklärung auch im Detail. Es verbietet sich deshalb geradezu, den Diskurs mit Metaphern und Schlagworten zu führen. Sie können die Facetten der Digitalisierung nicht adäquat adressieren. Es sind aber genau diese Facetten, die es erlauben, Möglichkeiten und Herausforderungen, Aufwände und Erträge aber auch Angebote und Nachfragen gegenüberzustellen und zu bewerten. Ein seriöserer öffentlicher Diskurs würde es zum Beispiel erlauben, vorab über die mögliche spätere Verletzung der Sicherheit von Daten oder von Persönlichkeitsrechten für diejenigen, die persönliche Informationen abgeben, nachzudenken, um dies auch zu verhindern.

Die Digitalisierung erfordert, dass nicht nur die Betroffenen über die sich durch Digitalisierung ändernden Lebensumstände diskutieren, sondern dass auch die Möglichkeiten und Herausforderungen für die Anbieter und Nutzer digitaler Technologien und der zum Betrieb der nötigen Informations- und Kommunikationstechnologien vor jeder Investitionsentscheidung zu betrachten sind. Der größte Teil der Anbieter und Nutzer sind Unternehmen im Wettbewerb, und folglich sind dort vor allen Dingen auch die „Geschäftswerte“ der Angebote und Nutzungen ein wichtiges Kriterium für Entscheidungen über Investitionen. Es kann nicht verschwiegen werden, dass rationale Verfahren zur Bestimmung der Geschäftswerte vor der Investition eine große Herausforderung darstellen, und dass abstrakte öffentliche Diskussionen kaum dazu beitragen können, Akzeptanz zu schaffen.

Deshalb geht es in den folgenden Ausführungen primär darum, die Wirtschaft, eventuell auch die öffentlichen Einrichtungen wie Verwaltungen, Gesundheitswesen etc. zu ertüchtigen, Digitalisierung da, wo sie möglich und nötig ist, zu bewältigen. Das erfordert eine intensive Diskussion der für die weitere Digitalisierung nötigen Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen und der dafür nötigen Informations- und Kommunikationstechnologien. Dazu wird zunächst geklärt werden, welche Digitalisierung hier betrachtet werden soll und welche technischen Voraussetzungen dafür erfüllt sein müssen.

Dabei ist nicht beabsichtigt, nur „Newcomer“ in der Digitalisierung und deren Probleme zu diskutieren, sondern, ganz im Gegenteil, auch die weitere Digitalisierung all der Unternehmen und Organisationen, die schon Kommunikations- und Informationsinfrastrukturen betreiben und nutzen. Für diese stehen Themen wie die kontinuierliche Weiterentwicklung dieser Infrastrukturen im Vordergrund der Überlegungen. Sie sind einerseits gezwungen, funktionierende Altsysteme und Altanwendungen zu erhalten und schrittweise

mit der Veränderung der Anforderungen an diese Veränderungen anzupassen. Für sie ist die kontinuierliche digitale Transformation eine große Herausforderung, die schon bisher einen großen Anteil der Aufwendungen für die Digitalisierung verursacht hat.

---

### 1.3 Digitalisierung als Metapher

Die Verfügbarkeit von Technologien für die Digitalisierung hat insbesondere in den vergangenen 50 Jahren zu einer Vielzahl von Ergebnissen geführt, die zu Prosperität und Wohlstand sowie zu persönlichem Komfort der Nutzer geführt haben. Sie alle zu erklären war häufig nur durch die Nutzung von Analogien und Metaphern möglich, sodass ihre prospektiven Nutzer ihre Bedeutung erkennen sollten.

Die in der Zwischenzeit zum Beispiel ein wenig aus der Mode gekommenen Begriffe „Gehirn“ zur Charakterisierung der Fähigkeiten von Computern oder von „Nervenzentralen“ zur Charakterisierung von Computer-Kommunikationsnetzwerken können einerseits gut dazu genutzt werden, Erklärungen für die insbesondere jetzt anstehenden Digitalisierungsaufgaben zu liefern, aber auch Mystifikationen rund um die Digitalisierung zu entwickeln, um damit auch Bedürfnisse oder auch Abschreckung zu wecken. Viele haben sich von der Nutzung dieser Metaphern angesprochen gefühlt, und damit haben sie häufig auch ihren Zweck erfüllt.

Es ist deshalb wohl nicht so ganz abwegig, diese Metaphern zu nutzen, um die Entwicklung der Digitalisierung in den vergangenen Dekaden in ihrer Bedeutung zu charakterisieren, sowie den Status quo und die Perspektiven zu verdeutlichen und dahingehend zu überprüfen, wie treffend sie waren.

#### Speichern und Rechnen

Am Beginn der Digitalisierung haben Computer nur in sehr bescheidenem Umfang die Aufgaben eines Gehirns übernommen, obwohl sie in der Praxis im Wesentlichen die Aufgaben des Speicherns und Rechnens, also als „Gedächtnis“ für Daten und als „Rechenmaschine“ für einfache mathematische Kalkulationen, übernommen haben.

Obwohl fast zeitgleich mit der breiten Nutzung von Computern auch der Begriff „Künstliche Intelligenz“ in den frühen 60er-Jahren des vorigen Jahrhunderts eingeführt worden ist, ist auch heute noch eine wirkliche „künstliche“ Intelligenz im Sinne der Assoziationsfähigkeit des menschlichen Gehirns nicht erreichbar, auch wenn der Begriff – wie schon dargestellt – sich wieder einer großen Popularität erfreut.

Vor allen Dingen deshalb sind Computer – insbesondere die Höchstleistungsrechner – als „number cruncher“ bezeichnet worden und haben in den experimentellen Wissenschaften Durchbrüche bei der Analyse von Experiment-Daten ermöglicht.

Allerdings sind Computer dem menschlichen Gehirn als Gedächtnis auch überlegen: Der das Gedächtnis darstellende Speicher kann nicht nur von einem Nutzer in Anspruch genommen werden, sondern von vielen Nutzern für jeweils unterschiedliche Zwecke. Werden die gleichen Daten von mehreren Nutzern in Anspruch genommen, können

Computer auch einen indirekten Datenaustausch erlauben, indem sie die Änderungen an den Daten durch einen Nutzer allen anderen Nutzern bekanntmachen. Diese „Seiteneffekte“ zu ermöglichen, ist mit dem Gehirn als Datenspeicher nicht möglich.

### **Überwachen und Steuern**

Nur mit einer geringen Verzögerung – wenn nicht sogar zeitgleich – sind Computer auch zur Steuerung, Regelung und Überwachung technischer Systeme eingesetzt worden. Computer haben damit eine weitere Fähigkeit des menschlichen Gehirns übernommen und haben für diese Fähigkeit das menschliche Gehirn im Hinblick auf Präzision, Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit weit übertroffen.

Das allerdings ist Computern nur deshalb gelungen, weil Menschen ihre Fähigkeiten in Form von Programmen den Computern zur Ausführung bereitgestellt haben und ihnen von peripheren analogen und/oder digitalen Geräten Daten zugänglich gemacht haben, die Zustände der physikalischen Systeme repräsentieren und die Zustände der physikalischen Systeme zu beeinflussen gestatten.

Damit erlangten Computer und die Verbindungen zu peripheren Geräten die bei Menschen zu findende, bei Computern noch immer sehr rudimentäre ausgebildete Fähigkeit, als „Nervenzentrale“ zu agieren. Die peripheren Geräte sind vergleichbar mit den durch das Gehirn und das Nervensystem gesteuerten Sinnesorganen des menschlichen Körpers. Insoweit taugt die Metapher „Nervenzentrale“ auch zur Charakterisierung des Leistungsvermögens von Computern, weil auch mit ihnen Steuerungen und Regelungen von verbundenen Geräten, Maschinen und Anlagen möglich werden.

Die technologischen Entwicklungen haben darüber hinaus dazu geführt, dass periphere Geräte die Leistungsfähigkeit von Sinnesorganen erreicht haben, mit der „Sehen“, „Hören“ und, bis zu einem bestimmten Grad, sogar „Fühlen“ möglich wird.

### **Kommunizieren**

Eine signifikante Erweiterung der Fähigkeiten von Computern erfolgte mit der Einführung von Computerkommunikationsnetzen und dem damit ermöglichten Computer-zu-Computer-Datenaustausch. Um Daten zwischen Computern austauschen zu können, mussten Austauschformate für diese Daten definiert werden, sodass die ausgetauschten Daten aus den Datenformaten des Senders in die Datenformate des Empfängers transformiert werden konnten.

Der Datenaustausch zwischen Computern bleibt allerdings noch immer weit hinter den Kommunikationsfähigkeiten von Menschen zurück, auch wenn in der menschlichen Kommunikation letztlich Daten ausgetauscht werden. Die menschliche Kommunikation ist nie eine nur „eindimensionale“ Kommunikation, in der zum Beispiel nur die Worte einer gesprochenen Sprache, sondern gleichzeitig auch Gesten, Stimmmodulationen und Stimmungen ausgetauscht werden. Diese menschlichen Kommunikationsfähigkeiten nachzubilden, um sie auch als Daten zwischen mehreren Computern zeitgleich austauschen zu können, führt einerseits zur Notwendigkeit, sehr große Datenmengen auszutauschen und andererseits zu interessanten Forschungsvorhaben.

Dennoch bleiben für die Nachbildung der menschlichen Kommunikationsfähigkeit Probleme – wahrscheinlich dauerhaft – ungelöst. In der menschlichen Kommunikation lassen die, auch durch eine gemeinsame Sprache nicht zu überwindenden, Deutungsunterschiede für gesprochene oder geschriebene Sprache, keine „eindeutige“ Informationsübertragung zu, weil jede menschliche Kommunikation durch die subjektive Wahrnehmung von Sendern und Empfängern geprägt ist.

In der Computer-zu-Computer-Kommunikation und in dem dazu stattfindenden Datenaustausch wie in der anschließenden Interpretation der Daten sind die Subjektivitäten der an der Kommunikation beteiligten Menschen nicht nachzubilden, ohne dass zwischen den Beteiligten auch ein gemeinsames Verständnis von der Bedeutung der Daten existieren würde. Die Erfahrungen, die Menschen in „Verständigungs-Dialogen“ machen, in denen versucht wird, ein solches gemeinsames Verständnis zu entwickeln, lässt den Schluss zu, dass die Nachbildung mehrdimensionaler menschlicher Kommunikation durch Computer-zu-Computer-Kommunikation für sehr lange Zeit, oder sogar für immer, ein Dauerproblem bleiben wird.

Eine andere durch die Computer-zu-Computer-Kommunikation möglich werdende Entwicklung, bei der nicht die menschliche Kommunikation zwischen technischen Systemen nachgebildet wird, ist allerdings durchaus vielversprechend, weil die zwischen technischen Systemen ausgetauschten Daten durch Mathematik, Physik, Chemie etc. eine eindeutig definierte Bedeutung zugewiesen bekommen haben. Sie repräsentieren zum Beispiel „elektrische Spannung“, „elektrischer Strom“, „Fließgeschwindigkeiten für Flüssigkeiten“, „geometrische Formen und Maße“ etc. und mit diesen Bedeutungszuweisungen kann Kommunikation reproduzierbar und umkehrbar eindeutig gemacht werden.

Im Hinblick auf Reproduzierbarkeit und Umkehrbarkeit ist damit die Nachbildung der Kommunikation zwischen technischen Systemen durch Computer-zu-Computer-Kommunikation dem menschlichen Nervensystem im Großen und Ganzen gleichwertig und häufig sogar überlegen, weil diese vom menschlichen Nervensystem übertragenen Daten in aller Regel auch reproduzierbar, allerdings nicht unbedingt umkehrbar eindeutig sind.

Dies liegt vor allen Dingen daran, dass Nervenenden und Gehirn eine hierarchische Struktur aufweisen und Daten immer nur von einem Nervenende an das Gehirn und vom Gehirn an das Nervenende transferiert werden können. Das Gehirn spielt somit die Rolle der „Nervenzentrale“ und steuert die gesamte Kommunikation im menschlichen Körper. Die Nervenbahnen repräsentieren das Kommunikationsnetz und die Nervenenden die peripheren Sensoren und Aktoren zum Senden von Daten an das Gehirn und zum Empfangen von Daten vom Gehirn.

Die Fähigkeiten eines Computers, auch Daten zu speichern und mit Daten „Berechnungen“ anzustellen, hat beim Menschen nur das Gehirn als Nervenzentrale, wohingegen bei der Computer-zu-Computer-Kommunikation jeder an der Kommunikation beteiligte Computer über diese Fähigkeit verfügt.

Damit ist deutlich geworden, dass das menschliche Gehirn zusammen mit dem menschlichen Nervensystem noch nicht dazu taugt, eine Computer-zu-Computer-Kommunikation

nachzubilden. Die Entsprechung wär nur dann gegeben, wenn zum Beispiel die menschlichen Organe wie zum Beispiel Lunge, Leber, Herz etc. auch die Fähigkeit von Computern zur Speicherung von Daten und zu Berechnungen mit Daten hätten. Dass dies tatsächlich auch beim Menschen der Fall sein kann, kann zum Beispiel – ironisch gesprochen – jeder Patient bestätigen, dem der Arzt die Diagnose „Ihre Leber ist vergrößert“ gestellt hat.

Allerdings findet auch in menschlichen Organen eine gewisse Speicherung von Daten statt. Die Speicherung von Daten erfolgt in den Organen – wie im Gehirn selbst natürlich auch – durch die Änderung physikalischer und/oder chemischer Zustände. Berechnungen mit Daten entsprechen den als Zustandsveränderungen des menschlichen Organismus wahrgenommenen und dem Gehirn zugänglich gemachten Daten. Man kann daraus ableiten, dass die Organe des menschlichen Körpers im Hinblick auf ihre Fähigkeiten als „bis zu einem gewissen Grad als unabhängige Computer“ gelten können. Ihre volle Leistungsfähigkeit wird aber erst durch die vom Gehirn bereitgestellten Fähigkeiten erreicht. Man könnte sie deshalb auch durch „semiautonome“ Computer bezeichnen, die bestimmte Aufgaben autonom ausführen können, aber dabei vom „Super-Computer“ Gehirn überwacht, gesteuert und geregelt werden.

### **Autonomes Handeln**

Im Rahmen der weiterführenden Digitalisierung in den technischen Nutzungen von Informations- und Kommunikationstechnologien wird nunmehr die Vernetzung autonom agierender technischer Systeme angestrebt. Unter Autonomie wird jetzt auch die Fähigkeit verstanden, Entscheidungen zu fällen, die immer dann getroffen werden müssen, wenn aus der „Umgebung“ dem System Daten zugänglich werden. Ausgehend von den Informationen aus der Umgebung muss ein autonomes System eine oder mehrere Aktionen ausführen können, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn ein technisches System seine Lage im (dreidimensionalen) Raum durch irgendwelche „Einflüsse“ verändert hat und durch entsprechende Aktionen wieder in die Ausgangslage überführt werden soll, oder wenn das selbstfahrende Auto über sein Radarsystem Daten darüber erhält, dass nur durch eine Bremsung eine Kollision vermieden werden kann.

Die Fähigkeit, solche Entscheidungen zu treffen, entsteht durch eine in den autonomen technischen Systemen „eingebettete Intelligenz“. Diese erlaubt dann, wenn bestimmte „Umstände“ eintreten, die richtige Reaktion zu ermöglichen, die dazu notwendige Entscheidung zu treffen und die entsprechenden Aktionen durchzuführen, ohne dass eine übergeordnete Instanz wie zum Beispiel ein zentrales Gehirn diese Entscheidung beeinflussen kann.

Diese eingebettete Intelligenz wird im Computer in Form von Daten und „Entscheidungs-Algorithmen“ bereitgestellt. Die Vielzahl der auftretenden Entscheidungssituationen kann dann sehr unterschiedliche „Entscheidungs-Algorithmen“ erfordern, solche, die eine statistische Auswertung von Daten bewirken, auf deren Basis dann entschieden wird, oder solche, die Bedingungen abprüfen, um auf der Basis der Auswertung der Bedingungen Entscheidungen zu treffen. Dazu sind eine Vielzahl von Algorithmen zu den verschiedenen Entscheidungssituationen verfügbar; viele sind seit langem bekannt, andere werden angepasst auf spezielle Umstände und wiederum andere werden neu entwickelt.

---

Wenn vernetzte autonome Systeme diese Entscheidungen treffen und Aktionen ausführen dürfen, müssen die Ergebnisse anderen autonomen Systemen bekannt gemacht werden, um ein kollektives Zusammenwirken zu erlauben und um wie auch immer geartete „Kollisionen“ zu vermeiden. Nicht eine übergeordnete Instanz wie beim menschlichen Nervensystem, in dem das Gehirn die letztendliche Entscheidung trifft, sondern jedes autonome System nimmt also Angebote anderer Systeme an oder lehnt sie ab und macht Angebote an andere Systeme oder nicht. Angebote werden empfangen oder gemacht, wenn das autonome System eine Entscheidung getroffen hat, dies zu tun. Das Zusammenwirken der autonomen Systeme durch deren Kommunikation soll sich durch die Abgabe und Annahme von Angeboten während ihres Betriebsablaufs sicherstellen und „selbst regulieren“. Wie weit diese Vision trägt und wann sie Grenzen erreicht, soll hier nicht weiter diskutiert werden. Sie geht aber mit Sicherheit über die mit der Analogie zum menschlichen Organismus dargestellte Realität hinaus.