

# Wirtschaftspolitische Blätter

## → **Globale Megatrends und regionale Auswirkungen**

---

→ WOLFGANG SCHINAGL

NEXT GENERATION WIRELESS TECHNOLOGY 5G UND  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALS INNOVATIONSTREIBER  
FÜR EINE DIGITALE WIRTSCHAFT

**Sonderdruck 2018**

SEPTEMBER 2018

MANZ 

**WKO**   
STEIERMARK 



# Wirtschaftspolitische Blätter

---

→  **Globale Megatrends und  
regionale Auswirkungen**

**Sonderausgabe**  
September 2018

**MANZ**   
**WKO**   
STEIERMARK



# Next Generation Wireless Technology 5G und Artificial Intelligence als Innovationstreiber für eine digitale Wirtschaft

---

## Wolfgang Schinagl

CIO, Abteilung Technische Infrastruktur, Digital Content Research & Development Center, Wirtschaftskammer Steiermark,  
wolfgang.schinagl@wkstmk.at

---

Im ersten Teil dieses Beitrags wird der Innovationsbegriff vor dem Hintergrund disruptiver Technologien wie 5G und Artificial Intelligence (AI) kritisch hinterfragt, einerseits in einer wirtschaftlichen und andererseits in einer philosophisch-wissenschaftstheoretischen Zugangsweise. Im zweiten Teil werden die Mobilfunkgenerationen von 1G bis 4G dargestellt und das Potenzial von 5G als „game changer“ ab 2020 analysiert. Der dritte Teil widmet sich dem neuen (schon 60 Jahre alten) „Buzzword“ der Informatik: „Artificial Intelligence“. Anwendungen wie zB Sprachassistenten/Chatbots und autonome Fahrzeuge werden zwar der AI zugerechnet, jedoch gibt es gute Gründe dafür, dass AI erst mit einer noch ausstehenden Erfindung eines künstlichen Bewusstseins (Artificial Consciousness oder auch Synthetic Consciousness) beginnt.

## 1. Innovationstreiber für eine digitale Wirtschaft

### 1.1 Was ist eine Innovation?

Der Begriff Innovation bedeutet „Neuerung“ oder „Erneuerung“ und beinhaltet verschiedene Konnotationen, je nachdem welchen Blickwinkel man einnimmt. Aus der **Perspektive der Wirtschaft** ist eine Innovation eine neue Idee, ein Verfahren, ein Produkt oder eine Dienstleistung, die sich am Markt durchsetzt. Ein besseres Produkt, das im Wettbewerb mit einem eigentlich unterlegenen Produkt verliert, wäre demnach keine Innovation. Tatsächlich zeigt die Innovationsforschung, wie auch Produkte mit geringeren Qualitätsstandards gegenüber technisch überlegenen Produkten am Markt siegen können. Ein klassisches Beispiel dafür ist das Video Home System (VHS), ein Videoaufzeichnungssystem, das in den 1970er Jahren von der japanischen Firma Victor Company of Japan (JVC) entwickelt und 1976 erstmals vorgestellt wurde. Obwohl das 1975 von Sony Corporation auf den Markt gebrachte Betamax-System technologisch

überlegen war<sup>1</sup>, hat sich bis zum Jahr 1984 weltweit VHS durchgesetzt. Warum aber war das so?

Die wesentlichen Gründe für den Sieg von VHS gegenüber Betamax werden heute darin gesehen<sup>2</sup>, dass JVC zum einen in der Anfangsphase bereits eine längere Aufnahmezeit als das Sony Betamax System anbieten konnte, nämlich 120 Minuten statt 60 Minuten und dass es JVC zum anderen gelang, mehr Lizenznehmer<sup>3</sup> zu gewinnen, die in Folge VHS-Videorekorder bauten. Hier zeigt sich, dass strategische Marketing-Faktoren wie User-Präferenzen (längere Aufnahmezeit und VHS-Markenvielfalt) wichtiger waren, als bessere technologische Werte. Obwohl Sony bereits 1975 als erstes Unternehmen den Markt für Heimvideo-Rekorder mit Betamax Geräten für „early adopters“ bediente und im Jahr 1976 längst 55.000 Einheiten im amerikanischen Markt um durchschnittlich je US\$ 1.300 verkaufte, konnte JVC rasch aufholen und Betamax mit VHS verdrängen. Dazu kam eine Preisreduktion von US\$ 300 auf VHS-Geräte gegenüber Betacam-Videorekorder im Jahre 1977<sup>4</sup>. Auf den Punkt gebracht heißt das: Obwohl Sony zuerst am Markt war, eine bessere Aufzeichnungsqualität anbieten konnte und bereits eine renommierte Marke war, ist es JVC mit VHS gelungen, Sony auszubooten. Aus einer wirtschaftspragmatischen Sicht war JVC innovativer als Sony.

Aus der **Perspektive der Wissenschaftstheorie** bedeutet der Begriff Innovation etwas ganz Anderes: Hier geht es darum, etwas Neues zu schaffen, etwas Schöpferisches. Gemeint sind Entdeckungen, Erfindungen, wissenschaftliche Kreativität und neue Ideen. Dazu zählen auch naturwissenschaftliche Paradigmenwechsel, die durch innovative Theorien eingeleitet wurden, wie beispielsweise die Relativitätstheorie, die Quantentheorie, die Evolutionstheorie und die Psychoanalyse. Die Innovation im philosophisch-wissenschaftstheoretischen Kontext ist damit viel grundlegender als die wirtschaftliche Deutung. Eine Innovation ist hier nicht so sehr eine kreative Kombination von bereits vorhandenen Entitäten, die sich am Markt durchgesetzt hat, sondern etwas radikal Neues. Eine Innovation lässt sich logisch auch nicht aus Bekanntem ableiten. Andernfalls könnte man Innovationen durch Kombination von Vorhandenem auch errechnen. Im philosophischen Kern des Innovationsbegriffes steckt die von *Hans Reichenbach* eingeführte Unterscheidung von „context of discovery“ und „context of justification“<sup>5</sup>. Nach *Karl Popper* ist nur der „context of justification“ (Begründungszusammenhang, Erklärungszusammenhang) einer logischen Überprüfung durch ein logisches Regelwerk zugänglich, dh man kann mittels Computeranalyse die logische Konsistenz einer Erklärung feststellen. Aber das Schöpferische selbst – der „context of discovery“ (Entdeckungszusammen-

---

1 So bot das Sony Betamax System: 250 statt 240 horizontale NTSC-Zeilen, geringeres Video-Rauschen und geringeres Luminanz/Chroma-Übersprechen.

2 *Wikipedia*, Video tape format war, [https://en.wikipedia.org/wiki/Videotape\\_format\\_war](https://en.wikipedia.org/wiki/Videotape_format_war) (zuletzt abgerufen am 16. 3. 2018).

3 Vgl *Satorius, Ch./Zundel, S.* (Hrsg), *Time Strategies, Innovation, and Environmental Policy*. Massachusetts, USA (2005) 316 f.

4 Vgl *Wasser, F.*, *Veni, Vidi, Video: The Hollywood Empire and the VCR*, Austin (2001) 71 ff.

5 Vgl *Reichenbach, H.*, *Experience and Prediction. An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*, Chicago (1938).

hang) – ist verborgen, da es keine Entdeckungslogik gibt<sup>6</sup>. Gäbe es so etwas, könnte man Entdeckungen<sup>7</sup> mittels Computern berechnen.

Zahlreiche Forscher haben versucht, eine Entdeckungslogik<sup>8</sup> zu entwickeln, wie beispielsweise *Herbert Alexander Simon*, der für seine Arbeiten 1971 den Wirtschaftsnobelpreis erhielt. Grundsätzlich geht es dabei um die alte philosophische Frage, ob wir vom Einzelnen auf Allgemeines schließen können. Es geht um das Problem der induktiven Logik. Die Computerlogik unserer Notebooks, Tablets und Smartphones agiert deduktiv. Wir können aus einem Kalkül, einer Theorie, einem Regelwerk verschiedene Sätze deduktiv ableiten, die wahr sind und in der Welt damit funktionierende Prognosen aufstellen (**Deduktion**). Viel schwieriger ist es, aus einzelnen Beobachtungen mit Notwendigkeit Gesetzmäßigkeiten abzuleiten (**Induktion**). Nach einer streng logischen Form gibt es den induktiven Schluss nämlich nicht. Die gute Idee für eine Innovation – der Entdeckungszusammenhang – bleibt auch im Zeitalter der Artificial Intelligence ein „geistiger Wind“, der typisch „menschliche Züge“ trägt und gegenwärtig weder mit regelbasierten Algorithmen noch mit neuronalen Netzwerken erzeugt werden kann.

## 1.2 Zwei zentrale Innovationstreiber für eine digitale Wirtschaft

Was aber sind nun Innovationstreiber, also Technologien oder Methoden, die Innovationen begünstigen? Bereits der Titel dieses Beitrages „Next Generation Wireless Technology 5G und Artificial Intelligence als Innovationstreiber für eine digitale Wirtschaft“ suggeriert eine mögliche Antwort. Doch um zu verstehen, was genau damit gemeint ist, bedarf es einer näheren Analyse. Daher werden im ersten Schritt die wichtigsten Charakteristika der beiden Innovationstreiber aufgezeigt und in einem zweiten Schritt wird gezeigt, dass gerade die Kombination der Technologien, die eine hohe Kohärenz an Gemeinsamkeiten aufweisen, das Potenzial für völlig neue Anwendungen eröffnen, die eine digitale Wirtschaft im wahrsten Sinne des Wortes beflügeln können.

Die beiden hier diskutierten Innovationstreiber sind:

- Next Generation Wireless Technology 5G
  - Artificial Intelligence
- Gemeinsam ist diesen Technologien:
- sie sind Mikrocomputer-Technologien,
  - verfügen über eine jahrzehntelange **Grundlagenforschung** im interdisziplinären Bereich (Elektronik und Nachrichtentechnik, Netzwerktechnik,

---

6 „Unsere Auffassung [...], dass es eine logische, rational nachkonstruierbare Methode, etwas Neues zu entdecken, nicht gibt, pflegt man oft dadurch auszudrücken, dass man sagt, jede Entdeckung enthalte ein ‚irrationales Element‘, sei eine ‚schöpferische Intuition‘ (im Sinne Bergsons); [...]“, in *Popper, K.*, Logik der Forschung, Tübingen (1982 bzw 1934) 7.

7 Vgl Scientific Discovery (First published 2014, substantive revision 2018) <https://plato.stanford.edu/entries/scientific-discovery/> (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

8 Vgl *Schinagl, W.*, Herbert A. Simon’s Computer-Modelled Theory of Scientific Discovery, IFSR Newsletter 4 (1988) 20, [www.ifsr.org/index.php/herbert-a-simons-computer-modelled-theory-of-scientific-discovery/](http://www.ifsr.org/index.php/herbert-a-simons-computer-modelled-theory-of-scientific-discovery/) (zuletzt aufgerufen am 15. 6. 2018).

Informatik, Elektrotechnik, Materialwissenschaften, Festkörperphysik, Theoretische Physik, Mechanik, Optik, Psychologie etc),

- sind **Organprojektionen**, darunter versteht man Technologien, für die der menschliche Körper keine oder nur unzureichende menschliche Organe ausgeprägt hat, 5G - Funkkommunikation zwischen Menschen und Gegenständen, Artificial Intelligence - Intelligenzsteigerung,
- befinden sich in einer **offenen wissenschaftlich-technologischen Evolution** (5G - von 1G (A-, B-, C-Netz), 2G/GSM, 3G/UMTS, über LTE/4G zu 5G; Artificial Intelligence - von regelbasierten Expertensystemen zu neuronalen Netzwerken und „deep learning“),
- haben eine starke **content-Komponente**, 5G - schneller Transport von content, Artificial Intelligence - intelligenter, lösungsorientierter content,
- haben in den letzten Jahren eine starke **wirtschaftliche Expansion** im Evolutionspfad der jeweiligen Technologien generiert,
- haben sich in vielen **sozio-kulturellen Dimensionen** der Menschen (Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur, Privatsphäre etc) global etabliert und expandieren weiterhin und
- entsprechen dem Trend der **Miniaturisierung**, das heißt, die Technologie wird bis in den Nano-Bereich immer kleiner und energieeffizienter bis hin zur Energieautonomie (durch zB Solarzellentechnologie) und damit auch umweltverträglicher.

Kombinationen dieser beiden Technologien erzeugen enorme Potenziale für völlige neue wissensgesteuerte, autonome, sensor-gesteuerte, interaktive und transaktive, kommunizierende, intelligente Artefakte. Internet of Things (IoT) ist gegen das, was die nahe Zukunft an Möglichkeiten in einer digitalen Wirtschaft bringen wird, ein technologisches „Picknick am Wegesrand“<sup>9</sup>. Diese Technologien sind Schlüsseltechnologien für die Innovationsbeschleunigung selbst. Der Fortschritt in den Wissenschaften und damit die Entdeckung von Neuem wird wesentlich von den Innovationen der Evolutionspfade dieser Technologien abhängen. Egal ob in Medizin, Industrialisierung, Verwaltung, Handel, Verkehr, Bankwesen, Gewerbe und Handwerk, Informatik oder Tourismus, überall werden diese Technologien in intelligenten Verschränkungen weitere Innovationen vorantreiben.

Die dichte Vernetzung dieser Technologien mit klassischen Disziplinen der Wissenschaft wird zunehmend sichtbar. Das zeigt sich etwa in folgenden Kombinationen: Grundlagenwissenschaften **mit** 3D-Visualisierung von Big Data für das Verstehen von Zusammenhängen, Massive Data Analysis **mit** Artificial Intelligence zur Mustererkennung, Genlabors **mit** PCR Roboter zur Genanalyse. Diese Kombinationen sind in einem modernen, digitalen Wissenschaftsalltag nicht mehr wegzudenken. Heute werden diese Technologien zwar noch weitgehend isoliert eingesetzt, aber mit den Vernetzungs- und Vermaschungsmöglich-

---

9 Nach dem Roman von *Strugatzki, A./Strugatzki, B.*, „Picknick am Wegesrand“ (1972): Außerirdische haben bei ihrem Besuch auf der Erde nur wenig Spuren hinterlassen, vergleichbar mit den Abfallresten eines Picknicks am Wegesrand.



keiten von 5G und Artificial Intelligence werden diese Forschungsgebiete einen exponentiellen Schub erfahren, der es möglich machen wird, viele wissenschaftliche und letztlich praktische Probleme zu lösen.

Kehren wir noch einmal zum Beispiel des VHS-Recorders zurück und erinnern wir uns an die Gründe für den Erfolg des Produkts. Soweit man das heute sagen kann, waren einige davon:

- ein funktionierendes Produkt,
- die Produktionsgeschwindigkeit für den Massenmarkt und viele Lizenznehmer,
- ein günstiger Preis,
- die Flexibilität, etwa auch längere Aufnahmezeiten anzubieten und
- die schnelle Anpassung an die Bedürfnisse des Marktes.

Und stellen wir diese Frage analog zu den beiden genannten Technologien so würde diese lauten: Welche Gründe machen einen Erfolg von neuen Anwendungen der Technologien 5G und AI wahrscheinlich?

Auch hier kann natürlich nur eine Auswahl der wichtigsten Aspekte getroffen werden.

Diese sind:

- funktionierende und ausgereifte, intelligente Produkte mit Kommunikationsschnittstellen,
- hohe Produktionsgeschwindigkeiten durch flexible Fertigung oder Industrie 4.0,
- günstige Preise durch Massenfertigung,
- Flexibilität von Universalgeräten, zB Smartphone, intelligenter Fernseher, autonomes Auto mit integrierter Kommunikation, intelligente Kleidung, intelligente Gegenstände,
- die schnelle Anpassung an die Bedürfnisse des Marktes unter Nutzung von Social Media, Remote Monitoring, Remote Repair, Remote Maintenance and Remote Diagnostics, Cloud Computing, Massive Customer Data Analysis etc.

Im Folgenden sollen diese beiden wichtigen Innovationstreiber im Einzelnen näher betrachtet werden, um ihr volles Potenzial zu verstehen.

## 2. Next Generation Wireless Technology 5G: vom A-Netz zu 5G

### 2.1 Die Geschichte im Überblick

Das Telefon, welches 1875 von *Alexander Graham Bell* als Patent angemeldet wurde, kam bereits 1881 nach Deutschland und Österreich. Die drahtgebundene und erste Telefon-Ära in Österreich startete am 1. 12. 1881 im ersten Wiener Bezirk mit 154 Teilnehmern. Die Vermittlung geschah händisch durch Stöpseln von Telefondrähten an die Teilnehmeranschlüsse per „Fräulein vom Amt.“

### 2.1.1 1G

Das A-Netz<sup>10</sup> wurde **1958** als erstes Mobilfunknetz in Deutschland eingeführt, nicht aber in Österreich. Es wurde auf Frequenzen zwischen 156 und 174 MHz mit 10 Watt Sendeleistung gesendet. Der Gesprächsaufbau war handvermittelt. Erst **1977** wurde es eingestellt. Das A-Netz in Deutschland hatte knapp 11.000 Teilnehmer.

Das B-Netz<sup>11</sup> kam **1974** nach Österreich und damit startete die erste analoge Mobilfunkgeneration (1G) in Österreich. Das B-Netz hatte Ende 1984 die Kapazitätsgrenze von ca. 1.770 Teilnehmer erreicht und wurde Ende März 1995 abgeschaltet. Als Frequenzbereiche wurden B1: 148,41 MHz - 153,73 MHz und B2: 157,61-162,93 MHz verwendet. Die Sendeleistung war 20 Watt bei der Basisstation und 10 Watt bei der Mobilstation. Der Nachteil war, dass man beim Anruf wissen musste, in welcher Funkzelle sich der Mobilfunkteilnehmer befand.

Das nachfolgende C-Netz ab dem Jahr **1984** war das erste leistbare Auto-telefon mit der Vorwahl 0663 plus fünfstelliger Nummer und wurde **1988** auf ca. 50.000 Teilnehmeranschlüsse ausgelegt. Das C-Netz war das erste Mobiltelefon, da es als tragbares Gerät aus dem Auto herausgenommen werden konnte. Die wesentlichen Neuerungen des C-Netzes waren:

- Mobiltelefon als Koffergerät (zB Dancall, damals ca. 40.000 Schilling, welches der Autor verwendete),
- Handover (unterbrechungsfreies Telefonieren beim Übergang von einer Funkzelle in eine andere),
- Fax- und Datenübertragungsmöglichkeit über Akustikkoppler,
- man braucht nicht mehr zu wissen, in welcher Funkzelle sich der Mobilfunkteilnehmer aufhält.

Im Juli **1990** wurde das analoge D-Netz mit Vorwahl 0663 plus sechsstelliger Nummer eingeführt und **2002** abgeschaltet.

### 2.1.2 2G

Im Dezember **1993** startete mit GSM (Global System for Mobile Communication) der digitale Mobilfunk der 2. Generation (2G) - E-Netz genannt - in Österreich mit 400 Basisstationen in Wien und Flughafen Wien. Die Teilnehmerzahlen stiegen bis **1999** auf 3,5 Millionen Kunden. Die Vorteile von GSM waren:

- **geringerer Stromverbrauch** beim Mobilgerät: GSM 900 (Frequenzbereich 900 MHz) 2 Watt und GSM 1800 (Frequenzbereich 1.800 MHz) 1 Watt, daher Miniaturisierung möglich,
- **SMS** (Short Message Service), max 160 Zeichen Kurzmitteilung,
- Zellengröße bei Sichtkontakt bis ca. **35 km** möglich,
- Nutzung von **Fremdnetzen** (Roaming),

---

10 Vgl. *Wikipedia*, A-Netz, <https://de.wikipedia.org/wiki/A-Netz> (zuletzt aufgerufen am 13. 7. 2018).

11 Vgl. *Wikipedia*, B-Netz, <https://de.wikipedia.org/wiki/B-Netz> (zuletzt aufgerufen am 13. 7. 2018).

- digitale Sprachübertragung sowie Fax und Daten,
- **verschlüsselte Authentifizierung** mit SIM-Karte, jedoch einfach zu hacken und daher überholt,
- Kanalbandbreite von **200 kHz**, damit ist eine Datenübertragung bis 14,4 kbps möglich, mit Erweiterung HSCSD und GPRS ab ca 2000 für zB WAP-Seiten auf ca 60 kbps; seit Sommer 2005 mit EDGE (A1 UMTS + EDGE) auf 220/110kbps Downlink/Uplink-Geschwindigkeit (EDGE ist eine Upgrade-Technologie, basierend auf GSM),
- GSM basiert vorwiegend auf dem Zeitmultiplex-Verfahren **TDMA** (Time Division Multiple Access): jedem Handy wird ein Zeitschlitz zugeordnet, in welchem ein digitaler Datenstrom für Sprache und Daten übertragen wird. Das erste massentaugliche und zur Legende gewordene **WAP Handy** war das Nokia 7110, welches in Österreich ab 2000 erhältlich war. GSM mit GPRS und EDGE wird auch als 2.5 Generation bezeichnet (2.5G).

Mitte der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts kam es auch zu einer neuen Dynamik in der österreichischen Telco-Szene. Ende Jänner **1996** endete mit dem Markteintritt von max.mobil das Mobilfunkmonopol der Mobilkom Austria (heute A1 Telekom) im GSM-900-Bereich. Max.mobil ging Ende **1998** in Betrieb und wurde **1999** von der Handelskette Niedermeyer übernommen. Bereits im April **2000** wurde T-Mobile (Deutsche Telekom) alleiniger Gesellschafter von max. Zwei Jahre später wurde daraus T-Mobile Austria und der Name max verschwand. Mit der Übernahme von tele.ring im April **2006** um 1,3 Milliarden Euro wurde T-Mobile Austria der zweitgrößte Mobilfunkanbieter in Österreich. Mit der Übernahme von UPC im Jahr 2018 kämpft T-Mobile<sup>12</sup> um den ersten Platz. Im Oktober **1998** bekam die Mobilkom Austria mit ONE Connect Austria einen weiteren Konkurrenten im GSM-Frequenzband DCS 1800, ab **2004** auch im 900 MHz-Frequenzband. Im September **2008** wurde daraus Orange, eine Marke der internationalen France-Telecom-Gruppe und dem Finanzinvestor Mid-Europa Partners. Bereits im Juli **2013** wurde Orange dann vom viertgrößten Mobilfunkanbieter Hutchison Drei Austria übernommen und der Name Orange bereits im August 2013 durch Drei ersetzt. Drei wurde damit zum drittgrößten Mobilfunkprovider. **2018** dominieren A1 (mexikanischer Mehrheitseigentümer), T-Mobile (deutscher Eigentümer) und Drei (chinesischer Eigentümer) den österreichischen Telco-Markt.

### 2.1.3 3G

Die 3. Mobilfunkgeneration (3G) UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) begann in Österreich praktisch bereits mit den ersten verfügbaren UMTS-Smartphones – wie etwa dem Nokia 6650 – im April **2003**. Aber bereits im November **2000** fand die UMTS-Lizenzversteigerung statt, an der Mobilkom Austria (heute A1 Telekom Austria), max.mobil, ONE Connect Austria, Mannesmann (tele.ring), die spanische Telefonica (mit der Tochter 3G Mobile GmbH) und die

---

12 Vgl *Der Standard*, EU-Kommission genehmigt Übernahme von UPC durch T-Mobile (2018), <https://derstandard.at/2000083147330/EU-Kommission-genehmigt-Uebernahme-von-UPC-durch-T-Mobile> (aufgerufen am 16. 7. 2018).

chinesische Hutchison teilnahmen. Telefonica baute kein UMTS-Netz auf und zog sich aus dem Markt zurück. Die Lizenzversteigerungen brachten 11,4 Milliarden Schilling<sup>13</sup> für die Republik Österreich ein. Österreich stieg mit € 100,- UMTS-Lizenzkosten<sup>14</sup> pro Einwohner (Großbritannien € 630,-, Deutschland € 620,-, Italien € 200,-, Niederlande € 160,-) vergleichsweise günstig aus.

Die technologischen Vorteile von UMTS, das im Frequenzbereich von 2.100 MHz sendet, waren:

- Datenraten bis **384kbps**,
- mit HSDPA und HSUPA Erweiterungen bis **7,2 Mbps Download** und **1,45 Mbps Upload** ab 2006,
- mit der HSPA+ Release 6 Erweiterung ab 2010 sind Datenraten von **14,4/5,76 Mbps** möglich,
- Latenzzeiten 200-50 Millisekunden,
- bei schlechtem Empfang wechselt UMTS unterbrechungsfrei auf GSM/GPRS/EDGE (fall-down),
- geringere Strahlenbelastung beim Gesprächsaufbau,
- **längere Gesprächszeit** durch geringere Sendeleistung bei Gesprächen,
- **verbesserte Reichweite** in UMTS-Mobilfunkzellen durch dynamische Ratenanpassung („Zellatmung“),
- Erweiterung für **bessere Sprachqualität** mit UMTS HD-Voice (50-7.000 Hz statt GSM: 300-3.400 Hz, zum Vergleich reicht die menschliche Stimme von ca 80 bis ca 14.000 Hz), bis Ende 2011 wird HD-Voice flächendeckend bei allen UMTS-Mobilfunkbetreibern in Österreich eingeführt,
- UMTS basiert auf dem **WCDMA-Verfahren** (Wideband Code Division Multiple Access): jedem Handy wird ein Code zugeordnet und das Datenpaket wird dorthin versendet. Im Gegensatz zu GSM wird bei UMTS nicht nur eine höhere Bandbreite (5 MHz statt 200 kHz) angeboten, sondern diese auch effizienter ausgenutzt, da bei weniger Teilnehmern die individuelle Datenübertragungsgeschwindigkeit steigt,
- **verbessertes Zellen- und Zonenkonzept**: Picozellen für Büros, Hotels, Flughäfen, etc bis Durchmesser unter 100 Metern, Microzellen bis mehrere Kilometer, Macrozellen bis 20 Kilometer, Worldzellen über 20 Kilometer,
- UMTS ist leider auch nicht sicher und kann von Hackern abgehört werden<sup>15</sup>.

---

13 Vgl RTR, Telekom-Control-Kommission beendet UMTS-Auktion Gesamteinnahmen der Auktion ATS 11.443 Mrd (2000), [www.rtr.at/de/pr/PlInfo031100](http://www.rtr.at/de/pr/PlInfo031100) (zuletzt aufgerufen am 16. 7. 2018).

14 Vgl Wikipedia, Versteigerung der UMTS-Lizenzkosten in Deutschland, [https://de.wikipedia.org/wiki/Versteigerung\\_der\\_UMTS-Lizenzen\\_in\\_Deutschland](https://de.wikipedia.org/wiki/Versteigerung_der_UMTS-Lizenzen_in_Deutschland) (aufgerufen am 16. 7. 2018).

15 Vgl *Süddeutsche Zeitung*, Ultimativer Abhöralltraum. Mobilfunkstandard UMTS, (2014), [www.sueddeutsche.de/digital/mobilfunkstandard-umts-ultimativer-abhoeralbtraum-1.2281898](http://www.sueddeutsche.de/digital/mobilfunkstandard-umts-ultimativer-abhoeralbtraum-1.2281898) (zuletzt aufgerufen am 16. 7. 2018).

#### 2.1.4 4G

Die Frequenzversteigerungen zur 4. Mobilfunkgeneration (4G) LTE (Long Term Evolution) fand im Oktober 2013 statt und erbrachten 2,014 Milliarden Euro Erlös für die Republik Österreich. Den Zuschlag haben folgende drei Unternehmen bekommen: A1 Telekom Austria (A1), T-Mobile und Hutchison (Drei). Der LTE-Netzausbau in Österreich wurde Ende 2015 zum Großteil abgeschlossen. LTE verwendet hauptsächlich den Frequenzbereich um 2,6 GHz, zusätzlich auch 800 MHz, 900 MHz, 1.800 MHz und 2.100 MHz. Technologisch ist LTE eine 3.9 Generation. Erst LTE-Advanced ist eine echte 4G-Technologie und wird als 4G+ vermarktet. LTE-Advanced Pro (LTE-AP) ist ab 3GPP LTE Release 12, 13 und Cat 11 spezifiziert<sup>16</sup> und wird auch als 4.5G bezeichnet. 4.9G ist ab 2018 verfügbar und soll auf 5G vorbereiten.

Die Vorteile von LTE sind:

- **hohe Bandbreiten** von 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz (statt 5 MHz bei UMTS),
- mit 4G+ sollen bis **300 Mbps im Downlink** und bis **75 Mbps im Uplink** übertragen werden können,
- **niedrige Latenzzeiten** bei 3.9G (vermarktet unter 4G): 20 Millisekunden, bei 4G (4G+): bis 5 Millisekunden. Die Latenzzeit wirkt sich günstig auf Surfen, Streamen und Echtzeit-Anwendungen aus,
- aufgrund der **hohen Datenraten** eignet sich LTE als Surfstick für Notebooks, Wochenendhäuser und mobile Internet-Anwendungen,
- Verbesserung der **4G-Sprachtelefonie** gegenüber GSM/UTMS durch VoLTE (Voice over LTE): verbesserte Sprachqualität, schnellerer Rufaufbau, geringerer Stromverbrauch; wenn beim Smartphone beim Telefonieren 4G am Display steht, dann wird VoLTE verwendet, ansonsten fällt das Sprachsystem auf UMTS oder GSM zurück,
- **verbesserte Mobilitätseigenschaften**, zB Smartphone-Empfang und gute Datenraten in sich bewegenden Objekten wie beispielsweise in Autos, Bussen und Zügen. LTE-A soll bis 350 km/h funktionieren (0-15 km/h: optimized performance, 15-120 km/h: high performance, 120-350 km/h: service maintained)<sup>17</sup>,
- **QoS** (Quality of Service) ist möglich,
- **verbesserte Spektrum-Effizienz**: 16,3 bps/Hz bei LTE, bis 30 bps/Hz bei LTE-A (LTE Advanced),
- **LTE-Advanced** ist ab 2015 verfügbar und verwendet insbesondere LTE CA (LTE Carrier Aggregation). CA bedeutet, dass sowohl das 2.600 MHz- als auch das 800 MHz- Frequenzband für die Datenübertragung am Smartphone oder Surfstick gebündelt (aggregiert) werden, damit dann in Summe bis 300 Mbps übertragen werden können. Bis Cat 11 gibt es Carrier Aggrega-

16 Vgl 4.5G, 4.9G and 5G: What's the difference? 11. 4. 2017, [www.activetelecoms.com/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=1331:4g-5g-what-difference&Itemid=145](http://www.activetelecoms.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=1331:4g-5g-what-difference&Itemid=145) (zuletzt aufgerufen am 16. 7. 2018).

17 Hanzo, L./Akhtman, Y./Wang, L., MIMO-OFDM for LTE, Wi-Fi and WiMax. Coherent versus Non-Coherent and Cooperative Turbo-transceivers, West Sussex, UK (2011) 42.

tion ausschließlich für den Downlink, ab Cat 12 auch für den Uplink. Graz wurde im November 2014 mit dieser Technologie<sup>18</sup> erstmals in Österreich ausgestattet,

- **LTE-D2D** (LTE Device-to-Device) und LTE-V2V (Vehicle-to-Vehicle) für die Kommunikation mit Wearables, Watches, Virtual und Augmented Reality-Datenbrillen, IoT-Devices (Internet-of-Things), IP-Cams und Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation bzw Kommunikation des Fahrzeuges zu einem Verkehrsleitsystem,
- **LTE-LAA** (LTE License Assisted Access): Erweiterung der für die LTE reservierten Frequenzbänder auf den lizenzfreien 5 Ghz-Bereich für Spezialanwendungen,
- **Erweiterung auf LTE-AP** (LTE Advanced Pro) für noch höhere Datenraten bis in den Gbps-Bereich. Am 12. 1. 2018 gab A1 eine Live-Datenübertragung<sup>19</sup> mit 1,5 Gbps per LTE-AP (4.9G) bekannt (5-fache CA, MIMO und 256 QAM). MIMO steht für Multiple-Input-Multiple-Output. Gemeint ist, dass mehrere Eingangs- und Ausgangsverstärker samt ihren Antennen für Übertragung und Empfang eingesetzt werden. Im 3GPP LTE Release 8 & 10 wird 2 x 2 MIMO beschrieben<sup>20</sup>: LTE verwendet mit 2 Sendeantennen in der Basisstation und 2 Empfangsantennen auf der Smartphone-/LTE-Mobile Device-Seite. Daraus resultieren 2 Datenströme, die dann gebündelt werden. 4G ermöglicht auch Antennenelemente mit 4x4, 8x8 und höher. Dadurch erreicht man eine geringere Fehlerrate, eine höhere Nettodurchsatzrate und höhere Effizienz an bps pro Hertz.

Seit 2017 werden viele Smartphones mit LTE-A angeboten<sup>21</sup> und die Liste wird kontinuierlich länger. Beispielsweise haben die Top-Smartphones im ersten Halbjahr 2018 wie das iPhone X und das Samsung Galaxy S9/S9+ folgende Datenraten-Kategorien: iPhone X (Cat 12: 600 Mbps mit 3 Carrier Aggregations), Samsung Galaxy S9/S9+ (Cat 18: 1.200 Mbps mit 6 Carrier Aggregations). Cat 18 unterstützt bis 1.200 Mbps Downstream, max 32 Downlink-Carrier, max 8x8 MIMO und 256 QAM (Quadraturamplitudenmodulation). QAM bedeutet, dass die zu übertragenden Daten einem Frequenzträger aufmoduliert werden, einerseits durch die Höhe der Amplitude und andererseits durch die Phasenverschiebung. Das Youtube-Video: „Streamline LTE-A 256QAM Modulation Analysis - Keysight's MXA Signal Analyzer with Multi-touch UI“<sup>22</sup> zeigt sehr anschaulich die Funktionsweise eines LTE-A 256 QAM-Signals.

---

18 Vgl *Futurezone*, A1 bringt LTE-Advanced-Tarif mit 300 Mbit pro Sekunde, <https://futurezone.at/produkte/a1-bringt-lte-advanced-tarif-mit-300-mbit-pro-sekunde/138.902.548> (zuletzt aufgerufen am 16. 7. 2018).

19 Vgl *Golem.de*, A1: 1,5 Gbit/s im LTE-Netz live übertragen (2018), [www.golem.de/news/a1-1-5-gbit-s-im-lte-netz-live-uebertragen-1801-132144.html](http://www.golem.de/news/a1-1-5-gbit-s-im-lte-netz-live-uebertragen-1801-132144.html) (zuletzt aufgerufen: 17. 7. 2018).

20 Vgl *Wannstrom, J.*, For 3GPP: LTE Advanced (2013), [www.3gpp.org/technologies/keywords/acronyms/97-lte-advanced](http://www.3gpp.org/technologies/keywords/acronyms/97-lte-advanced) (zuletzt aufgerufen am 17. 7. 2018).

21 Vgl *Wikipedia*, List of devices with LTE Advanced, [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_devices\\_with\\_LTE\\_Advanced](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_devices_with_LTE_Advanced) (zuletzt aufgerufen am 17. 7. 2018).

22 Vgl Streamline LTE-A 256QAM Modulation Analysis - Keysight's MXA Signal Analyzer with Multi-touch UI, [https://youtu.be/h\\_t7GVZwtCU](https://youtu.be/h_t7GVZwtCU) (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

### 2.1.5 5G

Die Mobilfunkgeneration 5G wird weltweit ab **2020** in den Massenmarkt eindringen und in Verbindung mit Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (VR)/Mixed Reality (MR) und Robotics (Industrie 4.0) enorme sozio-ökonomische Veränderungsprozesse hervorrufen. 5G wird auch als „disruptive Technologie der vernetzten Gesellschaft“ bezeichnet. Mit 5G ändert sich die bisherige Art und Weise wie Mobilkommunikation funktioniert grundlegend. 5G baut zwar im Sinne einer schrittweisen Techno-Evolution auf die Technologien GSM, UMTS und LTE auf, hat aber den Anspruch, sämtliche Netze (Sprachdaten-, Videodaten-, Virtual Reality-Daten-, Unternehmensdaten-, Wissenschaftsdaten-, Verkehrsdaten-Netze etc) auf ein hyperschnelles Netzwerk mit hyperschnellen Cloud-Services konkurrenzlos zu integrieren.

Ein zentraler Begriff für 5G ist „Network Slicing“ und bedeutet, dass für bestimmte Anwendungen genau jene Netzwerkeigenschaften gebucht werden können, die für diese Anwendungen benötigt werden (zB Datenrate bis in den Gigabit-Bereich, Latenzzeit bis 1 Millisekunde, Ende-zu-Ende-Netzwerk-Verbindung wie beispielsweise ein Echtzeit-Monitoring eines Baukrans, das per 5G mit einem zentralen Überwachungs-, Sicherheits- und Wartungssystem in einer Cloud verbunden ist). Damit werden neue Strategien für das Netzwerk-Design in allen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereichen notwendig werden. 5G ist damit ein sogenannter „game changer“ und „der“ Innovationstreiber schlechthin für AI, Virtual Reality/Mixed Reality und Robotics/Industrie 4.0.

Die Grundlagen und Spezifikationen für 5G werden in einer Gruppe namens 3GPP (3rd Generation Partnership Project) erarbeitet, die aus internationalen Telekommunikationsstandardisierungsvereinigungen besteht. Die Organisation 3GPP hat seit ihrer Gründung 1998 die Standards von GSM, UMTS und LTE festgelegt und am 21. 12. 2017 eine vollständige, erste Spezifikation für ein weltweit kompatibles 5G-Mobilkommunikationssystem abgegeben. Der Rahmen für eine solche Spezifikation für 5G kommt von der Internationalen Fernmeldeunion ITU (International Telecommunication Union) mit Sitz in Genf. Im Arbeitsprogramm „IMT for 2020 and beyond“ (IMT steht für International Mobile Telecommunications) wurde ein Zeitplan für den 5G Standardisierungsprozess aufgestellt. Bereits Ende März 2015 hat das chinesische Telekommunikationsunternehmen Huawei, welches in München einen 5G-Forschungsstandort betreibt, ein visionäres Video<sup>23</sup> zur Anwendung von 5G nach 2020 auf Youtube gestellt. Die führenden Hersteller von 5G-Netzwerkkomponenten<sup>24</sup> sind: Huawei (gegründet 1987, ca 180.000 MitarbeiterInnen), Ericsson (gegründet 1876, ca 110.000 MitarbeiterInnen) und Nokia (gegründet 1865, ca 103.000 MitarbeiterInnen).

---

23 Huawei 5G (2015), <https://youtu.be/z9L0s5vuuUA> aufgerufen (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

24 Vgl *Fierce Wireless*, Nokia, Ericsson, Huawei score 5G wins, but too early to call winners: analysts, [www.fiercewireless.com/wireless/nokia-ericsson-huawei-score-5g-wins-but-too-early-to-call-winners-analysts](http://www.fiercewireless.com/wireless/nokia-ericsson-huawei-score-5g-wins-but-too-early-to-call-winners-analysts) aufgerufen: (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

## 2.2 Die Zukunft: 5G

### 2.2.1 5G in Österreich

Auf österreichischer Seite wurde im April 2018 vom österreichischen Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) gemeinsam mit dem Bundesministerium für Finanzen (BMF) und mit dem Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort (BMDW) eine 40seitige Broschüre mit folgendem Titel herausgegeben: „5G-Strategie. Österreichs Weg zum 5G-Vorreiter in Europa. Mit optimierten Rahmenbedingungen die Einführung der 5G-Technologie beschleunigen. Chancen für Bürgerinnen und Bürger, Wirtschaft, Industrie und Wissenschaft realisieren“<sup>25</sup>.

Dabei wurde folgender Zeitplan in drei Phasen vorgelegt:

*Phase 1* (Mitte 2018): Erste vorkommerzielle 5G-Teststellungen, *Phase 2* (Ende 2020): Nahezu flächendeckende Verfügbarkeit von ultraschnellem Breitband und 5G-Markteinführung, *Phase 3* (Ende 2025): Nahezu flächendeckende Verfügbarkeit von 5G. Der Zeitplan für die RTR-Frequenzversteigerung<sup>26</sup> mit Stand 12. 7. 2018 sieht vor, dass voraussichtlich die Auktion im Jänner/Februar 2019 stattfinden wird können.

Diese erste 5G-Ausschreibung ist sehr komplex, denn die Frequenzen zwischen 3.400 und 3.800 MHz werden nicht österreichweit, sondern regional nach Regionalgebieten (zB Steiermark ohne Graz und Graz-Stadt) vergeben. Damit können auch regionale Anbieter wie beispielsweise Kabelnetzbetreiber Frequenzpakete erwerben und ihre Kapazitäten ausbauen. Neben Vorteilen für regionale Anbieter sehen die großen österreichischen Telekommunikationsunternehmen die Gefahr eines „Fleckerlteppichs“, der Innovationen eventuell auch einbremsen könnte. Sehr positiv sieht die Telekommunikations-Community, dass die Bundesregierung im 5G-Strategiepapier April 2018 explizit darauf aufmerksam macht, dass durch ein wirtschaftlich vertretbares Auktionsdesign die Auktionserlöse nicht im Vordergrund stehen, sondern Innovationen und schnelle Erstellung einer 5G-Infrastruktur, wofür auch teilweise die Breitband-Milliarde und die Auktionserlöse verwendet werden sollen. Im Frequenzplan<sup>27</sup> der RTR für 5G (Spectrum Release Plan<sup>28</sup>) sind mit Stand 12. 7. 2018 derzeit folgende Frequenzen reserviert:

- 700 MHz (LTE-Band 28),
- 1.500 MHz (LTE-Band 32/75),
- 2.100 MHz (LTE-Band 1, frei ab 2021),
- 2.300 MHz (LTE-Band 40),

---

25 Vgl *BMVIT*, 5G-Strategie. Österreichs Weg zum 5G-Vorreiter in Europa, [https://www.bmvit.gv.at/telekommunikation/5g/downloads/5Gstrategie\\_ua.pdf](https://www.bmvit.gv.at/telekommunikation/5g/downloads/5Gstrategie_ua.pdf) (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

26 Vgl *www.rtr.at/de/tk/FRQ5G\_2018* (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

27 Vgl *RTR*, Frequenzbereiche, [www.rtr.at/de/tk/FRQ\\_spectrum](http://www.rtr.at/de/tk/FRQ_spectrum) (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

28 Vgl *RTR*, Spectrum Release Plan, [www.rtr.at/de/tk/FRQplan](http://www.rtr.at/de/tk/FRQplan) (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).



- 3.400–3.800 MHz (LTE Band 42, frei ab 2020, LTE-Band 43 bereits jetzt verfügbar).

Die erste Auktion der Frequenzversteigerung soll im 1. Quartal 2019 stattfinden. Die Auktion der Frequenzen 700/1.500/2.100/2.300 MHz soll ein Jahr nach Abschluss der Auktion 3.400–3.800 MHz stattfinden.

5G ist aber nicht auf diese sechs Frequenzbänder limitiert, sondern geht weit darüber hinaus - bis 100 GHz. Allgemein spricht man mittlerweile in der 3GPP 5G Spezifikation Release 15 und danach von drei Frequenzbereichen:

- unter 6 GHz (5G Macro Optimized),
- 3–30 GHz (5G E Small Cells),
- 30–100 GHz (5G Ultra Dense).

Das oberste 5G-Frequenzband nenn man auch Millimeterwellen und ist in Deutschland mit 26–27,5 GHz definiert. Millimeterwellen beispielsweise im 73 GHz-Bereich<sup>29</sup> bieten enorme Datenübertragungsraten bis zu 70 Gbps. Diese hohen Frequenzen haben aber aufgrund ihrer Physik nur eine sehr geringe Reichweite, da sich die Wellenlänge im Millimeter-Bereich bewegt. Die Formel für die Wellenlänge ist  $300/\text{Frequenz in MHz}$ . 26 GHz sind 26.000 MHz, also ist  $300/26.000 = 0,011$  Meter oder 11 Millimeter.

Als Faustregel gilt, wenn die Wellenlänge kleiner ist als die Dicke einer Hausmauer, dann kann sie diese nicht mehr durchdringen. 11 Millimeterwellen kommen also nicht in die Gebäude hinein, sondern werden in der Mauer zum Großteil absorbiert, daher benötigt man für die Millimeterwellen Sichtkontakt und kurze Distanzen auf wenige Meter zwischen Sender und Empfänger. Die Millimeterwellen werden auch von der menschlichen Haut absorbiert, was die Frage einer möglichen Gesundheitsschädigung aufwirft. Diesbezüglich werden in den nächsten Jahren umfangreiche Studien gemacht werden müssen. Der Weg, die Sendeleistung anzuheben und gleichzeitig die Grenzwerte der Strahlenbelastung zu senken, sollte ohne grundlagenwissenschaftliche Erkenntnisse nicht beschränkt werden. Im attraktiven 700 MHz-Bereich hingegen hat man Wellenlängen von  $300/700 = 0,43$  Meter, damit durchdringt man spielend Mauern kommt mit geringen Dämpfungen in die Gebäude hinein.

5G ist die erste Technologie, die nicht mehr hauptsächlich den Menschen mit dem Smartphone für eine Mensch-zu-Mensch-Kommunikation im Fokus hat, sondern die Dinge rundherum: Maschinen, autonome Fahrzeuge, intelligente Straßenschilder, Parkplätze, Häuser, Einrichtungsgegenstände, winzige medizinische Geräte am und im Körper, Modeartikel, Multimedia-Geräte, Fernseher, Roboter, Virtual-Reality-Brillen, Drohnen, industrielle Fertigungseinheiten etc - kurz: Internet-of-Things<sup>30</sup> (IoT). Um aber diese Geräte in Echtzeit steuern zu können, benötigt man hohe Datenübertragungsraten in beide Richtungen und eine

---

29 Vgl *Deutsche Telekom*, 70 Gbit/s Rekord-Datenübertragung dank mmWave Multi-User MIMO Technologie, [www.telekom.com/de/konzern/themenspecials/5g-haus/5g-haus/70-gbit-s-rekord-datenuebertragung-dank-mmwave-multi-user-mimo-technologie-352794](http://www.telekom.com/de/konzern/themenspecials/5g-haus/5g-haus/70-gbit-s-rekord-datenuebertragung-dank-mmwave-multi-user-mimo-technologie-352794) (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

30 Vgl Huawei 5 Video (2016), <https://youtu.be/2op0x6qjNU4> (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

extrem kurze Latenzzeit. Die Latenzzeit ist die zeitliche Verzögerung vom Wegenden bis zum Eintreffen einer Information. Bei 5G ist diese Latenzzeit per definitionem im Bereich von einer Millisekunde. Dazu ein Beispiel aus der Musik: Ein Klavierspieler hört sich selber mit einer Latenzzeit von 0,3 Millisekunden spielen. Der Schall benötigt von der Saitenschwingung und dem Resonanzkasten des Klaviers bis zum Ohr 0,3 Millisekunden. Spielt der Klavierspieler auf einem modernen, digitalen E-Piano mit Kopfhörer, wird er eine Latenzzeit von bis zu 5 Millisekunden zwischen dem Drücken der Taste bis zum Hören des Klaviertons akzeptieren und dies als Spielen in Echtzeit werten. Das E-Piano braucht ca 5 Millisekunden vom Drücken der Taste bis zur Computer-Berechnung des Klaviertons und Übertragung auf den Kopfhörer. Bei 5G geht man aber davon aus, dass nicht nur wenige Geräte Daten in Echtzeit von A nach B übertragen, sondern hunderte bis tausende Datenübertragungen in einer Fokuzelle gleichzeitig betrieben werden. Das sind enorme Anforderungen an die Elektronik, insbesondere wenn es sich um kritische Anwendungen handelt, die möglichst mit ultrakurzen Latenzzeiten dimensioniert werden müssen, zB im öffentlichen Verkehr, in der Medizin oder bei industriellen Fertigungsprozessen.

Daher werden 5G-Anwendungen im Sinne des „Network Slicings“ in drei Klassen eingeteilt:

- enhanced Mobile Broadband (eMBB), das sind typische Smartphone-Anwendungen,
- Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC), das sind Echtzeitanwendungen wie autonomes Fahren, Industrierobotik und Telepräsenz mit Augmented Reality Datenbrillen, zB mit Microsoft Hololens und
- Massive Machine Type Communications (MMTC), zB Datenübertragungen von Sensoren und Aktoren.

In der Anfangsphase ab 2020 werden 5G-Smartphones nur unwesentlich schnellere Datenübertragungen als 4G-Systeme schaffen, da der 4G-Standard auch noch Luft nach oben hat<sup>31</sup>. Die ITU-Spezifikation „IMT for 2020 and beyond“ definiert die Schlüsselanforderungen für 5G in acht Kategorien:

- Höchste erzielbare Datenrate: 20 Gbps (verglichen mit 1 Gbps im 4G-Netzwerk),
- durchschnittliche Anwender-Datenrate: 1 Gbps,
- Latenz: kleiner als eine Millisekunde (verglichen mit durchschnittlich ca 70 Millisekunden im 4G-Netzwerk),
- Mobilität: Datenübertragungen funktionieren bis zu einer Geschwindigkeit von 500 Stundenkilometern,
- Dichte an Verbindungen in einer 5G abgedeckten Zone: 1 Million Geräte pro Quadratkilometer,
- Energieeffizienz: ungefähr so wie 4G,

---

31 Vgl *Die Presse*, Mobilfunkbetreiber „Drei“ startet 5G-Vorstufe in Wien-Aspern (2018), <https://diepresse.com/home/techscience/5409262/Mobilfunkbetreiber-Drei-startet-5GVorstufe-in-WienAspern> (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

- Spektrum-Effizienz: drei bis vier Mal so hoher Datendurchsatz pro Funkbandbreite und pro Zelle wie 4G,
- Verkehrskapazität in einem 5G abgedeckten Gebiet: 10 Mbps pro Quadratmeter.

### 2.2.2 Voraussetzungen für 5G

Damit diese Technologie flächendeckend in Einsatz kommt, braucht es gewaltige Anstrengungen sowohl bei den Herstellern von 5G-Komponenten, den Telekommunikationsunternehmen in den einzelnen Ländern und den Regierungen, welche den raschen Ausbau der Glasfaser-Netze fördern und die passenden gesetzlichen Rahmenbedingungen für 5G und vor allem 5G-Anwendungen (zB autonomes Fahren) schaffen müssen. Ohne flächendeckende Versorgung mit Glasfasern in den Regionen, Bezirken, Städten, Märkten, Dörfern, Verkehrs-, Tourismus- und Industrieregionen kann kein modernes 3G, 4G und 5G-Netzwerk betrieben werden. Die ubiquitäre Glasfaser-Ausstattung im Sinne von FTTC (Fibre To The Curb, Glasfaser bis zum nächsten Kabelverzweiger), FTTB (Fibre To The Building, Glasfaser bis zum Gebäude), oder FTTH (Fibre To The Home, Glasfaser bis in die Wohnung) wird damit zur *conditio sine qua non* für einen erfolgreichen 5G-Rollout. Diese unveränderliche Tatsache ist mit konkreten Maßnahmen wie beispielsweise „Aufbau eines Infrastrukturatlas“ und „Meldung der Point-of-Presence-Standorte durch die Telekommunikationsunternehmen“ in den Breitband-Strategiepapieren des Landes Steiermark und der 5G-Strategie des Bundes bestens dokumentiert.

Damit das enorme Datenaufkommen transportiert werden kann, braucht man sogenannte Small Cells, das sind kleine 5G-Sender- und Empfänger in Schuhschachtelgröße, die dann im Abstand von ca 200 Metern bis zum Smartphone oder IoT-Device sind. Diese Small Cells werden mit Gbps-Glasfaser und Strom versorgt und im städtischen Bereich, dort wo sich viele User aufhalten, aufgestellt, zB bei Schulen, Universitäten, Sportplätze, Fußballstadien, Parks, Flughäfen, Bahnhöfen, Fußgängerzonen, Firmen und Verwaltungsgebäuden. Man geht davon aus, dass ab 2020 hunderte bis tausende Small Cells in den Städten verbaut werden.

Eine weitere Effizienzsteigerung des Datendurchsatzes kann mit der Technologie Massive MIMO erzielt werden. MIMO wurde bereits im 4G-Standard implementiert. Der Unterschied zu 4G ist, dass 5G hunderte bis tausende Antennenelemente verwendet, was zu einer verbesserten Spektrum- und Energie-Effizienz führt. Wenn man die Geschichte von 1G, 2G, 3G, 4G und 5G unter dem Gesichtspunkt der Spektrum-Effizienz betrachtet, dann sieht man einerseits, dass immer mehr Bits auf die elektromagnetische Welle aufgepackt wurden und andererseits, dass der Energieverbrauch des gesamten Netzwerkes auch gesunken ist.

Bis 4G war der Energieverbrauch der Basisstation (Sende- und Empfangsanlage der Funkzelle) in erster Linie durch die Kühlung der Elektronikkomponenten am Standort der Basisstation bestimmt. Bei 5G geschieht die Zuleitung der Daten per Glasfaser direkt an die Antennen-Elektronik, die aus hunderten Antennenelementen besteht. Die Basisstation ist virtualisiert und befindet sich

in einem Cloud-Rechenzentrum. Virtualisiert wurden aber nicht nur Basisstation sondern auch die dazugehörigen Server, Gateways, Switches und Routers, sodass das Komplettsystem nunmehr als Software in einem zentralisierten Supercomputer (Cloud-Datacenter) läuft. Diese Komponenten, die man sich im Wesentlichen als virtuelle Maschinen (VMs) vorstellen kann, werden in ein C-RAN (Cloud Radio Access Network) zusammengefasst, das bis zu tausend Zellen für eine Stadt versorgen kann. Dies reduziert massiv die operativen Kosten für den 5G-Provider – vorwiegend Energiekosten für die Kühlung.

Durch die Erhöhung der Anzahl der Antennen (Massive MIMO) kann auch ein weiterer Energieeinsparungseffekt durch ein sogenanntes Beamforming (Strahl-Formung) erzeugt werden. Beispielsweise sendet eine Antenne mit einem Ausstrahlungswinkel von 120 Grad die Energie radial in den Raum hinaus. Der Empfänger mit dem Smartphone wird auf kürzestem und direktem Wege erreicht – vorstellbar als eine Linie vom Sender zum Empfänger. Es wäre aber nur ein Bruchteil an Energie notwendig, wenn man die Sendeenergie nur als direkte Linie übertragen könnte und diese nicht im Überfluss radial in alle Richtungen ausstrahlen müsste, wo der Hauptteil dieser Energie ohne Nutzen von der Umgebung (Häuser, Menschen, Straßen, Grünflächen, Luftraum etc) absorbiert wird. Aber genau dafür hat nun 5G eine Lösung, die Beamforming oder auch 3D-Beamforming genannt wird. Massive MIMO ist Beamforming plus MIMO. Die Frage ist, wie man den Sendestrahf fokussieren kann und die Antwort lautet: „Über eine Phasenverschiebung und die Amplitude, mit der man die einzelnen MIMO Antennenelemente ansteuert.“ Neben der Energie-Effizienz erhält man damit auch eine sehr gute Spektrum-Effizienz, zB bis zu 145,6 bps/Hz<sup>32</sup>.

5G-Schnittstellen werden in naher Zukunft als 5G-Chips so wie heute Bluetooth- oder WLAN-Schnittstellen verfügbar sein. Damit können industrielle Fertigungsmaschinen direkt mit dem Hersteller verbunden werden. Der Hersteller der Fertigungsmaschine hat damit direkten Zugriff auf wichtige Log-Daten, die zB den Verschleiß-Status (Condition Monitoring) anzeigen. Bevor noch die Fertigungsmaschine ausfällt, können die Verschleiß-Teile ausgewechselt werden, was zu einer hohen Verfügbarkeit und Produktivität führt. Der Hersteller bekommt Big Data von seinen weltweit eingesetzten Geräten und kann diese aufgrund von massiver Datenanalyse besser und schneller weiterentwickeln. Der Kunde hat ein in Echtzeit gewartetes Gerät durch rein computergestütztes „Remote Diagnostics“ ohne menschliche Interaktion. Die Direktverbindung zum Hersteller ändert auch langfristig die Geschäftsmodelle des Geräteverkaufs insgesamt, denn Geräte ab einer bestimmten Komplexitätsstufe mit Verfügbarkeitsanforderungen wird es ohne Wartungsvertrag ab 5G kaum mehr geben.

5G ist eine Anwendungsinnovationstechnologie, denn bereits bestehende Anwendungen werden digital transformiert und zugleich werden völlig neue Anwendungen damit ermöglicht.

---

32 Vgl *Communication Systems & Networks Group*, Massive MIMO World Records (2016), <https://youtu.be/NoDP3g8XHVQ> (zuletzt aufgerufen am 18. 7. 2018).

### 2.2.3 5G als Anwendung für Smart City

Eine der wichtigsten Anwendungen für 5G ist die digitale Transformation einer Stadt zu einer „Smart City“ (kluge, intelligente Stadt). Ihre Bürger, die „Smart Society“ (intelligente Gesellschaft oder Wissensgesellschaft) sollen vor allem die städtischen Energieressourcen intelligenter nutzen. Vor dem demographischen Hintergrund, dass sich die Städte bezüglich Einwohnerzahlen bis 2050 ungefähr verdoppeln, stellt der steigende Energieverbrauch bei zunehmenden Umweltauflagen ein enormes Problem dar. Daher müssen die Städte mit ihrer Verwaltung, aber auch mit ihrer Wirtschafts- und Sozialinfrastruktur samt ihrer BewohnerInnen rationaler mit dem Energieverbrauch umgehen. Vermeidbare Energieverschwendung beispielsweise in die Kühlung von veralteten Computer- und Elektronik-Technologien soll verhindert werden. „Smart Cities“ sollen vor allem mit minimalem Energieverbrauch ein Maximum an Komfort, Zuverlässigkeit, Qualität, Sicherheit und Kosten-Nutzen-Relation bei ihren Services bieten. Dabei kann 5G enorm helfen. Es wird davon ausgegangen, dass das 5G-Netzwerk selbst aufgrund der verbesserten Energieeffizienz bezogen auf einen Use-Case mindestens mit der Hälfte des Energieverbrauchs von 2G bis 4G auskommt. Auch wenn die Use-Cases ab 2020 für 5G Anwendungen exponentiell ansteigen werden, ist die Energieeinsparung verglichen mit den Vorgängertechnologien enorm. Die wichtigsten Indikatoren einer Smart City sind Energieverbrauch, Verkehr und Müll. Der elektrische Energieverbrauch einer Stadt hängt stark mit dem Verhalten der BürgerInnen zusammen.

Durch ein „Smart Grid“ (intelligentes Stromnetz) wird bei Energieüberschüssen die Waschmaschine und der Trockner eingeschaltet, das Warmwasser aufgeheizt und die Batterien für das E-Auto und die Powerwall (Stromspeicher für die Elektrizitäts-Unabhängigkeit vom öffentlichen Netz) aufgeladen. Energieüberschüsse seitens der Elektrizitätswerke müssen aus physikalischen Gründen zu Gunsten einer stabilen und nicht überhitzenden Leitungsinfrastruktur abgebaut werden und generieren günstigste Energiekosten für den Endverbraucher/Industriekunden bis hin zu einem negativen Preis (Guthaben). „Smart Grid“ ist eine ideale Technologie zur Stabilisierung des Energieversorgungsnetzes und damit für die Vermeidung eines Blackouts (lokaler, nationaler oder europäischer Strom- und Infrastrukturausfall). Eine weitere Energieeinsparung stellt die Straßen- und Tunnelbeleuchtung dar. Trotz Einführung von energieeffizienten LED-Lampen im öffentlichen und privaten Bereich werden Straßen, Tunnel, Gärten, Gebäude, Sehenswürdigkeiten und Privathäuser beleuchtet, ohne dass Verkehrsteilnehmer wie LKWs, Autos, Motorräder und Radfahrer auf der Straße unterwegs sind oder die Beleuchtung in Gebäuden, Wohnungen und Häusern benötigt wird.

Durch intelligente Sensorik, moderne Verkehrsinformatik und „Smart Home“-Anwendungen können enorme Energieeinsparungen erwirkt werden. Durch Vernetzung diverser Infrastrukturen wie Auto, Kalender, Big Data Verkehrsanalysen, Klimaanlage, Heizungssteuerung, Backofen, Überwachungskameras und algorithmische Berechnung des wahrscheinlichen Individualverhaltens unter Berücksichtigung der aggregierten Echtzeit-Daten kann das individuelle Energieverbrauchsverhalten optimiert werden ohne dass auf Komfort verzichtet werden muss. Ähnlich effizient kann auch mit der Müllentsorgung („Smart Waste

Management“) umgegangen werden. So wird getrennter Müll in intelligenten Müllcontainern nur dann abgeholt, wenn diese voll sind und eine ideale Route des autonomen und fahrerlosen Müllwagens mit Robotik-Müllcontainer-Entladesystems berechnet wurde. So wie heute autonome Roboter-Rasenmäher den Rasen im Garten pflegen, werden autonome Systeme in Zukunft den Müll mit höchster Effizienz entsorgen.

Eine der größten Herausforderungen für 5G stellt die Verkehrsinformatik dar.

Dazu gehören:

- das autonome, fahrerlose Fahren von LKWs, Bussen, Zügen, U-Bahnen, Straßenbahnen, Taxis und Autos,
- Verkehrsleitsysteme,
- intelligente Ampeln,
- intelligentes Parken und Entrichten von Parkgebühren, beispielsweise mit einem automatischen Bezahlvorgang mit Kryptowährung (zB mit IOTA Tokens) zwischen dem E-Car und dem Parkhaus („Smart Parking, Metering and Charging“, „M2M-Payment“, Maschine-zu-Maschine-Bezahlung),
- Echtzeit-Navigationskarten in High Definition mit automatischen Videonachrichten über Verkehrshindernisse und Ausweichrouten,
- 5G-Vernetztes Fahren per C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) oder IEEE 802.11p von LKWs, Bussen und Autos im Konvoi („Ultra Dense Platooning“) im Abstand von wenigen Metern voneinander, damit die Strömungsdynamik des Fahrens im Windschatten des vorausfahrenden Fahrzeuges für eine verbesserte Energieeffizienz genutzt werden kann,
- Kommunikation der Fahrzeuge mit Ampeln, Verkehrszeichen und Straßensystemen, Kommunikation auch mit jenen Fußgängern und Radfahrern, die andauernd auf das Smartphone starren und dabei auf den Verkehr vergessen und damit sich und andere Verkehrsteilnehmer gefährden („Smartphone Toting Pedestrians“),
- Standardisierung der Verkehrsinformatik-Anwendungen durch die 5GAA, die im September 2016 von Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Huawei, Nokia, Intel und Qualcomm gegründet wurde,
- regionale Initiativen wie die Gründung des ALP.Lab<sup>33</sup> (Austrian Light Vehicle Proving Region for Automated Driving) am Joanneum Research Graz im September 2017.

Die 5G-Verkehrsinformatik hat zum Ziel, das Fahren sicherer und effizienter zu machen, sowohl mit menschlichen Fahrzeuglenkern und einem mit Assistenzsystemen ausgestatteten Fahrzeug als auch mit algorithmisch gesteuerten und vernetzten autonomen Fahrzeugen. Alle Fahrzeuge der Zukunft in 10 bis 20 Jahren werden Verkehrsinformatik implementiert haben, sei es on premises im Fahrzeug oder Cloud-basiert oder als Kombination, fix im Neuwagen im-

---

33 Vgl. *Joanneum Research*, Austrian Light Vehicle Proving Region for Automated Driving, Graz, [www.joanneum.at/digital/referenzprojekte/alplab/](http://www.joanneum.at/digital/referenzprojekte/alplab/) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

plementiert oder als Nachrüstsatz für ältere Fahrzeuge. Unfälle mit Fahrzeugen sollen der Vergangenheit angehören. Aufgrund von 5G (insbesondere durch Gbps-Datenraten und minimalen Latenzzeiten), der Verkehrsinformatik mit AI und Maschinenlernen, superschnellen Sensoren und Aktoren, hochauflösenden Video-, Vision-, Radar-, Ultraschall-, Infrarot-Systemen, Big Data Verkehrsinformationen, Cybersecurity im Fahrzeug etc sollen Unfälle möglichst *a priori* oder zumindest im letzten Moment verhindert werden.

Auch der juristische Rahmen für die neuen Herausforderungen des autonomen Fahrens soll an die neuen Technologien angepasst werden.<sup>34</sup> Im internationalen Luftfahrtrecht wird jeder Unfall so genau untersucht, dass aufgrund der Ursache eines einzelnen Flugzeug-Absturzes oder -Unfalls das Luftfahrtgesetz geändert wird, damit diese Ursache nach bestem Ermessen nicht mehr auftreten kann. Ein solches Procedure wäre auch für die langfristige Gestaltung des rechtlichen Rahmens für autonomes Fahren denkbar. Autonome Autos werden die ersten Roboter sein, denen wir Menschen Leib und Leben anvertrauen.

#### 2.2.4 5G im Gesundheits- und Pflegesektor

5G wird E-Health<sup>35</sup>, die Digitalisierung des Gesundheitswesens und der Altenbetreuung disruptiv in eine völlig neue Dimension katapultieren. Bereits heute zeichnet sich mit Fitnesstrackern und Gesundheits-Apps ein Trend zur digitalen Selbstvermessung<sup>36</sup>, zum Self-Tracking und zum „Quantified Self“ ab.

Durch 5G als zentrale E-Health-Backbone-Infrastruktur können diese sensiblen, personenbezogenen Daten in Echtzeit in Cloud Datacenters analysiert werden und kurz-, mittel- und langfristige Empfehlungen und Prognosen an den User für bessere Fitness und Gesundheit übermitteln. Die Aggregation von Echtzeit-Fitness- und -Gesundheitsdaten erzeugt eine enorme „Big Data Goldmine“, in der mit modernsten Analysemethoden von Massive Data Analysis und den Methoden der Artificial Intelligence Gold aus der Mine geschürft werden kann, nämlich neue Erkenntnisse zu verbesserten Fitness- und Gesundheitsstrategien, die wiederum in Echtzeit an die User übermittelt werden. Damit werden die 5G-enabled Echtzeit-Self-Tracker und -Wearables in Kombination mit Smartphones zu digitalen, virtualisierten Fitness-Trainern und Therapeuten. Um E-Health ein wenig strategischer in den Markt zu integrieren, eignen sich die Industrie 4.0 Design Prinzipien nach dem Prozessmodell von *Hermann*<sup>37</sup> auch für ein E-Health Design Modell.

---

34 Siehe FN 78.

35 Vgl *European Commission*, White Paper: A New Generation of e-Health Systems Powered by 5G (2016), <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/white-paper-new-generation-ehealth-systems-powered-5g> (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

36 Vgl *Heyen, N. B.*, Digitale Selbstvermessung und Quantified Self (2016), [www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2016/Policy-Paper-Quantified-Self\\_Fraunhofer-ISI.pdf](http://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2016/Policy-Paper-Quantified-Self_Fraunhofer-ISI.pdf) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

37 *Hermann, M./Pentek, T./Otto, B.*, Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review [online] Dortmund (2015), [www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4\\_0-Scenarios.pdf](http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

Die sechs Design Prinzipien sind:

- Interoperabilität,
- Virtualisierung,
- Dezentralisierung,
- Echtzeit-Fähigkeit,
- Service-Orientierung und
- Modularität.

Diese Design-Kategorisierung lässt sich auf die Relationen zwischen Patient, Spital, Tagesklinik, Arzt, Pflegepersonal, Krankenversicherung, Apotheke, Pharmakonzerne, medizinische Forschung und Entwicklung, Gesundheits- und Fitness-Industrie etc anwenden.

Die **Interoperabilität** sorgt für eine Standardisierung, damit die medizinischen Daten von unterschiedlichen medizinischen IoT-Messgeräten verschiedener Hersteller verwendet werden können. Dabei sorgt 5G für standardisierte Vernetzungen und Schnittstellen. Für medizinische Daten wurden standardisierte Datenformate entwickelt wie beispielsweise EHR<sup>38</sup> (Electronic Health Report). In Österreich heißt der EHR ELGA<sup>39</sup>. 5G ist eine Innovationstreiber-Technologie für die Entwicklung von künftigen, umfassenderen Datenformaten, die neben Krankengeschichten auch komplette Echtzeit-Selbstvermessungsbiographien beinhalten werden.

Im Sinne von **Virtualisierung** generieren solche Systeme einen „virtuellen Zwilling“ bzw „virtueller Doppelgänger“, der als Datenkonglomerat individuelle, medizinische Daten beinhaltet. Dieser Avatar ist dann wiederum Voraussetzung für die E-Health Weiterentwicklung in Richtung „personalisierte Medizin“<sup>40</sup>.

Der Trend zur Selbstvermessung und Selbstexpertisierung fördert die (iii) **Dezentralisierung**. Der Patient braucht nicht mehr in einer Arztpraxis die punktuelle Vermessung der medizinischen Laborwerte bestimmen lassen, sondern misst diese mit sogenannten Wearables selbst, in Echtzeit, permanent und dezentral. Dies beflügelt auch die Fitness- und Medizingeräte-Industrie, damit immer mehr medizinische Daten wie Blutdruck, Temperatur, Puls, Blutzucker etc im Do-it-Yourself-Verfahren mit IoT-Devices gemessen werden können, die direkt am oder im Körper eingebaut sind und an ein Cloud-Service übermittelt werden. Ärzte, Diagnose-Teams, aber auch volldigitalisierte medizinische Expertensystem-Avatare als Cloud-Services können per Videokonferenz direkt mit den Patienten in Kontakt treten und in Echtzeit Daten interpretieren und Diagnosen erstellen.

Durch die **Echtzeit-Fähigkeit** von 5G können bei Irregularitäten beispielsweise des Herzschlages bereits frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden. Diese

---

38 Vgl *Wikipedia*, Electronic health record, [https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic\\_health\\_record](https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_health_record) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

39 Vgl ELGA, Elektronische Gesundheitsakte, [www.elga.gv.at](http://www.elga.gv.at) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).

40 Vgl *Netzwoche*, Daten sollen der personalisierten Medizin neuen Schwung bringen (2018), [www.netzwoche.ch/news/2018-03-26/daten-sollen-der-personalisierten-medizin-neuen-schwung-verschaffen](http://www.netzwoche.ch/news/2018-03-26/daten-sollen-der-personalisierten-medizin-neuen-schwung-verschaffen) (zuletzt aufgerufen am 19. 7. 2018).



gehen von einer Alarmierung (Selbst-Alarm, Arzt- und Rettungsverständigung) bis hin zu einer Online-Intervention beim cyber-physikalischen Herzschrittmarker-System (derzeit noch Science Fiction, da die Cybersecurity-Auflagen für solche Anwendungen extrem hoch sind).

Die **Service-Orientierung** der Fitness und Medizingeräte in den Wearables besteht darin, dass auf diese mit gekapselten Web Services zugegriffen werden kann.

Die **Modularisierung** entspricht einer Plug&Play-Philosophie. Veraltete oder defekte Module können einfach ausgetauscht werden, ohne dass die Standard-Funktionalität beeinträchtigt wird. Die neue Modulgeneration hat zumeist verbesserte Eigenschaften wie zB höhere Präzision, verstärkte Sicherheit, höhere Robustheit, geringerer Energieverbrauch, längere Lebensdauer etc.

Eine zentrale Rolle spielt 5G darüber hinaus im Bildungswesen, in der Wissensvermittlung und im Infotainment. Auch Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality bekommen mit 5G als Innovationstreiber einen gewaltigen Schub.

### 3. Artificial Intelligence

#### 3.1 Was versteht man unter Artificial Intelligence?

Artificial Intelligence (abgekürzt AI, oder auf Deutsch **Künstliche Intelligenz**, abgekürzt KI) steht primär im Kontrast zur natürlichen Intelligenz selbstorganisatorischer biologischer Systeme mit dem homo sapiens sapiens als Vertreter der höchsten Ausprägung von kognitiver Leistungsfähigkeit und Bewusstsein (Personale Identität). Unter AI versteht man heute Computersysteme, die Probleme auf maschinelle Art und Weise lösen, wobei diese Lösungen gleich gut oder besser sind als jene der menschlichen Intelligenz. AI ist heute in erster Linie ein Marketingbegriff, der helfen soll, Informatik-Anwendungen besser zu verkaufen. Typische heutige Anwendungsbeispiele der AI sind: Autonomes Fahren/Fliegen, Sprachverstehen, Computerspiele wie Schach, Go und Turing-Tests als digitale Assistenten in verschiedenen Variationen, bei denen es darum geht, dass der Computer dem Menschen einen Assistenten vortäuscht, der richtige Antworten liefert und Aktionen durchführt.

AI ist eine Querschnittsdisziplin aus Literatur (Science Fiction), Informatik (Computerwissenschaften als Ingenieur-Disziplin), Mathematik (Algorithmen), Mikroelektronik (Halbleiterelektronik, organische Elektronik), Philosophie (Logik, Erkenntnistheorie, Sprachphilosophie, Wissenschaftstheorie, Philosophy of Mind), Psychologie (Kognitionswissenschaften), Biologie (Bionik), Physiologie und Neurowissenschaften ua.

AI hat ihre Wurzeln in der wissenschaftlichen Rationalität, die auf Aristoteles (384-322 v. Chr.) zurückgeht, der zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte in seinem Werk Organon die Werkzeuge des Denkens, die formale Logik, entwickelt und systematisch beschrieben hat. Aristoteles hat gezeigt, dass logische Schlussfolgerungen mit bestimmten Regeln errechenbar sind. Auch heute sind die meisten klassischen AI-Anwendungen Systeme mit einer spezifischen

Wissensrepräsentation, die darin besteht, dass ein deklaratives Wissen als Fakten und Regeln in Form von Wenn-Dann-Ketten repräsentiert wird, aus denen mit einer Schlussfolgerungsmaschine Lösungen auf Fragen abgeleitet werden können. Das deklarative Wissen lässt sich beispielsweise gut in der Programmiersprache PROLOG (Programming in Logic) repräsentieren.

Die Geburt der Wissenschaftsdisziplin AI wird mit der Dartmouth-Konferenz<sup>41</sup> im Sommer 1956 datiert. *John McCarthy* (Erfinder der Programmiersprache LISP), *Marvin Minsky* (KI-Forscher am MIT, Massachusetts Institute of Technology, USA), *Nathaniel Rochester* (Hardware-Ingenieur, Informatiker und IBM-Fellow) und *Claude Shannon* (Mathematiker, Elektrotechniker und Begründer der Informationstheorie) haben ein „Research Project on Artificial Intelligence“ gestartet. Dabei ging es um Fragen folgender Art: Kann ein Computer die natürliche Sprache verstehen? Können neuronale Netze Konzepte repräsentieren? Wie kann man die Komplexität von aufwändigen Berechnungen reduzieren? Kann sich ein Computer selbst verbessern? Wie kann eine Maschine selbstständig Abstraktionen durchführen? Wie kann der Zufall für Kreativität genutzt werden?

### 3.2 Der Turing-Test

Aber schon 1950 hat *Alan Turing* in seinem Aufsatz<sup>42</sup>: „Computing Machinery and Intelligence“ den Test „The Imitation Game“ (Nachahmungsspiel) beschrieben und damit demonstriert, ab wann ein Computer als intelligent gilt. Im Folgenden wird dieser heute als „Turing-Test“ bezeichnete Test in einer unserer Zeit angepassten Sprache, aber dennoch semantisch dem Original identisch, dargestellt.

Der Turing-Test ist eine Chat-Kommunikation zwischen drei Personen: einem Mann A, einer Frau B und einem Fragensteller C, wobei der Fragensteller männlich oder weiblich sein kann. Der Fragensteller sitzt in einem von A und B getrennten Raum, es besteht kein Sicht- und Hörkontakt, die Kommunikation geschieht mittels Tastatur und Bildschirm. Die Aufgabe des Fragenstellers ist es nun, herauszufinden, wer von den beiden Personen der Mann und wer die Frau ist. Der Fragensteller kennt die beiden nur als X und Y. Am Ende des Spiels sagt der Fragensteller: „X ist A“ und „Y ist B“ oder „X ist B“ und „Y ist A“. Der Fragensteller soll durch Fragen an X und Y herausfinden, wer A und wer B ist. Wenn beispielsweise während des Chat-Vorgangs X der Mann A ist, dann muss A versuchen, den Fragensteller zu verwirren, damit dieser die falsche Zuordnung trifft, beispielsweise mit dem Satz: „Ich habe eine Bubikopf-Frisur und die längsten Strähnen sind 23 Zentimeter lang.“. Die Aufgabe für die Frau B besteht darin, dem Fragensteller zu helfen. Die beste Strategie für sie ist es wahrscheinlich wahrheitsgemäß zu antworten. Beispielsweise könnte sie sagen: „Ich bin die

---

41 Vgl *Archive.org*, A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (1955), <https://web.archive.org/web/20080930164306/http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

42 *Turing, A.*, Computing Machinery and Intelligence, *Akademische Zeitschrift Mind der Oxford University Press* (1950) 434, <https://academic.oup.com/mind/article-pdf/LIX/236/433/9866119/433.pdf> (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

Frau, hör nicht auf ihn!“ Aber das bringt nichts, da auch der Mann A solche Sätze sagen kann. Nun wirft Alan Turing folgende Fragen auf: Was passiert, wenn der Mann A durch einen Computer ersetzt wird? Wird der Fragensteller sich genauso oft irren, wie vorher, als er mit einem Mann A und einer Frau B gespielt hat? Diese Fragen ersetzen die ursprüngliche Frage: „Können Maschinen denken?“

Das bisher berühmteste Turing-Test-Beispiel lieferte der IBM-Supercomputer Watson<sup>43</sup> im Jahr 2011, als bei der amerikanischen Quizshow Jeopardy! IBM Watson eindeutig gegen den 74-maligen Sieger dieser Show, *Ken Jennings*, gewann<sup>44</sup>. Heute würde man also statt dem Computer einen Chatbot (von englisch *chat roboter*) vom Kaliber eines IBM Watson einsetzen.

Wenn der Fragensteller in mehreren Spieledurchgängen niemals bemerken würde, dass der Mann A durch den Chatbot ersetzt wurde, dann kann man sagen, die „Maschine denkt“ im Sinne einer Künstlichen Intelligenz. Der Chatbot besitzt in diesem Fall derart ausgefeilte Algorithmen, dass eine Unterscheidung zwischen natürlich-menschlicher und künstlicher Intelligenz nicht mehr möglich ist. *Alan Turing* glaubte damals, dass in ca 50 Jahren (das wäre etwa im Jahr 2000 gewesen) die Chatbots mit einer Speicherkapazität von ca 10<sup>9</sup> so gut sind, dass ein durchschnittlicher Fragensteller nach fünf Minuten chatten eine höchstens 70%ige Chance hat, Mensch und Maschine voneinander zu unterscheiden<sup>45</sup>.

Seit 1991 gibt es den Loebner-Preis für Turing-Tests. Dasjenige AI-Computerprogramm, welches diesen Turing-Test mit Text-, Sprach- und Videoeingabe gewinnt, erhält eine Goldmedaille<sup>46</sup> (nach *Hugh Gene Loebner*, Multimedia-Eingabe als Audio-Video-Stream wie in einem Science Fiction Film, 100.000 US\$ Preisgeld) und beendet den Wettbewerb. Bis heute wurden weder Gold noch Silber (Text-Chatbot, 25.000 US\$, zwei der vier Richter<sup>47</sup> müssen vom AI-Chatbot getäuscht werden, Wettbewerb wird beendet), sondern ausschließlich Bronze gewonnen. 2017 gewann<sup>48</sup> *Steve Worswick* mit dem Chatbot-Programm Mitsuku<sup>49</sup> die Bronze-Medaille und US\$ 4.000 Preisgeld.

---

43 Vgl *Wikipedia*, IBM Watson, [https://en.wikipedia.org/wiki/Watson\\_\(computer\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Watson_(computer)) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

44 Vgl Jeopardy! The IBM Challenge (2011), <https://youtu.be/ByLbUOr574Q> (Day 3, zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018)

45 *Turing, A.*, Computing Machinery and Intelligence, *Akademische Zeitschrift Mind* der Oxford University Press (1950) 442.

46 Vgl Loebner Preis, <http://aisb.org.uk/events/loebner-prize> (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

47 Vgl *Moloney, Ch.*, How to win a Turing-Test (the Loebner prize) (2017), <https://chatbotsmagazine.com/how-to-win-a-turing-test-the-loebner-prize-3ac2752250f1> (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

48 Loebner 2017 Steve wins it again (2017), <https://youtu.be/JmrDFWW7gUM> (*Daniel Burke*, zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

49 Chatbot Mitsuku von *Steve Worswick*, [www.pandorabots.com/mitsuku/](http://www.pandorabots.com/mitsuku/) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

### 3.3 Das Chinesische Zimmer als Gegenargument

Der schärfste AI Kritiker ist der amerikanische Philosoph *John Searle*<sup>50</sup>, der bereits 1980 das „Chinesische Zimmer Argument“<sup>51</sup> entwickelte, das bis heute einen schwerwiegenden intellektuellen Schlag gegen die Befürworter einer AI-Superintelligenz darstellt<sup>52</sup>.

Zusammengefasst lautet dieses Gedankenexperiment so<sup>53</sup>: Zuerst unterscheidet Searle zwischen einer starken und einer schwachen Künstlichen Intelligenz („strong AI“ und „weak AI“).

- „*Strong AI*“ besagt, dass ein digitaler Computer mit den passenden Programmiersprachen wie LISP etc den menschlichen Geist im Sinne von Verstand und Bewusstsein (mind) erschaffen kann.
- „*Weak AI*“ bedeutet, dass AI ein nützliches Werkzeug ist, den menschlichen Verstand und das Bewusstsein zu untersuchen.

In Folge widerlegt Searle mit Hilfe des Gedankenexperiments („Chinese Room Argument“) die „strong AI“. Er zeigt, dass heutige Computer ausschließlich Symbolmanipulationen bewerkstelligen, aber nicht denken können, weil die syntaktischen Symbole/Zustände/Bits/Bytes keine intrinsische Bedeutung/Semantik haben. Searle geht dabei folgendermaßen vor: Nehmen wir an, ich<sup>54</sup> habe keine Ahnung von Chinesisch. Ich sitze in einem Zimmer (dem berühmten „Chinese Room“) mit einem riesigen Buch mit Regeln und sehr vielen Tafeln mit chinesischen Schriftzeichen, die ich alle nicht verstehe, da ich kein Chinesisch kann. Nun überreicht mir ein Fragesteller von außen eine Tafel mit einer Frage in chinesischen Schriftzeichen (Input). Ich schaue im Buch nach, welche Antwort zu der Frage passt und gebe ihm eine Tafel mit Schriftzeichen zurück (Output). Das Buch ist ein Computerprogramm und erzeugt immer korrekte Antworten, so dass gewissermaßen auch damit der Turing-Test bestanden wird. Damit kann ich die chinesisch sprechenden Muttersprachler enorm beeindrucken, täuschen und glauben lassen, ich könnte Chinesisch, da ja die Antworten immer richtig sind. Aber der Punkt ist, dass ich kein Wort Chinesisch verstehe, und das weiß ich ganz gewiss, weil ich den chinesischen Schriftzeichen keine Bedeutung zuordnen kann. Wäre eine Maschine im Zimmer, dann könnte ich meinen, diese verstünde Chinesisch. Wenn ich nun mit Sicherheit kein Chinesisch verstehe, dann versteht auch der Computer kein Chinesisch, denn dieser führt genauso wie ich ausschließlich schrittweise Symbolmanipulationen aufgrund der Programmzeilen des Programms aus und versteht so wie ich gar nichts. Der Com-

---

50 *John Searle*, geb 1932, ist Professor an der University of California, Berkeley.

51 *Searle, J. R.*, Minds, Brains, and Programs. The Behavioral and Brain Sciences 3 (1980) 417 ff, <https://web.archive.org/web/20010221025515/www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.searle2.html> (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

52 Im Jahr 1988 durfte der Autor eine Woche lang in einer Summer School „Philosophical Perspectives on Artificial Intelligence“ in Bozen, Italien die Probleme der Sprachphilosophie und der Philosophie des Geistes (Philosophy of Mind) mit Professor *John Searle* diskutieren.

53 Vgl A Discussion of Artificial Intelligence with John Searle and Luciano Floridi (2016), [https://youtu.be/b6o\\_7HeowY8](https://youtu.be/b6o_7HeowY8) (ab 13 Minuten 28 Sekunden, zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

54 Die erste Person wurde deshalb gewählt, da diese auch im Originalartikel von *John Searle* vorkommt.

puter verarbeitet nur Syntax, unser menschlicher Verstand hingegen versteht die Bedeutung/Semantik eines Wortes oder Satzes. Der Mensch versteht Information aufgrund seines Bewusstseins. Der Computer hingegen manipuliert nur Symbole und kann selber nichts verstehen. Er braucht einen Menschen, der die Information intrinsisch versteht. Das „Chinese Room-Argument“ zeigt auf, dass die Syntax des Computerprogramms intrinsisch keine Semantik beinhaltet. Die Semantik des menschlichen Verstehens kann nicht intrinsisch auf Syntax basieren. Der Schlüssel für das Denken, das Verstehen und die Information/Semantik ist das Vorhandensein eines menschlichen Bewusstseins. Solange wir nicht wissen, wie unser Bewusstsein wirklich funktioniert, können wir es nicht nachbilden und das wiederum bedeutet, dass auch der Computer, der rein syntaktisch arbeitet, nichts verstehen kann. Er kann nicht denken, hat keine intrinsische Information und ist daher nicht intelligent. Unter diesem Blickwinkel ist AI daher ein Mythos<sup>55</sup>. Trotz - oder gerade wegen - der einleuchtenden Plausibilität dieses genialen Gedankenexperiments, das den naiven Glauben an AI zertrümmert, wird es selbst massiv kritisiert<sup>56</sup>. Doch die philosophische Wirkmächtigkeit des Arguments übertrifft bei weitem die Kritik.

#### 3.4 AI-Produkte für den Massenmarkt: Sprachassistenten

In den letzten Jahren kamen immer besser sprechende Maschinen (Sprachassistenten) auf den Markt und so stellt sich die Frage, ob diese denken können oder nicht. Am 8. 5. 2018 hat Google bei der I/O-Entwicklerkonferenz den Sprachassistenten Google Assistant mit der Erweiterung Duplex<sup>57</sup> vorgestellt und Telefongespräche zwischen Mensch und Maschine demonstriert, die so täuschend menschlich klangen, dass nicht mehr erkennbar war, wer die Maschine und wer der menschliche Sprecher war. Für *John Searle* hätte sich an seiner Haltung nichts geändert, denn für ihn wäre der Fall weiterhin klar: auch wenn niemand mehr erkennen könnte, dass es sich um eine Maschine handelt, kann diese nicht denken solange sie kein Bewusstsein hat, weil sie immer noch rein syntaktisch funktioniert.

Ende 2011 hat Apple am iPhone 4s den Sprachassistenten (Chatbot, digitaler Assistent) „Siri“ eingeführt. Amazon hat 2014 mit dem intelligenten Lautsprecher-Produkt „Amazon Echo“ und dem Chatbot „Alexa“ nachgezogen, der vor allem das Weihnachtsgeschäft 2017 auf Amazon beflügelt hat. Bereits 2012 veröffentlichte Google den persönlichen Assistenten „Google Now“, der 2016 zum Audio-Chatbot-Assistenten „Google Assistant“ wurde und auf Android Smartphones standardmäßig mit „Ok Google“ gestartet wird. Samsung startete 2013 den Assistenten „S-Voice“ für das Smartphone Samsung Galaxy SIII, der 2017 durch „Bixby“ abgelöst wurde. Im Jahr 2013 präsentierte Microsoft den

---

55 Vgl. Sternstunde Philosophie: *John Searle*: Der Sinn des Bewusstseins (2018), [www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=74542](http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=74542) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

56 *Dresler, M.*, Künstliche Intelligenz, Bewusstsein und Sprache. Das Gedankenexperiment des „Chinesischen Zimmers“, Würzburg (2009).

57 Vgl. *Wagner, K.*, I talked to Google's Duplex voice assistant. It felt like the beginning of something big (2018), [www.recode.net/2018/6/27/17508166/google-duplex-assistant-demo-voice-calling-ai](http://www.recode.net/2018/6/27/17508166/google-duplex-assistant-demo-voice-calling-ai) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

virtuellen Assistenten „Cortana“ und integrierte diesen 2015 in Windows 10. Die Spracherkennung für verschiedene Sprachen wurde wesentlich vom amerikanischen Unternehmen Nuance Communications geprägt, welches seit 1997 die kommerzielle Spracherkennungssoftware „Dragon NaturallySpeaking“ verkaufte und technologisch hinter Apple's Siri steht. Seit jedoch auch Microsoft im Jahr 2017 die Strategie proprietärer Software Entwicklung aufgegeben hat<sup>58</sup> und zum größten Open-Source-Beitragsleister<sup>59</sup> wurde und sogar Windows 10 zu Open Source machen möchte, ist Open Source endgültig der neue IT-Mainstream und damit der wichtigste Innovationstreiber für AI. Im Bereich der Sprachassistenten<sup>60</sup> rangiert derzeit die Open Source Software Google Cloud Speech API<sup>61</sup> auf den obersten Plätzen<sup>62</sup>. Sprachassistenten agieren aber nicht nur als Chatbots, sondern führen vor allem transaktionale Services aus, wie etwa folgende Leistungen: Online-Bestellungen aufgeben; Eintragen von Terminen im Terminkalender; E-Mails beantworten; Personen anrufen; Licht, Backofen, Waschmaschine, Geschirrspüler und Toilettenspülung einschalten.

Moderne Android Smartphone User können mit „OK Google“ den „AI Assistent“ starten und die Leistungsfähigkeit ausprobieren. Das könnte dann etwa so aussehen:

- „OK Google Erzähle mir einen Witz“,
- „OK Google Taschenlampe ein“,
- „OK Google Öffne WKO.tv“,
- „OK Google Übersetze Haus auf Italienisch“,
- „OK Google 1.000 US Dollar in Euro“,
- „OK Google 12 mal 12 ist“,
- „OK Google 25 plus 7 ist“,
- „OK Google Wurzel aus 49 ist“,
- „OK Google 10 hoch 9 ist“, „OK Google 2 hoch 9 ist“,
- „OK Google Zeige mir Bilder von Albert Einstein“,
- „OK Google Was bedeutet Paradigma“,
- „OK Google Rufe Max Mustermann am Mobiltelefon an“,
- „OK Google Höre Mobilbox ab“,
- „OK Google Brauche ich morgen einen Regenschirm?“

---

58 McLean, A., Why open source is so important to Microsoft (2018), [www.zdnet.com/article/why-open-source-is-so-important-to-microsoft/](http://www.zdnet.com/article/why-open-source-is-so-important-to-microsoft/) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

59 Asay, M., Who really contributes to open source (2018), [www.infoworld.com/article/3253948/open-source-tools/who-really-contributes-to-open-source.html](http://www.infoworld.com/article/3253948/open-source-tools/who-really-contributes-to-open-source.html) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

60 Gilchrist, A., Google puts pressure on Nuance and Apple with voice recognition API (2016), [www.itproportal.com/2016/03/24/google-puts-pressure-nuance-apple-voice-recognition-api/](http://www.itproportal.com/2016/03/24/google-puts-pressure-nuance-apple-voice-recognition-api/) (aufgerufen am 20. 7. 2018).

61 Google Speech API, <https://cloud.google.com/speech/> (aufgerufen am 20. 7. 2017).

62 Vgl *Slashgear*, Google Assistant, Alexa, Siri, Bixby, Cortana feature showdown (2018), [www.slashgear.com/google-assistant-alexa-siri-bixby-cortana-feature-showdown-07522484/](http://www.slashgear.com/google-assistant-alexa-siri-bixby-cortana-feature-showdown-07522484/) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

„OK Google Wie komme ich mit dem Zug nach Wien?“,  
„OK Google Navigiere zu Wirtschaftskammer Steiermark, Körblergasse 111“,  
„OK Google Ich will nach Hause“,  
„OK Google Wie weit ist Wien entfernt“,  
„OK Google Wo ist die nächste Tankstelle“,  
„OK Google Wo ist die nächste Apotheke“,  
„OK Google Wie wird mein Tag“,  
„OK Google Finde Sehenswürdigkeiten“,  
„OK Google Setze einen Timer Zeit im Bild 10 Minuten“,  
„OK Google Setze Wecker Aufstehen 6 Uhr morgens“,  
„OK Google Erstelle einen Termin um 22 Uhr 30 Max Mustermann kommt in Graz am Bahnhof an“,  
„OK Google Wie klingt eine Ziege?“,  
„OK Google Spiele mir Funk-Jazz vor“,  
„OK Google Stopp“,  
„OK Google Ö1 Nachrichten anhören“,  
„OK Google Staatsvertrag 1955 anschauen“,  
„OK Google Sende eine Whatsapp Nachricht an Max Mustermann Bla Bla Bla“,  
„OK Google Sende eine SMS Nachricht an Max Mustermann Bla Bla Bla“,  
„OK Google Verschicke E-Mail an max@mustermann.at Bla Bla Bla“, mit „Ändern“, „Abbrechen“, „Senden“ kann man die Übertragung finalisieren oder abbrechen, den Text kann man mit Satzzeichen wie „Punkt“, „Komma“, „Minus“, „Absatz“, „Space“, „Fragezeichen“, „Rufzeichen“, etc. ausstatten.

Ähnliche Funktionen gibt es auch für Siri, Alexa, Cortana und Bixby.

Die Frage ist allerdings, ob man diese praktischen Funktionalitäten tatsächlich schon als AI bezeichnen kann? Die Marketing-Abteilungen von Software-Unternehmen sagen ja - und sie haben nicht ganz unrecht, da AI mittlerweile auch eine Ingenieursdisziplin geworden ist, welche mit ihren Unterdisziplinen auf der subsymbolischen Ebene durch beispielsweise Deep Learning, Spracherkennung, Pattern Recognition und Vision mit neuronalen Netzen und Maschinelernen (zB mit TensorFlow-Systemen) beachtliche Erfolge erzielen. Doch auch für Deep Learning, eine Technologie, die als Durchbruch zur „echten AI“ gesehen wurde, beginnt zunehmend eine kritische Auseinandersetzung<sup>63</sup>.

Kehren wir also noch einmal zur philosophischen Deutung zurück.

---

63 Vgl. Pontin, J., Greedy, Brittle, Opaque, and Shallow: The Downsides to Deep Learning (2018), [www.wired.com/story/greedy-brittle-opaque-and-shallow-the-downsides-to-deep-learning/](http://www.wired.com/story/greedy-brittle-opaque-and-shallow-the-downsides-to-deep-learning/) (zuletzt aufgerufen am 28. 7. 2018).

### 3.5 Was also ist AI wirklich?

Letztlich haben sich im philosophischen Diskurs zu AI zwei Gruppen von Intellektuellen formiert: die Befürworter und die Gegner der These, wonach

- AI in nicht allzu ferner Zukunft machbar sein wird,
- AI die menschlich-natürliche Intelligenz übertreffen wird (Superintelligenz, Singularität) und
- AI-Roboter die Nachfahren der menschlichen Rasse sein werden (Transhumanismus, Dataismus).

*Alan Turing, Marvin Minsky, Herbert Alexander Simon, Hans Moravec, Ray Kurzweil, Michio Kaku, Yuval Noah Harari, Nick Bostrom, Max Tegmark* und viele weitere Autoren, auch aus den Gebieten Science Fiction, Deep Learning, Informatik-Disziplin AI, Superintelligenz und Transhumanismus zählen eher zu den Befürwortern dieser These.

Philosophinnen und Philosophen wie *John Searle, Hubert Dreyfus, Margaret Boden, Robert Geraci, David Chalmers, Thomas Metzinger* und viele andere führen sehr gute Gründe an, wonach diese Gefahr derzeit nicht besteht. Solange man nicht weiß, wie das Bewusstsein funktioniert und es daher auch nicht nachgebildet werden kann, solange haben Computer und Roboter keine Informationen, können nicht denken und auch nichts wissen, sondern nur Symbole ohne Semantik verrechnen. Einige Autoren des Genres der philosophischen Science Fiction wie *Stanislaw Lem, Philip K. Dick, Isaac Asimov* und *Brian Aldiss* aber auch beispielsweise die Autoren der dystopischen Science Fiction Geschichten der Netflix Episodenreihe *Black Mirror*<sup>64</sup> nehmen eine Sonderstellung ein, indem sie einerseits die fantastischen Möglichkeiten von Computern und Robotern mit künstlicher Superintelligenz als eine dem Menschen überlegene Rasse sehr realistisch beschreiben, dann aber den Fokus auf das typisch Menschliche legen und den Leser in philosophischer Kontemplation zur eigenen Existenz und personalen Identität zurücklassen.

Betrachtet man die historische Entwicklung künstlicher Intelligenz, so fällt die erste Phase der AI in die Jahre zwischen 1956 bis etwa 1980. Damals orientierte sich die Disziplin stark an der im Jahr 1958 von *John McCarthy* vom MIT entwickelten deklarativen Programmiersprache LISP (List Processing). Das Interesse galt dem Lösen logischer Probleme. Eines der bekannten Beispiele dieser Zeit ist das sogenannte „Missionare-und Kannibalen-Problem“<sup>65</sup> (Missionaries-and-Cannibals-Problem), dem folgendes Logik-Rätsel zu Grunde liegt: Drei Missionare und drei Kannibalen müssen einen Fluss überqueren, wobei nur ein Boot zur Verfügung steht, das maximal zwei Personen fassen kann, wobei gleichzeitig nie zwei Kannibalen mit einem Missionar allein gelassen werden dürfen, da sonst die Kannibalen in der Überzahl sind und den Missionar verspeisen.

---

64 Vgl. *Wikipedia*, *Black Mirror* (Fernsehserie)/Episodenliste, [https://de.wikipedia.org/wiki/Black\\_Mirror\\_\(Fernsehserie\)/Episodenliste](https://de.wikipedia.org/wiki/Black_Mirror_(Fernsehserie)/Episodenliste) (zuletzt aufgerufen am 20. 7. 2018).

65 Vgl. *Simon, H. A.*, Information Processing Theory of Human Problem Solving, in *Estes, W. K.* (Hrsg), *Handbook of Learning and Cognitive Processes Vol I*, Hillsdale (1978) 274.



Die Lösung bestehend aus elf Flussüberquerungen kann elegant mit einem LISP oder PROLOG Programm berechnet werden und sieht folgendermaßen aus:

- Ein Missionar und ein Kannibale fahren ans andere Ufer.
- Der Missionar fährt allein zurück.
- Die zwei verbleibenden Kannibalen fahren ans andere Ufer.
- Ein Kannibale fährt wieder allein zurück.
- Zwei Missionare fahren ans andere Ufer.
- Ein Missionar und ein Kannibale fahren zurück.
- Zwei Missionare fahren ans andere Ufer.
- Ein Kannibale fährt zurück.
- Zwei Kannibalen fahren ans andere Ufer.
- Ein Missionar fährt zurück.
- Der Missionar und der Kannibale fahren ans andere Ufer.

*Herbert Alexander Simon* differenziert AI in zwei Richtungen: Zum einen geht es um das Lösen von Problemen durch Computerprogramme der AI (wie zB das Missionare-und-Kannibalen-Problem) und zum anderen geht es um das Feld der Cognitive Science, in dem man verstehen will, wie Menschen intelligente Leistungen erbringen, also beispielsweise wie sie Probleme lösen, wie sie Sprache verwenden, wie sie Entscheidungen treffen oder wie sie Gegenstände designen und erschaffen<sup>66</sup>.

1980 startete eine neue Ära der Computer (zB: 1976: Apple I, 1977: Commodore PET 2001 und Apple II, 1981: Silicon Graphics, 1981: IBM PC, 1982: Commodore C64) und Cognitive Science orientierte sich mehr am Modell des Computers als Plattform für das Simulieren von Kognition, Denken und Problemlösen („computational model of cognition“). 1981 brachten die Psychologen *James McClelland* und *David Rumelhart*<sup>67</sup> sowie der MIT Computerwissenschaftler *Danny Hillis*<sup>68</sup> ein neues, wirkmächtiges und bedeutsames Computing-Paradigma hervor: Neuronale Netze, Konnektionismus und Parallel Distributed Processing.

In der Zeit bis 1990 entstanden schließlich Disziplinen der psychologischen Neurowissenschaften wie beispielsweise die Cognitive Neuroscience und schürten enorme Erwartungen für einen baldigen Durchbruch der AI. Aber es kam anders. Die AI-Anwendungen waren nur in einem sehr eingeschränkten Bereich erfolgreich: Computerschach, Expertensysteme im medizinischen Bereich und Software-Agenten, also Computerprogramme, die zu einem bestimmten autonomen Verfahren fähig sind.

---

66 Vgl *Simon, H. A.*, The Theory of Scientific Discovery, in *Götschl, J.* (Hrsg), Revolutionary Changes in Understanding Man and Society. Scopes and Limits. Theory and Decision Library, Dordrecht (1995) 55.

67 *McClelland, J. L./Rumelhart, D. E.*, Explorations in Parallel Distributed Processing (1986).

68 1985 präsentierte *Danny Hillis* am MIT seine Doktorarbeit, sein Doktorvater war *Marvin Minsky*. *Hillis, D.*, The Connection Machine (1986). Unter den Usern der Connection Machine war auch *Sergey Brin*, der später mit *Larry Page* Google gründete.

Daraufhin wurden geplante Investitionen zurückgefahren, deklarative AI-Programmiersprachen wie LISP und PROLOG spielten kaum mehr eine Rolle, die Begeisterung für AI schwand und ein „**kalter Winter**“ blies der AI entgegen, den ich von 1988<sup>69</sup> (dem Zusammenbruch des Marktes für LISP-Maschinen) bis 2010<sup>70</sup> verorte (Etablierung von Maschinenlernen in massentauglichen Informatik-Anwendungen). In dieser Zeit entstand ein anderes Paradigma, denn nun begann die Ära der Virtual Reality.

Erst mit Beginn des 21. Jahrhunderts dynamisierte sich die fragmentierte AI-Welt wieder. Konzepte wie Maschinenlernen, Künstliche Neuronale Netzwerke, Deep Learning, Mustererkennung und -verarbeitung, Computerlinguistik, Verarbeitung und Verstehen der natürlichen Sprache, AI-Simulationen in Videospielen haben das Bild einer neu erwachenden AI befeuert. Die Proponenten einer „strong AI“ bekommen durch fantastische Science Fiction Hollywood Filme, die sehr aufwendig mit Green Screen und Virtual Reality Methoden produziert werden, eine starke emotionale Unterstützung, da die dem Menschen ebenbürtigen oder überlegenen künstliche Intelligenzen superrealistisch dargestellt werden. Der Zeitpunkt, ab dem Maschinen durch AI intelligenter als Menschen werden und sich selbst verbessern und optimieren, nennen *Ray Kurzweil*<sup>71</sup> ua Vertreter der „strong AI“ „Singularität“. Transhumanisten diskutieren auch die Zeit nach der Singularität<sup>72</sup>, in der es aufgrund einer maschinellen Intelligenzexplosion zu einer Auslöschung des biologischen Lebens auf der Erde kommen könnte.

Der humanoide Roboter mit AI und künstlichem Bewusstsein ist der Prototyp für apokalyptische Schreckensvorstellungen einer Post-Singularität: Der Mensch als Sklave superintelligenter Robotern (auch fliegenden Robotern<sup>73</sup> wie Robocoptern<sup>74</sup>), die die Welt nach ihren hyperrationalen Vorstellungen und Berechnungen massiv verändern und dabei den Menschen wie lästige Insekten eliminieren. Die Ideen einer Singularität wurden mit großer Wahrscheinlichkeit von dem Science-Fiction-Film des Regisseurs *Alex Proyas* „I, Robot“ aus dem Jahr 2004 beeinflusst, der auf dem Buch „Ich, der Robot“ von *Isaac Asimov* aus dem Jahr 1950 beruht.

Eine Vorform des mobilen Roboters ist das selbstfahrende Auto, welches ab dem Jahr 1982 mit K.I.T.T. (Knight Industries Two Thousand) in der Fernsehserie „Knight Rider“ einen Science-Fiction-Vorgänger hatte. Das selbstfahrende

---

69 Bei einer Autofahrt im Jahre 1987 von Wien-Schwechat nach Graz hat mir der KI-Pionier und Nobelpreisträger *Herbert Alexander Simon* erzählt: „Ich habe meine Symbolics-Aktien bereits verkauft“. Die US-Firma Symbolics war einer der renommiertesten Hersteller von Lisp-Maschinen und ist 1993 in Konkurs gegangen.

70 Im Jahr 2010 wurde offensichtlich, wie wirkmächtig das AI-Sub-Fach Maschinenlernen wurde: Google Search, Amazon-Empfehlungen, Taggen von Fotos am Smartphone; Mitte 2008 eröffnete Apple den App-Store, kurz darauf auch Android den Play Store und 2010 kamen iPad, Personalisierung und Big Data. Maschinenlernen wurde Mainstream.

71 *Kurzweil, R.*, *The Singularity Is Near. When Humans Transcend Biology* (2005).

72 *Bostron, N.*, *Superintelligenz. Szenarien einer kommenden Revolution* (2014).

73 *Schinagl, W.*, Personale Identität, Virtualität und fliegende Roboter-Ichs. IRIS 2017, Tagungsband des 20. Internationalen Rechtsinformatik Symposiums Band 326, Universität Salzburg (2017) 361 ff, [http://jusletter-it.weblaw.ch/issues/2017/IRIS/personale-identitaet,\\_87a8a32a7d.html](http://jusletter-it.weblaw.ch/issues/2017/IRIS/personale-identitaet,_87a8a32a7d.html) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

74 *Schinagl, W.*, Robocopter, in *Brünner, Ch./Königsberger, G./Mayer, H./Rinner, A.* (Hrsg), *Satellite Based Earth Observation: Trends and Challenges for Economy and Society* (in print).

Auto K.I.T.T. war mit AI und Emotionen ausgestattet. Die ersten realen selbstfahrenden Autos kamen etwa ab 2013 mit Systemen auf den Markt, die für bestimmte Zwecke autonome Funktionen ermöglichten: beispielsweise selbstständiges Einparken (Einparkhilfe), Spurassistent und Stauassistent.

### 3.6 Im Fokus der Industrie: Autonomes Fahren durch AI, Standardisierung und ethische Fragen

Industrie und Wirtschaft reagierten auf diese Entwicklungen und so wurden folgende sechs Autonomiestufen<sup>75</sup> seitens der SAE (Society of Automotive Engineers)<sup>76</sup> in der Norm SAE J3016 hierfür eingeführt<sup>77</sup>:

- Level 0: Mensch lenkt das Fahrzeug,
- Level 1: Fahrerassistenz, zB Abstandsregeltempomat,
- Level 2: Teilautomatisierung durch Assistenzsysteme, zB automatisches Einparken oder Spurhalten, aber ständige Überwachung der Systeme durch den Fahrer notwendig (zB muss beim Tesla-Autopilot immer mindestens eine Hand am Lenkrad sein; nach 15–20 Sekunden ohne Lenkrad-Handkontakt folgt eine Warnmeldung),
- Level 3: Bedingungsautomatisierung, ab diesem Level kontrolliert das System die Umgebung und nicht mehr der Fahrer (zB kann der Fahrer auf der Autobahn die Führung des Fahrzeuges dem Fahrassistenten überlassen und sich anderen Tätigkeiten widmen). Das erste Level-3-Fahrzeug ist der Audi A8 Modell D5 2017, der einen Audi Staupiloten beim Drücken des Buttons *Audi AI*<sup>78</sup> aktiviert, der bis 60 km/h autonom fährt, jedoch zum Zeitpunkt der Publizierung dieser Arbeit Ende Juli 2018 noch keine Zulassung<sup>79</sup> in Deutschland und Österreich hat,
- Level 4: Hochautomatisierung, die Führung des Fahrzeuges kann dauerhaft dem Fahrzeug überlassen werden, dies erfordert Redundanzsysteme (zB einen zweiten Lenkmotor, für den Fall, dass einer ausfällt).
- Level 5: Vollautomatisierung, es ist kein Fahrer mehr erforderlich, das Fahrzeug hat kein Lenkrad, keine Bremshebel für einen Fahrer, etc und erlaubt kein Eingreifen eines Fahrers; dem Fahrzeug wird wie bei der Smartphone-Navigation ausschließlich das Ziel der Fahrt eingegeben. Erst

---

75 Vgl *Wikipedia*, Autonomes Fahren. Autonomiestufen (Level), [https://de.wikipedia.org/wiki/Autonomes\\_Fahren](https://de.wikipedia.org/wiki/Autonomes_Fahren) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

76 <https://www.sae.org/> (zuletzt aufgerufen am 1. 8. 2018).

77 Vgl. *Hader, B.*, Autonomes Fahren. Bachelorarbeit, Fakultät für Wirtschaftsinformatik an der Technischen Universität Wien, Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. iur. *Markus Haslinger*, Wien (2018), [www.law.tuwien.ac.at/BA\\_Hader\\_WS2017.pdf](http://www.law.tuwien.ac.at/BA_Hader_WS2017.pdf) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

78 Vgl *Lang, P./Conrad, P.*, Die Level der Automatisierung und ethische Fragen (2018), [www.automotor-und-sport.de/verkehr/level-autonomes-fahren-sae/](http://www.automotor-und-sport.de/verkehr/level-autonomes-fahren-sae/)(zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

79 Vgl *Greis, F.*, Automatisiertes Fahren. Der schwierige Weg in den selbstfahrenden Stau (2018), [www.golem.de/news/automatisiertes-fahren-der-schwierige-weg-in-den-selbstfahrenden-stau-1807-135357.html](http://www.golem.de/news/automatisiertes-fahren-der-schwierige-weg-in-den-selbstfahrenden-stau-1807-135357.html) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

Level 5 senkt die Kosten, da kein Personal mehr für menschliche Fahrer (Bus, LKW, Zug, U-Bahn, Taxi etc) benötigt wird.

Das Autonome Fahren ist aufgrund der bevorstehenden Markteinführung eines der Hauptthemen der AI und wirft praktische Fragen zu neuen Themenkomplexen auf, wie beispielsweise AI und Recht<sup>80,81</sup>, AI und Ethik, AI und Security, AI und Datenschutz. Beim Thema „AI und Ethik“ geht es auch um die Frage, wie man eine ethische Norm einem AI System einprogrammieren kann.

Eines der berühmtesten Beispiele für ein ethisches Dilemma ist das sogenannte „Trolley Problem“<sup>82</sup> (Straßenbahn Problem<sup>83</sup>), dessen philosophisch-ethische Struktur die englische Philosophin *Philippa Foot* (1920-2010) bereits 1967 analysiert hat<sup>84</sup>. Die Themenstellung ist folgende: Eine Straßenbahn kann nicht mehr bremsen, fährt mit hoher Geschwindigkeit auf fünf Gleisbauarbeiter zu und ist kurz davor, die Arbeiter zu rammen und damit zu töten. Vor der Baustelle befindet sich eine Weiche, neben der ein Mann steht und diese Weiche zu einer Spur umstellen kann, auf der ein alter Mann weilt. Nun stellt sich die Frage: Soll der Mann auf den Knopf drücken, damit die Straßenbahn auf den alten Mann gelenkt wird, sodass statt fünf Menschen nur ein Mensch getötet wird? Und das Szenario wird erweitert: Über der Weiche ist eine Brücke ohne Geländer, auf der ein extrem dicker Mann neben einem kräftigen Sportler steht<sup>85</sup>. Soll der Sportler den dicken Mann schubsen, damit dieser von der Brücke fällt und mit seinem massigen Körper die Straßenbahn aufhält? Und was ist, wenn der alte Mann durch eine Frau mit einem Kinderwagen ersetzt wird?

Diese Fragen des Trolley Problems werden heute auf Situationen mit einem selbstfahrenden Auto angewandt, indem die Straßenbahn durch ein selbstfahrendes Auto ausgetauscht wird. Das AI-Programm des selbstfahrenden Autos muss blitzschnell zwischen unterschiedlichen Lösungen wählen und entscheiden:

- gerade aus weiterfahren und die fünf Arbeiter töten oder
- links abbiegen und den alten Mann oder die Frau samt Kind töten?

---

80 Vgl Eisenberger, I./Lachmayer, K./San Nicolò, S., Verfahren zur Durchführung von Testfahrten automatisierter Fahrzeuge. ZTR 02 (2018) 67 ff; Gruber, Ch./Eisenberger, I., Wenn Fahrzeuge selbst lernen: Verkehrstechnische und rechtliche Herausforderungen durch Deep Learning? in Eisenberger, I./Lachmayer, K./Eisenberger, G. (Hrsg), Autonomes Fahren und Recht (2017) 51 ff.

81 Vgl Amlacher, N./Andréewitsch, M., Rechtliche Fragen des Autonomen Fahrens – Haftung (Teil III), jusIT 87 (2017) 209 ff.

82 Vgl Wikipedia, Trolley-Problem, <https://de.wikipedia.org/wiki/Trolley-Problem> (zuletzt aufgerufen am 21. 8. 2018).

83 Vgl Bossart, Y., Darf man opfern, um zu retten. Gedankenexperiment Straßenbahn (2015), [www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/philosophie/darf-man-opfern-um-zu-retten-gedankenexperiment-strassenbahn](http://www.srf.ch/kultur/gesellschaft-religion/philosophie/darf-man-opfern-um-zu-retten-gedankenexperiment-strassenbahn) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

84 Foot, Ph., The Problem of Abortion and the Doctrine of the Double Effect, in *Virtue and Vices*, Oxford Basil Blackwell (1978), erstmals in *Oxford Review* 5 (1967), [www2.econ.iastate.edu/classes/econ362/hallam/Readings/FootDoubleEffect.pdf](http://www2.econ.iastate.edu/classes/econ362/hallam/Readings/FootDoubleEffect.pdf) (zuletzt aufgerufen am 22. 7. 2018).

85 Vgl *ethify.org*, Das Straßenbahn-Problem. Ein ethisch-moralisches Dilemma (2010), <http://ethify.org/content/das-strassenbahn-problem-ein-ethisch-moralisches-dilemma> (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

Die allgemeinen Verkehrsregeln sind heute dem AI-Programm des selbstfahrenden Autos bereits einprogrammiert, die Lösung des ethischen Dilemmas<sup>86</sup> ist wesentlich schwieriger, da es verschiedene Ethiken gibt. Eine Pflichtethik hat als oberstes Prinzip die Menschenwürde und macht keinen Unterschied zwischen Arbeiter, alter Mann, Frau mit Kind und dicker Mann. Eine utilitaristische Ethik hat eine wirtschaftliche Nützlichkeit im Fokus und würde eher den alten Mann opfern als die Arbeiter, da diese wahrscheinlich noch lange Jahre produktiv sind. Eventuell würde das AI Programm den Wagen gegen eine Betonwand fahren und den Fahrer opfern, damit die fünf Arbeiter oder die Frau samt Kind gerettet werden können. Hier stellt sich natürlich eine wirtschaftliche Frage: wer kauft ein Auto, das nicht die maximale Sicherheit für die Insassen gewährt, sondern unter Umständen den Fahrer opfert? An diesem Beispiel sieht man sehr deutlich<sup>87</sup>, wie viele Fragen offen sind, die für einen sicheren Betrieb autonomer Verkehrssysteme zu lösen sind, falls dies überhaupt möglich ist. Denn zum heutigen Standpunkt wäre ein solches AI-Programm eine komplexe syntaktische Symbolmanipulationsmaschine, die keine Information und kein Wissen besitzt, da sie kein Bewusstsein hat. Ob ein Bewusstsein im menschlichen Sinn programmierbar ist, ist - wie oben bereits erläutert - derzeit offen, da wir mit heutigem Stand noch zu wenig darüber wissen, wie unser Bewusstsein funktioniert.

### 3.7 AI auf einem Betriebssystem mit einprogrammiertem Bewusstsein

Das 21. Jahrhundert wird sich mehr als je zuvor der Erforschung des Bewusstseins widmen, da die AI dieses benötigt, um die Fragen der Dartmouth Konferenz 1956 zu AI grundlagenwissenschaftlich lösen zu können. Waren die ersten „Roboter“ in der Literatur noch künstliche Menschen aus Fleisch und Blut (Androiden), wie der Golem, der von *Rabbi Löw* im Prag des 16. Jahrhunderts aus Lehm geformt und mit einer Zauberformel zum Leben erweckt wurde, oder der Roboter „Frankenstein“ nach dem 1818 veröffentlichten Roman von *Mary Shelley*, der aus Leichenteilen zusammengeflickt wurde, oder die Rossum's Universal Robots (R.U.R.) aus dem gleichnamigen Drama aus dem Jahr 1920 von *Karel Čapek*, die in Fleischfabriken hergestellt wurden, so entstand ab der Mitte des 20. Jahrhunderts die Idee von Elektronengehirnen auf Silizium-Basis. Mit der Entdeckung von zerebralen Organoiden<sup>88</sup> (Mini-Hirnen) seit ca 2013 werden real-biologische Systeme und Subsysteme wieder interessant, die einerseits eine Symbiose von Computer und real-biologischen Subsystemen und andererseits Bio-Schnittstellen für Hirn-Ankopplungen denkbar machen. Der polnische Phi-

---

86 Eisenberger, I., Das Trolley-Problem im Spannungsfeld autonomer Fahrzeuge: Lösungsstrategien grundrechtlich betrachtet, in Eisenberger, I./Lachmayer, K./Eisenberger, G. (Hrsg), Autonomes Fahren und Recht (2017) 91 ff.

87 Vgl Philosoph *Grunwald, A.*, Einprogrammierte Ethik (2016), [www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=53985](http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=53985) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018); *Thiel, Th.*, Autonomes Fahren. Fahren nach Zahlen, in *Frankfurter Allgemeine, Geisteswissenschaften* (2015), [www.faz.net/aktuell/feuilleton/geisteswissenschaften/ethische-prinzipien-fuer-autonome-autos-13722800-p2.html?printPagedArticle=true#pageIndex\\_2](http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/geisteswissenschaften/ethische-prinzipien-fuer-autonome-autos-13722800-p2.html?printPagedArticle=true#pageIndex_2) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

88 Vgl *Wikipedia*, Organoid, <https://en.wikipedia.org/wiki/Organoid> (zuletzt aufgerufen am 22. 7. 2018).

losoph *Stanislaw Lem* (1921–2006) hat in mehreren Werken<sup>89</sup> das Bewusstsein bzw die personale Identität auf multiplen Trägermedien (Fleisch, Computer, Aliens etc) thematisiert. Diese Werke bieten einen profunden Einblick in die Fragestellungen und sollen hier kurz mit Titel und Thematik skizziert werden: **Also sprach Golem** (1981: Ein superintelligentes, post-singuläres und transpersonales Computersystem räsoniert über die Sinnlosigkeit des Daseins und schaltet sich anschließend ab), **Arthur Dobb: Non serviam** (1971: Geniale Programmierer erschaffen digitale Wesen mit Bewusstsein, die Personoiden, die beginnen, Fragen nach ihrem Schöpfer zu stellen), **Schichttorte**. Drehbuch (1963: Ein Ralleyfahrer wird nach zahlreichen Unfällen immer wieder mittels Prothetik und Transplantationschirurgie zusammengeflickt, sodass die Versicherung nicht mehr zahlen will, weil die Identität der Person nicht mehr sicher feststeht), **Solaris** (1961: Haben Aliens, die aus der Erinnerung von Menschen materialisiert werden, ein Bewusstsein?) und vor allem **Dialoge** (1957: Ist es möglich, ein Bewusstsein zu kopieren oder upzuloaden, um damit den Tod zu überwinden). Die Thematik des Up- und Downloadens eines Bewusstseins wird übrigens in der Netflix Serie „Altered Carbon“<sup>90</sup> (2018) als Selbstverständlichkeit mit überzeugenden Computeranimationen dargestellt, ist aber aus philosophischer Sicht nicht besonders ergiebig. Die Philosophen *John Searle*, *Georg Northoff* und *Thomas Metzinger* so wie die Philosophin *Margaret Boden* schließen die prinzipielle Machbarkeit eines künstlichen Bewusstseins nicht von vornherein aus. Dennoch ist es noch ein weiter und steiniger Weg, der nur im transdisziplinären Zugang zu dieser Fragestellung eine neue Chance bekommt, eine „echte AI“ zu erschaffen.

#### 4. Fazit

Die Interdisziplinarität der Zusammenarbeit von verschiedenen Wissenschaftsgebieten an den Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen und die Transdisziplinarität der Zusammenschaltung von einerseits Institutionen und Infrastrukturen für die Wissensproduktion von Grundlagen- und Anwendungswissen und andererseits Einrichtungen und Unternehmen, die auf praktisches Wissen und die Erzeugung von intelligenten Produkten spezialisiert sind, sind der strategische Rahmen für wirtschaftliche Innovationen, Aufschwung und kulturelle Prosperität. In den nächsten fünf Jahren werden Interdisziplinarität und Transdisziplinarität bei den disruptiven Ingenieurdisziplinen 5G und AI eine wesentliche Rolle spielen, nämlich wie schnell in der Infrastruktur (zB durch eine flächendeckende Glasfaser- und Strom-Infrastruktur), wie breit in der Gesellschaft (zB durch Ausbildungsschwerpunkte an Universi-

---

89 Vgl *Schinagl, W.*, Personale Identität und Computerphilosophie bei Stanislaw Lem und Philip K. Dick. IRIS 2010, Tagungsband des 13. Internationalen Rechtsinformatik Symposiums Band 266, Universität Salzburg (2010), [www.researchgate.net/publication/309103145\\_Personale\\_Identitat\\_und\\_Computerphilosophie\\_bei\\_Stanislaw\\_Lem\\_und\\_Philip\\_K\\_Dick](http://www.researchgate.net/publication/309103145_Personale_Identitat_und_Computerphilosophie_bei_Stanislaw_Lem_und_Philip_K_Dick) (zuletzt aufgerufen am 22. 7. 2018).

90 Vgl *Wikipedia*, Altered Carbon – Das Unsterblichkeitsprogramm, [https://de.wikipedia.org/wiki/Altered\\_Carbon\\_%E2%80%93\\_Das\\_Unsterblichkeitsprogramm](https://de.wikipedia.org/wiki/Altered_Carbon_%E2%80%93_Das_Unsterblichkeitsprogramm) (zuletzt aufgerufen am 21. 7. 2018).

täten, Fachhochschulen und Erwachsenenbildungseinrichtungen) und wie spezifisch in den Wachstumssegmenten (zB wirtschaftliche Stärkefelder in der Steiermark) die Innovationstreiber 5G und AI ausgerollt werden. Heute bietet uns die Wissensgesellschaft mit „Information at Your Fingertips“ (Bill Gates, 1995) einen blitzschnellen Zugriff (4G, 4.5G, 4.9G) auf Informationen, die geschehen sind oder mit kurzer Verzögerung gerade geschehen (zB Live-Streaming eines Fußballspiels am Smartphone). Durch AI wie Deep Learning wissen wir, was aufgrund von massiven Datenanalysen und Mustererkennungen bald geschehen wird (zB ist neue Grippewelle im Anrollen). Im nächsten Schritt wissen wir durch Big Data in Echtzeit mit immer ausgefeilteren Algorithmen und Methoden der AI sehr genau, was einzelne Individuen wollen, dass geschehen soll (zB Verbesserung der Prognosen, welche Produkte, Ideen und Services den Einzelnen interessieren). Mit den Innovationstreibern 5G und AI werden insbesondere Maschinen durch IoT ermächtigt, Dinge zu wissen und adäquate Handlungen zu setzen, bevor etwas geschieht (zB ein gerade noch verhinderter Crash eines Level 5 selbstfahrenden Autos mit einem Motorradfahrer, der eine rote Ampel ignoriert hat). Diese Herausforderungen gilt es infrastrukturell, politisch, gesellschaftlich, kulturell, budgetär, wirtschaftlich und mit Marketing-Initiativen vorzubereiten, damit das Stärke-Potenzial einer Region voll zum Tragen kommt.

## 5. Danksagung

Die Wirtschaftskammer Steiermark mit Präsident Ing. *Josef Herk* und Direktor Dr. *Karl-Heinz Dernoscheg*, MBA an der Spitze unterstützt in einem Wissenschaftsprogramm wissenschaftliche Publikationstätigkeiten ihrer MitarbeiterInnen, wofür ich mich herzlich bedanke. Die Wirtschaftskammer Steiermark ist selbst ein Innovationstreiber und hat in den letzten Jahrzehnten mit kreativen Infrastrukturen Innovationen für Interessenvertretung, Service, Bildung, Ausbildung und Digitalisierung zugunsten ihrer Mitglieder geschaffen, beispielsweise mit dem WIFI Interactive Information Center in den 1990er Jahren, der Fachhochschule Campus02 seit 1996, dem Digital Content Research & Development Center (DCRDC) seit 1998, WKO.at seit 2000, dem Institut für Wirtschafts- und Standortentwicklung (IWS) seit 2003, dem Internationalisierungszentrum (ICS) seit 2005, WKO.tv seit 2008, dem Talent Center seit 2016, der Cyber-Security-Hotline seit 2017 und dem Center Of Excellence ab 2020 - ganz nach dem Motto ihres Gründers Erzherzog Johann: „Mit hellen Köpfen heilsam Unruhe stiften“. Mein Dank gilt auch der Autorin, Rechtsphilosophin und Rechtsinformatikerin Frau Mag. Dr. *Elisabeth Hödl*, die in bewährter brillanter Art und Weise das Lektorat dieser Arbeit übernommen hat, meinen KollegInnen vom IWS, Fr. Mag. *Simone Harder* und Mag. *Robert Steinegger*, die mich mit wertvollen Hinweisen und Fachinformationen versorgt haben, dem Leiter des IWS, Mag. Dr. *Ewald Verhounig*, der mich laufend mit neuesten Statistiken und wissenschaftlichen IWS-Analysen versorgt, um die Notwendigkeiten von Schwerpunktbildungen bei begrenzten Ressourcen zu erkennen.

**Abstract**

**JEL-No: O30, L63, L96, C88, D83**

---

Next Generation Wireless Technology 5G and Artificial Intelligence as Drivers of Innovations for a Digital Economy

In the first part of this article, the concept of innovation is critically questioned against the backdrop of disruptive technologies such as 5G and Artificial Intelligence (AI), on the one hand in an economic and, on the other hand, in a science-theoretical approach. In the second part, the various generations of mobile communications from 1G to 4G are presented and the potential of 5G is analyzed as a “game changer” from 2020 onwards. The third part is dedicated to the new (already 60 years old) buzzword of computer science: “Artificial Intelligence”. Although applications such as voice assistants/chatbots and autonomous vehicles are attributed to AI, there are good reasons why AI can only begin with the still-not-invented artificial consciousness or synthetic consciousness.



## Sonderausgabe Globale Megatrends u. regionale Auswirkungen

September 2018

ISSN: 1605-8704

**Herausgeber:** Wirtschaftskammer Österreich (WKÖ), Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien.

**Medieninhaber (Verleger):** MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung GmbH. Sitz der Gesellschaft: A-1010 Wien, Kohlmarkt 16, FN 124 181w, HG Wien. Gesellschafter, deren Anteil 25% übersteigt: Manz Gesellschaft m.b.H., Wien, Beteiligung an Unternehmen und Gesellschaften aller Art und Wolters Kluwer International Holding B.V. Amsterdam, Beteiligung an Unternehmen. Verlagsadresse: 1010 Wien, Johannesgasse 23 (verlag@manz.at). **Unternehmensgegenstand:** Verlag. **Geschäftsführung:** Mag. Susanne Stein (Geschäftsführerin), Prokurist Mag. Heinz Kornthner (Verlagsleitung), Prokurist Peter Guggenberger (Vertriebsleitung), Prokurist Markus Hajszan-Meister (Leitung Finanzen). **Schriftleitung:** Mag. Simone Harder (Wirtschaftskammer Steiermark). **Verlagsredaktion:** Mag. Johannes Reiter, johannes.reiter@manz.at **Autoren dieser Ausgabe:** Wolfgang Bliem, Gernot Dreisiebner, Stefan Dreisiebner, Peter Egger, Jörn Kleinert, Daniel Kraus, Heinz D. Kurz, Erich Leitgeb, Thomas Plank, Wolfgang Schinagl, Robert Steinegger, Richard Sturm, Georg Tafner, Marc E. Wittmann. **Druck:** Novographic, 1230 Wien. **Verlags- und Herstellungsort:** Wien. **Grundlegende publizistische Richtung der Wirtschaftskammer Österreich für die von ihr herausgegebenen Zeitungen und Zeitschriften:** Die Wirtschaftskammer Österreich bekennt sich zu einer freien, rechtsstaatlichen, demokratischen Gesellschaftsordnung und zur sozialen Marktwirtschaft als einer unabdingbaren Grundlage individueller und gesellschaftlicher Freiheit. Eine solche Gesellschaftsordnung baut auf einer Vielzahl frei disponierender, selbstständiger Unternehmer bzw. Unternehmungen auf. Das Bekenntnis zur freien, sozialen Marktwirtschaft bedingt die Anerkennung der Leistung, des Privateigentums, des Wettbewerbs, der privaten Initiative und der sozialpartnerschaftlichen Konfliktlösung als Grundwerte wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Handels.

**Zitervorschlag:** WPBl Sonderausgabe Steiermark/2018/II, Seite. **Bezugsbedingungen:** Die

Wirtschaftspolitischen Blätter erscheinen 4x im Jahr. Der Bezugspreis beträgt jährlich EUR 47,70 (Abonnement für Wirtschaftskammer-Mitglieder EUR 34,40) inklusive Versandkosten. Einzelheft EUR 14,30. Der Bezugspreis für Abonnements im Ausland beträgt jährlich EUR 68,60 inklusive Versandkosten. Einzelheft für Ausland EUR 20,10. Nicht rechtzeitig vor ihrem Ablauf abbestellte Abonnements gelten für ein weiteres Jahr als erneuert. Abbestellungen sind schriftlich 6 Wochen vor Jahresende an den Verlag zu senden. **Hinweis:** Beiträge aus diesem Heft werden in die EconLit Datenbank des 'Journal of Economic Literature' aufgenommen und können auch in der RDB unter manz.wissenschaft.at kostenpflichtig abgerufen werden.

**Manuskripte und Zuschriften** erbitten wir nach Absprache mit dem Schriftleiter an folgende Adresse: redaktion.wpb@wko.at.

**Urheberrechte:** Mit der Einreichung seines Manuskriptes räumt der Autor/die Autorin dem Verlag für den Fall der Annahme das übertragbare, zeitlich und örtlich unbeschränkte ausschließliche Werknutzungsrecht (§ 24 UrhG) der Veröffentlichung in dieser Zeitschrift, einschließlich des Rechts der Vervielfältigung in jedem technischen Verfahren (Druck, Mikrofilm etc) und der Verbreitung (Verlagsrecht) sowie der Verwertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, einschließlich des Rechts der Vervielfältigung auf Datenträgern jeder Art, auch einschließlich CD-Rom, der Speicherung in und der Ausgabe durch Datenbanken, der Verbreitung von Vervielfältigungsstücken an die Benutzer, der Sendung (§ 17 UrhG) und sonstigen öffentlichen Wiedergabe (§ 18 UrhG), ein. Gemäß § 36 Abs 2 UrhG erlischt die Ausschließlichkeit des eingeräumten Verlagsrechts mit Ablauf des dem Erscheinen des Beitrags folgenden Kalenderjahrs; dies gilt für die Verwertung durch Datenbanken nicht. Der Nachdruck ist daher nur mit ausdrücklicher schriftlicher Bewilligung des Verlages gestattet.

**Grafisches Konzept:** Grafischer Dienst, 1050 Wien. **Umschlaggestaltung:** Michael Mürling, buero8, 1070 Wien. **Satz:** BuX. Verlagservice, www.bux.cc

Die in den Wirtschaftspolitischen Blättern vertretenen Auffassungen stellen die Meinungen der Autoren, nicht aber zugleich auch die Meinung des Herausgebers dar.

