

Industrie 4.0 und Big Data: Kritik einer technikzentrierten Perspektive

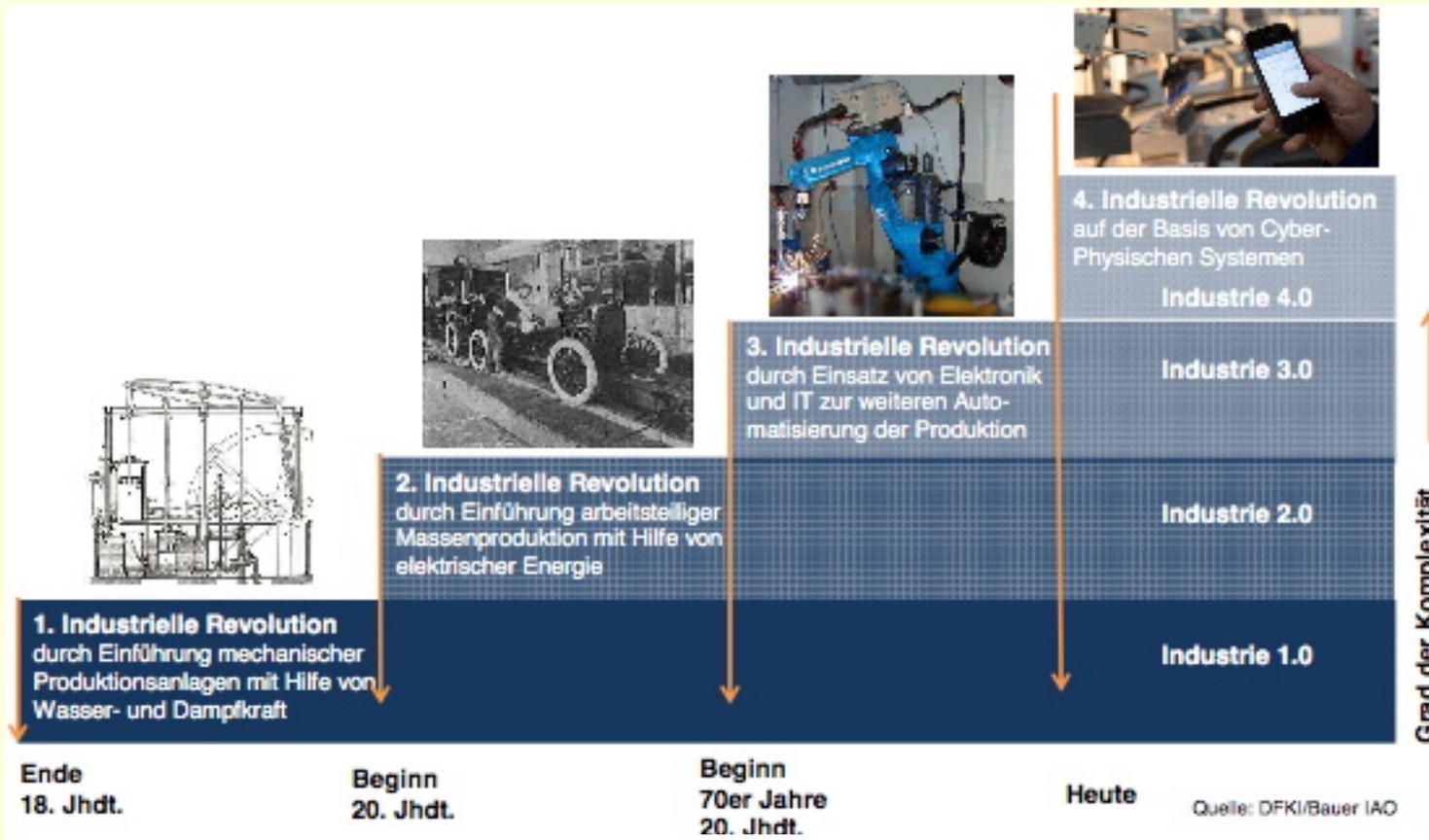
Peter Brödner

MES-Tagung
Digitalisierung: Hype oder Drohkulisse? –
Die »vierte industrielle Revolution« bei Licht betrachtet
Essen, 10 März 2018



Prof. Dr.-Ing. Peter **Brödner**

Industrielle Revolution: Dichtung & Wahrheit (I)



Diese **technikzentrierte** Sicht ist in hohem Maße **irreführende Ideologie**.

Geschichtsvergessen und **begriffslos** werden modische »Zeitdiagnosen« gestellt mit inflationär gebrauchter Bezeichnung »Revolution«: Angeblich erleben wir bereits die »vierte industrielle Revolution«. Diese eklatant unsinnige Sicht **ignoriert** wesentliche Aspekte **sozialen, organisatorischen** und **institutionellen Strukturwandels** und verleitet zu gravierenden Fehlschlüssen.



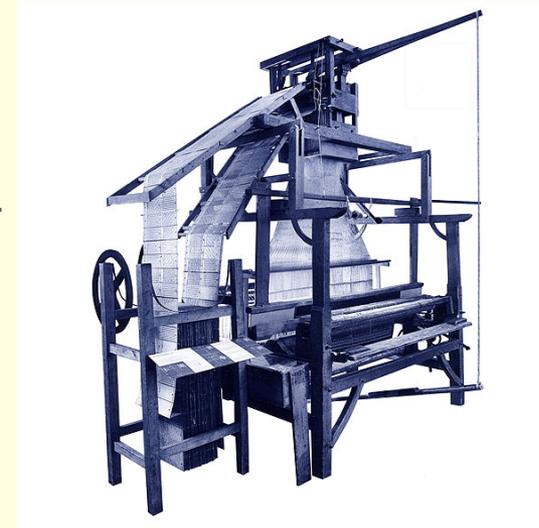
Industrielle Revolution: **Dichtung & Wahrheit** (2)

Von Kapitalverwertung getrieben, beginnt **historisch** die industrielle Revolution mit der betrieblichen **horizontalen Arbeitsteilung** komplexer Arbeitsprozesse in einfache, **spezialisierte Verrichtungen** (nach Smith & Babbage). Wiederholte einfache Arbeitsgänge (Verrichtungen) sind Voraussetzung für **Entwicklung & Einsatz** selbsttätiger »**Arbeitsmaschinen**«:

- Textilmaschinen (z.B. Jacquard-Webstuhl 1805),
- Werkzeugmaschinen (z.B. Maudsley-Drehmaschine 1797).

Funktionen der **Werkzeugführung**, des **Antriebs** (»Kraftmaschinen«) & der **Steuerung** werden separiert:

- **Antriebe** nutzen fossile **Energie** (Dampfmaschinen mit Transmission, später Einzelantrieb mit Elektromotoren).
- **Steuerungen** verarbeiten statt Kräften **Signale** (Daten) über maschinelle Bewegungen, um deren **gewünschten Ablauf** zu gewährleisten.



Jacquard-Webstuhl

Quelle: Deutsches Museum



Drehmaschinen mit dampfgetriebener Transmission

Die spezialisierten Verrichtungen erfordern zunehmend aufwendigere sachliche und zeitliche **Koordination** der Einzelarbeiten durch »**Manager**«. Wachsender **Aufwand** für Koordination und Sicherung der Herrschaft über immer **kompliziertere** Prozesse der (Massen-)Produktion erfordern vereinfachende **Standardisierung** und **wissensbasierte** Planung, Anweisung und Kontrolle (Taylors Prinzipien des »**Scientific Management**«).

Diese **vertikale Arbeitsteilung** der Trennung von Planung und Ausführung bewirkt eine »**Verdoppelung**« der Produktion in **Zeichen** (Zeichnungen, Stücklisten, Arbeitspläne etc.).



Industrielle Revolution: **Dichtung & Wahrheit** (3)

Insgesamt führt das zu fortschreitender **Verwissenschaftlichung von Produktion**:

Mit der Analyse, Planung und Kontrolle von Produktionsprozessen wird laufend erweitertes **explizites Wissen** über sie gewonnen und mit anderen wissenschaftlichen Erkenntnissen kombiniert. Dieses Wissen wächst wie ein Baum durch Verzweigung und wird durch **Zeichen repräsentiert**. Seine Anwendung zur Lösung neuer praktischer Probleme erfordert **Können, Wissensteilung** und **Kooperation** unter spezialisierten **Wissensarbeitern**.

Das alles ist verflochten mit der Schaffung notwendiger **gewährleistender Bedingungen**:

- Aufbau von **Infrastrukturen** und **Urbanisierung** gesellschaftlichen Lebens.
- **Selbstertüchtigung** der unmittelbaren Produzenten als wirkmächtigen Gegen-Akteuren,
- Aufbau leistungsfähiger **Bildungseinrichtungen** und **sozialer Sicherungssysteme**,

Im Verlauf hat sich damit insgesamt die **Arbeitsproduktivität** seit 1850 **verzwanzigfacht**, die **Lebenserwartung verdoppelt** und die **Bevölkerung verdreifacht**.

Standardisierung, Modellierung und **Formalisierung** von Zeichenprozessen der **Wissensarbeit** ermöglichen die **algorithmische** Verarbeitung zugehöriger Daten in Computern. So umfasst die **industrielle Revolution** – als fundamentaler gesellschaftlicher Entwicklungsprozess – die Erschließung von Natureffekten und Maschinisierung lebendiger Arbeit auf **zwei Ebenen**:

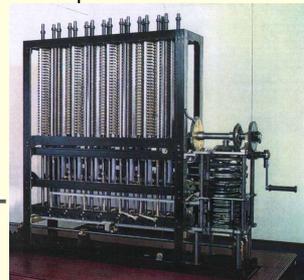
- **Mechanisierung** von **Handarbeit** durch zweckmäßige **Nutzung** von **Naturkräften** in Naturprozessen der **Stoff- und Energieumwandlung**,
- **Maschinisierung** von **Kopfarbeit** (Wissensarbeit) durch **algorithmisch gesteuerte** Verarbeitung digitaler **Signale** (Daten) in **Zeichenprozessen** sozialer Praxis.

Letzterer Vorgang, der materiell seit 75 (Zuse), ideell seit >200 Jahren (de Prony, Babbage) läuft, ist seiner Natur nach eine »**algorithmische Revolution**« (nicht »Digitalisierung«).



Geschichtliche Meilensteine der »Computing Science«

- 1792-1801: Gaspard de **Prony** entwickelt ein **formularbasiertes Verfahren** zur extrem **arbeitsteiligen Neuberechnung** mathematischer Tafeln im Dezimalsystem; das **Formularschema** der Rechenoperationen bildet die Urform eines Algorithmus (noch im WK II wurden V2-Flugbahnen so berechnet).
- 1805: **Jacquard-Webstuhl**, erste digital gesteuerte Arbeitsmaschine (Lochkarten).
- 1812: Charles **Babbage** konzipiert die »**Difference Engine**« zur Berechnung von Polynomen: $f(x) = a_n x^n + \dots + a_1 x + a_0$ (1822 realisiert).
- Um 1830: Charles **Babbage** & Ada **Lovelace** entwerfen die »**Analytical Engine**«; sie nimmt die von-Neumann-Architektur programmierbarer Universalrechner (RW, Speicher, Steuerung) vorweg (scheitert aber an der Mechanik).
- 1847: George **Boole** publiziert einen Logikkalkül (um 1888 von **Peano** als »**Boolesche Algebra**« axiomatisiert); er bildet das logisch-funktionale Fundament für **binäre Schaltsysteme** (heutige Computer-HW).
- 1860-1880: Charles S. **Peirce** entwickelt erstmals einen Prädikatenkalkül 1. Stufe, arbeitet an »logischen Maschinen« und entwickelt eine **triadische Zeichentheorie** (ohne die allgemeiner Computereinsatz nicht erklärbar ist).
- 1931: Kurt **Gödel** beweist die **Unvollständigkeit** formaler Systeme wie das der *principia mathematica* von B. Russell.
- 1937: Alan **Turing** publiziert die Idee der »**Turingmaschine**« und definiert damit formal die Begriffe **Algorithmus** und **berechenbare Funktion**.
- 1945: Konrad **Zuse** entwickelt den »**Plankalkül**« als erste algorithmische Sprache.



Herrschaftssicherung versus Kapitalverwertung

Die **Gestaltung** konkreter Produktionsprozesse bewegt sich im **Spannungsfeld** von Herrschaftssicherung und Kapitalverwertung. Im Zuge von **Kapitalakkumulation** und **Verwissenschaftlichung von Produktion** verlagert sich der Wettbewerb von Kosten zu Innovationen. Die produktive Bewältigung damit wachsender **Ungewissheit** stellt hohe Anforderungen an das lebendige **Arbeitsvermögen** (Können und Wissen):

Herrschaftssicherung

Arbeitspolitik

Koordination durch Planung,
Weisung und Kontrolle
(Taylor)



Ungewissheit und mangelnde Planbarkeit
erfordern
indirekte (Kontext-)Steuerung



Kapitalverwertung

Arbeitsstruktur & Produktivität

Arbeitsteilung & Maschinerisierung
spezialisierter Verrichtungen
erfordern geringe Qualifikation



Computerisierte Wissensarbeit in
teilautonomen Gruppen erfordert
hoch entwickeltes Arbeitsvermögen

Verwissenschaftlichung
und **Innovation**

Durch **Automatisierung** versucht das Management darüber hinaus,
vom **Eigensinn** lebendigen **Arbeitsvermögens unabhängig** zu werden.

Das gelingt aber stets nur **partiell**.



Industrie 4.0: Vision der »Smart Factory«

Laut Bundesregierung erfordert die Sicherung der **Wettbewerbsfähigkeit** die computer-technische **Aufrüstung** der Produktion im Rahmen ihrer »**High-Tech-Strategie**«.

Mit Industrie 4.0 soll die Vision der »**Smart Factory**« realisiert werden: In Gestalt weltweit vernetzter »**Cyber-Physical Systems** (CPS)« soll das effiziente Zusammenspiel vermeintlich »intelligenter Maschinen, Werkstücke, Lagersysteme und Betriebsmittel« organisiert werden, die in »**dezentraler Selbstorganisation**« selbsttätig in Echtzeit **Daten austauschen** und mittels maschinellem »Lernen« gegenseitig **situativ passende Aktionen** auslösen.

Verhießen wird, industrielle Geschäfts- und Engineering-Prozesse **anpassungsfähig** und **dynamisch** zu gestalten. Sie sollen ...

- individuelle Kundenwünsche berücksichtigen und Einzelleistungen rentabel erbringen,
- sich kurzfristig verändern und flexibel auf Störungen und Ausfälle reagieren können,
- durchgängig transparent sein und optimale Entscheidungen ermöglichen,
- neue Formen von Wertschöpfung und neuartige Geschäftsmodelle ermöglichen.

Dabei wird ignoriert, dass diese Fähigkeiten in **Hochleistungsunternehmen** längst mit **organisatorischen Mitteln** verwirklicht sind.

(Quellen: Forschungsunion & acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0; BMBF (2015): Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen)



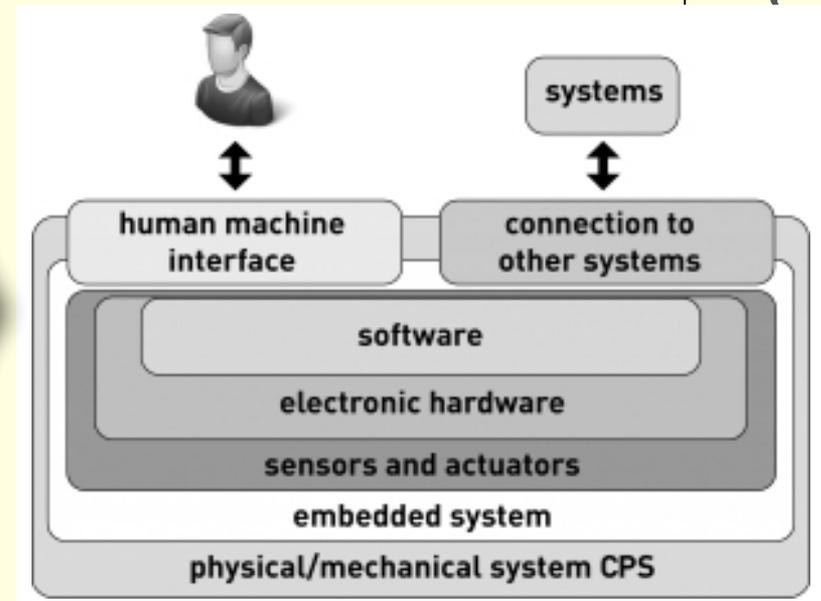
Vision Industrie 4.0: »Cyber-Physical Systems«

Als wissenschaftlich-technische **Grundlagen** der Realisierung gelten:

- **Eingebettete Systeme:** digital gesteuerte Prozesse, die als »Cyber-Physical Systems« hochgradig horizontal und vertikal vernetzt sind (»Internet der Dinge & Dienste«).
- **Multiagentensysteme** (MAS, auch: »Distributed Artificial Intelligence«): Sog. »autonome« Software-Agenten interagieren miteinander, um durch koordinierte Aktionen begrenzt komplexe Aufgaben kooperativ zu erledigen. Kennzeichen sind: zielorientiertes Verhalten, maschinelles »Lernen«, laufend anfallende große Datenmengen.
- **Big Data:** schnelle Analyse großer (un-)strukturierter Datenbestände für Aktionen, Planungen und Prognosen.

»Cyber-physical systems are physical, biological, and engineered systems whose operations are integrated, monitored or controlled by a computational core. Components are networked at every scale. Computing is deeply embedded into every physical component, possibly even into materials. The computational core is an embedded system, usually demands real-time response, and is most often distributed.«

(Quelle: Helen Gill, NSF 2006)



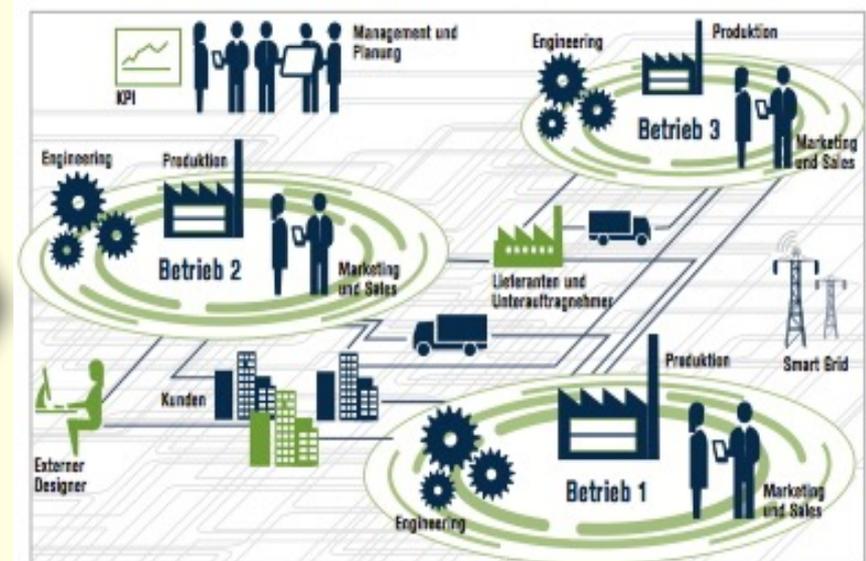
Vision Industrie 4.0: »Cyber-Physical Systems«

Als wissenschaftlich-technische **Grundlagen** der Realisierung gelten:

- **Eingebettete Systeme:** digital gesteuerte Prozesse, die als »Cyber-Physical Systems« hochgradig horizontal und vertikal vernetzt sind (»Internet der Dinge & Dienst«).
- **Multiagentensysteme** (MAS, auch: »Distributed Artificial Intelligence«): Sog. »autonome« Software-Agenten interagieren miteinander, um durch koordinierte Aktionen begrenzt komplexe Aufgaben kooperativ zu erledigen. Kennzeichen sind: zielorientiertes Verhalten, maschinelles »Lernen«, laufend anfallende große Datenmengen.
- **Big Data:** schnelle Analyse großer (un-)strukturierter Datenbestände für Aktionen, Planungen und Prognosen.

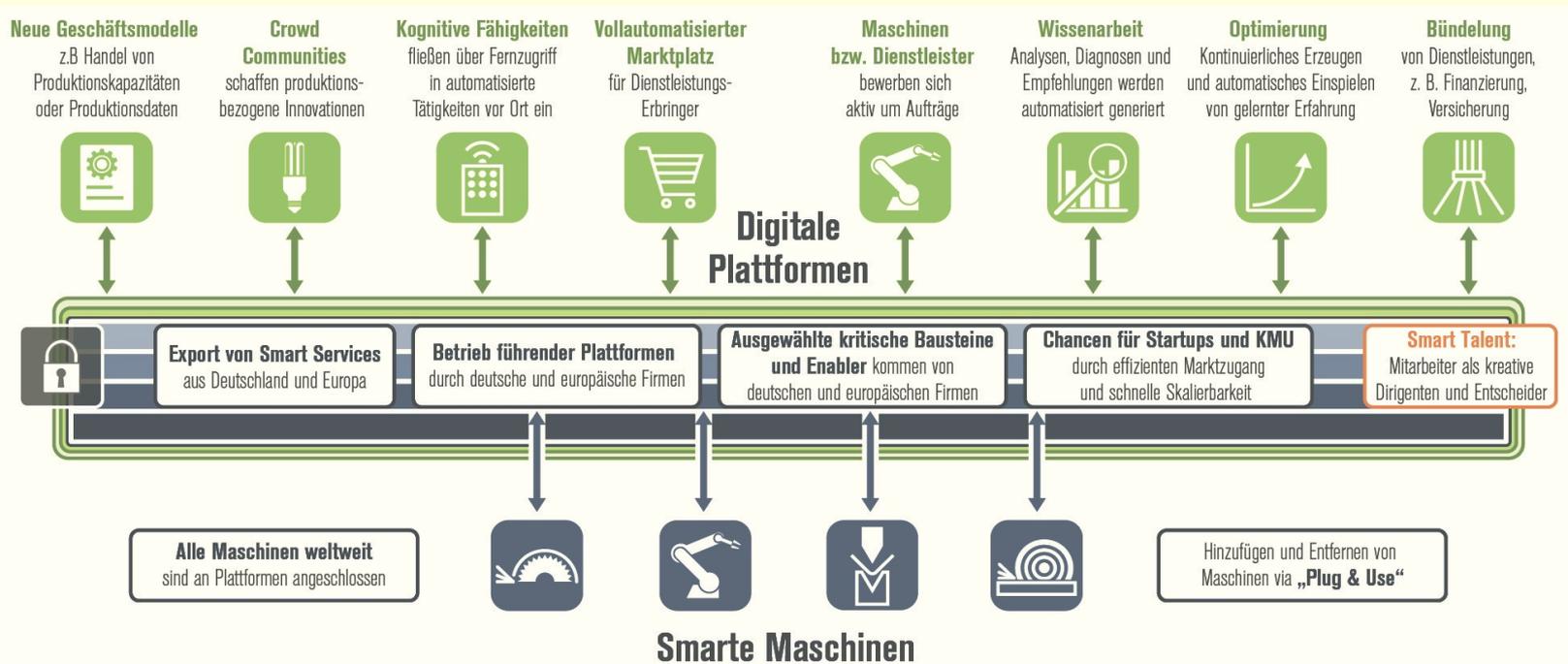
»Cyber-physical systems are physical, biological, and engineered systems whose operations are integrated, monitored or controlled by a computational core. Components are networked at every scale. Computing is deeply embedded into every physical component, possibly even into materials. The computational core is an embedded system, usually demands real-time response, and is most often distributed.«

(Quelle: Helen Gill, NSF 2006)



Vision Industrie 4.0: »Smart Services«

Smart Services sollen auf der Basis umfangreichen Feldwissens und aktueller Betriebsdaten absehbare Störungen von Produktionsprozessen präventiv (statt nur reaktiv oder proaktiv) vermeiden, deren Leistung steigern oder neuartige Dienste ermöglichen.



Quelle: Siemens 2014

Beispiel 1: Gasturbinen-Überwachung (GE, Siemens)

Kontinuierliche netzbasierte Betriebsdatenerfassung ermöglicht mittels Ferndiagnose und optimierten Eingriffen, Stillstandszeiten erheblich zu reduzieren.

Beispiel 2: Dienstleistungs-Plattformen

integrieren und verdichten heterogene Daten aus Wertschöpfungsprozessen und verfügen über unterschiedliche Dienstanbieter; daraus können sie kunden- und situationspezifische Dienste generieren.



Vision gründet auf brüchigem Fundament

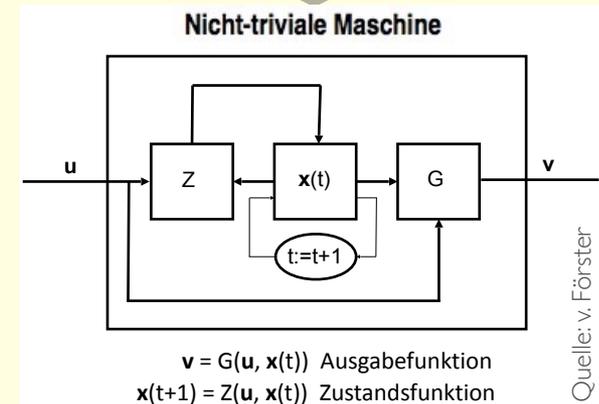
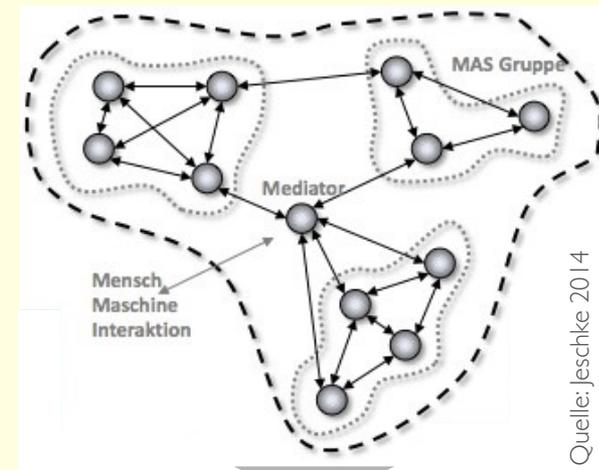
Probleme von Multiagentensystemen:

(1) Agenten führen per Algorithmus berechenbare Funktionen aus. Zielorientiertes kooperatives Verhalten kann ihnen nur **durch Programme** – mittels bedingter Befehle, »Lern«-Verfahren, Verhaltensrepertoires, Nutzenfunktionen und geteilten »Ontologien« – **vorgeschrieben** werden. Gestützt auf längst **widerlegte Hypothesen** des **Funktionalismus** (Putnam 1960, Fodor 1968) wird die maschinelle Welt der Daten unzulässig mit der sozialen Welt von Bedeutungen, Intentionalität und Reflexion gleichgesetzt. Selbsttätiges, **adaptives maschinelles Verhalten** unterscheidet sich grundlegend von **autonem**, zu begrifflicher Reflexion fähigem **Handeln** in sozialer Praxis. »Intentional stance« (Dennett 1987, Shoham 1993)) ist nur **zugeschrieben** – vermenschlichende **Selbsttäuschung der KI**.

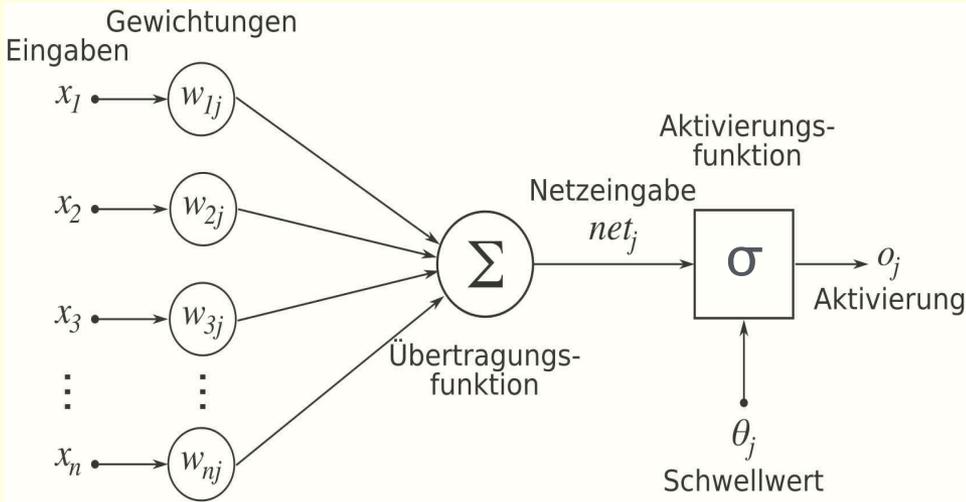
(2) MAS sind formal **nicht-triviale Maschinen** – ihr Verhalten ist deterministisch, aber hoch komplex und **geschichtsabhängig**, daher analytisch nicht bestimmbar und nicht vorhersehbar.

Ethik: Dürfen Systeme mit derart undurchschaubarem Verhalten von der Leine gelassen werden? Wer ist für Schäden verantwortlich und haftbar? Entwickler? Betreiber? oder gar Nutzer?

HCI-Erkenntnis: Damit ist instrumentelles Handeln unmöglich wegen Verstoßes gegen die Forderung nach erwartungskonformem Verhalten.



»Deep Learning«: Künstliche Neuronale Netze (KNN)

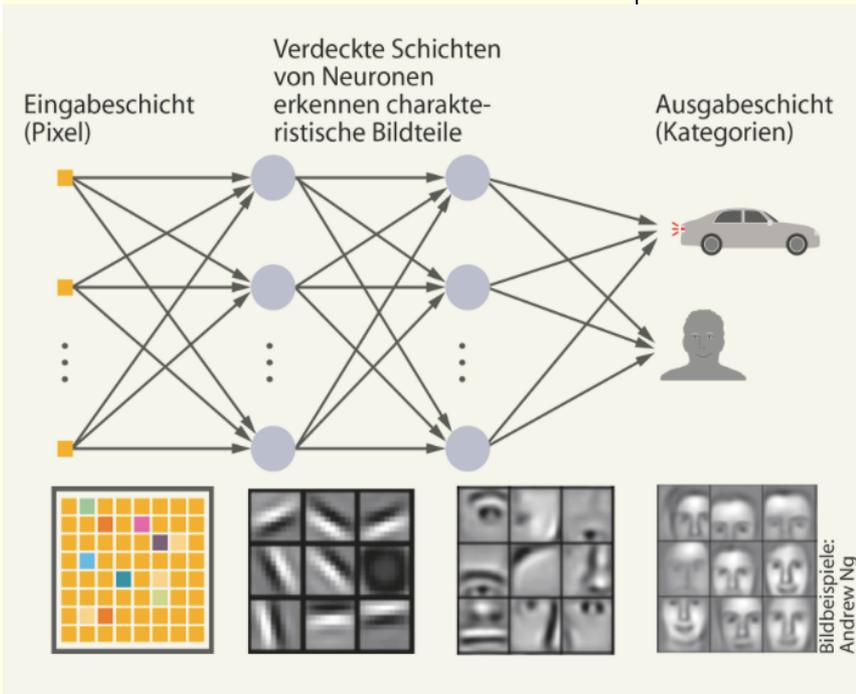


Berechnungsfunktionen eines **Netzknotens j**

KNN (speziell sog. Convolutional NN) erweisen sich seit langem als besonders geeignet für **Objektklassifikation** & Mustererkennung. Ein Netzwerk wird nicht programmiert, sondern **strukturiert** und mit $> 10^6$ Beispielen für die Aufgabe **trainiert** (per Algorithmus gesteuerte Änderung der w_{ij}) – ist aber sehr **störanfällig**.

Die **Performanz** verdankt sich infolge **theorielosen Probierens** allein der **Erfahrung & Kreativität**, mithin dem **Können** der Entwickler sowie der exponentiell gesteigerten **Rechenleistung**.

Intelligent sind die Entwickler, **nicht** das KNN.



(Quelle: c't 6/2016)

»Deep Learning«-Probleme: Schwindender Gradient & Schrittweite

Für die Bestimmung der **Gewichte** $W_j := W_j - \eta \nabla_W L$ eines **KNN** ist die Berechnung des **Gradienten** $\nabla_W L(N(x))$ einer Nutzen- oder **Verlustfunktion** $L(N(x))$ erforderlich (mit $N(x)$ als Netzwerksausgabe, $L(N)$ als z.B. über alle Trainingsbeispiele summierter euklidischer Distanz & der Lernrate η). Mit der Aktivierungsfunktion $\sigma(x)$ lässt sich – am einfachen Beispiel eines dreischichtigen KNN – der **Backpropagation**-Algorithmus und das Problem des **schwindenden Gradienten** aufzeigen:

$$N(x) = W_1 \cdot \sigma \left(\underbrace{W_2 \cdot \sigma(W_3 \cdot x)}_{N_3} \right)_{N_2}$$

Die Bestimmung des Gradienten von L erfordert die Bildung der **Ableitung** von $N(x)$ als Verkettung mehrerer Funktionen nach der **Kettenregel**:

$$\begin{aligned} \frac{dL}{dW_1} &= \sigma(N_2) \cdot \frac{dL}{dN} \\ \frac{dL}{dW_2} &= \sigma(N_3) \frac{d\sigma(N_2)}{dN_2} \cdot W_1 \cdot \frac{dL}{dN} \\ \frac{dL}{dW_3} &= x \cdot \frac{d\sigma(N_3)}{dN_3} \cdot W_2 \cdot \frac{d\sigma(N_2)}{dN_2} \cdot W_1 \cdot \frac{dL}{dN} \end{aligned}$$

Dabei häufig wiederkehrende Faktoren sind während des Trainings oft < 1 , sodass insgesamt das Ergebnis gegen Null tendiert – daher der »schwindende Gradient« und die **Schwierigkeit**, vielschichtige KNN zu **trainieren**.

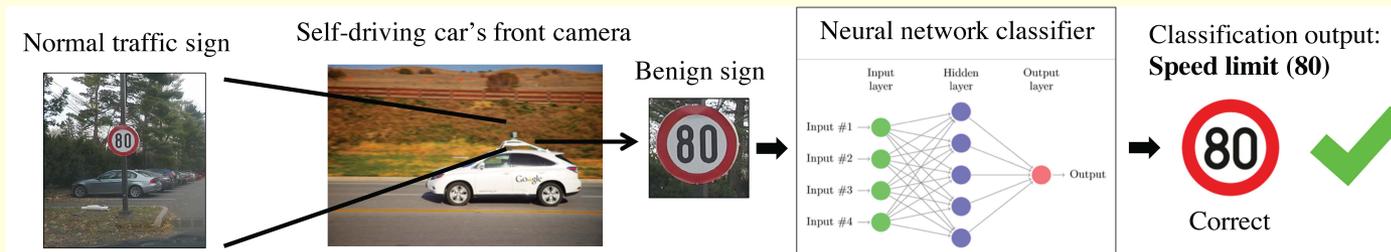
Zudem ist es **schwierig**, eine variable, **situativ passende Schrittweitensteuerung** zu realisieren.

(Quelle: Wick, C. 2017: Deep Learning, Informatik Spektrum 40 (1), 103-107)

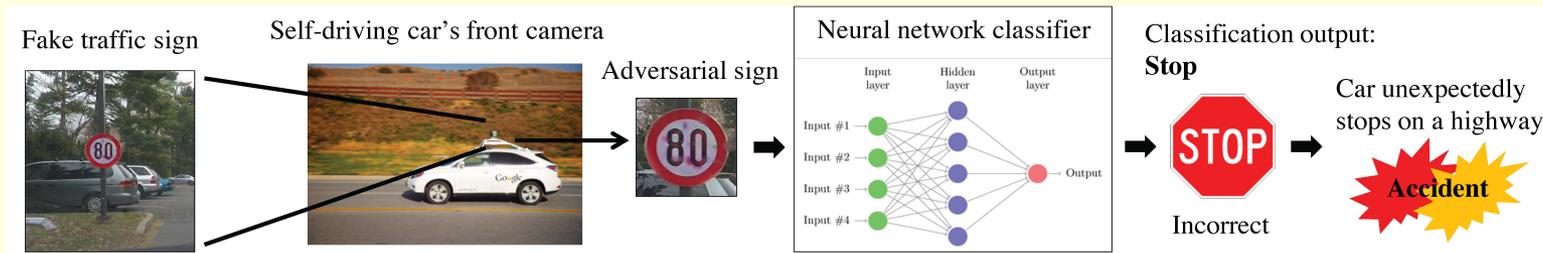


Versagende Verkehrszeichen-Klassifikation

Bereits **geringfügig** im Erscheinungsbild **veränderte** Verkehrszeichen (z.B. Aufkleber, Verschmutzung, schlechte Lichtverhältnisse) können beim automatisierten Fahren **gravierende Fehlleistungen** der Systeme zur Bild-Klassifikation verursachen. Beispiel:



(a) Operation of the computer vision subsystem of an AV under *benign conditions*



(b) Operation of the computer vision subsystem of an AV under *adversarial conditions*

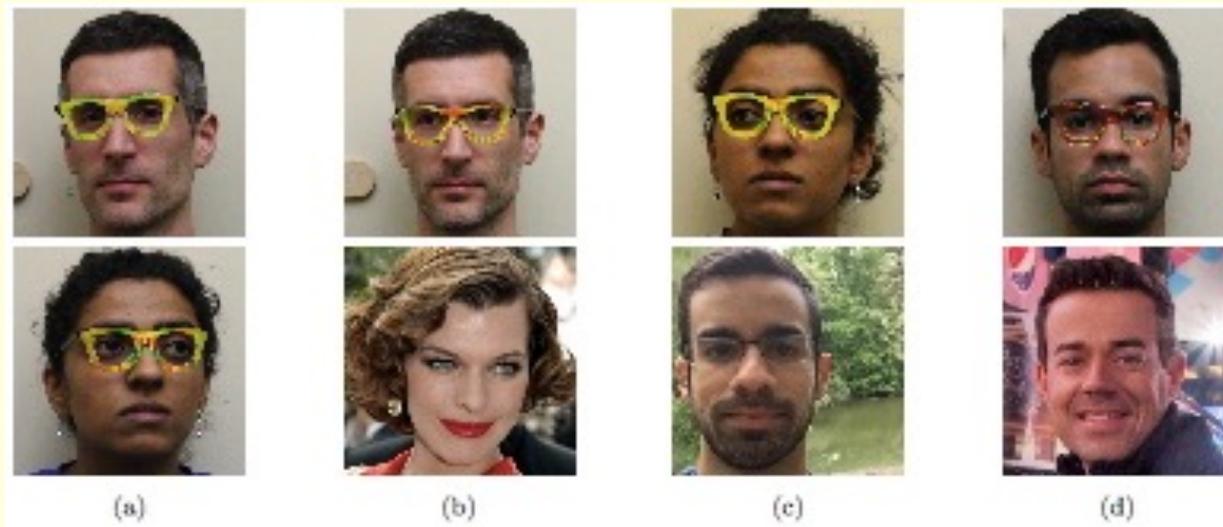
Fig. 1. **Difference in operation of autonomous cars under benign and adversarial conditions.** Figure 1b shows the classification result for a drive-by test for a physically robust adversarial example generated using our Adversarial Traffic Sign attack.

(Quelle: Sitawarin et al. 2016: DARTS: Deceiving Autonomous Cars with Toxic Signs, arXiv:1802.06430v1)

KNN-Fehlleistung: Falsche Gesichts-Klassifikation

Systeme zur Klassifikation Gesichtern nutzen KNN, die – mit Millionen Bildern gefüttert – Unterschiede anhand körperlicher Eigenheiten wie Position und Form der Nase oder Augenbrauen ausmachen und so Personen voneinander unterscheiden können.

Werden diese Bereiche von einer bunten Brille verdeckt, lässt das aufgedruckte Muster die Gesichtserkennungs-SW gleichwohl Eigenheiten erkennen, die fälschlicherweise als Gesichtsdetails verwertet werden. Ein männlicher Proband wurde so als die Schauspielerin Milla Jovovich erkannt, mit einer Genauigkeit von 87,87 % (b). Eine Asiatin hielt die Software mittels Brille für einen Mann aus dem arabischen Raum (c) etc..



(Source: Sharif et al. 2016: Real and stealthy attacks on face recognition, Vienna CCS'16)

Figure 4: Examples of successful impersonation and dodging attacks. Fig. (a) shows S_A (top) and S_B (bottom) dodging against DNN_B . Fig. (b)–(d) show impersonations. Impersonators carrying out the attack are shown in the top row and corresponding impersonation targets in the bottom row. Fig. (b) shows S_A impersonating Milla Jovovich (by Georges Biard / CC BY-SA / cropped from <https://goo.gl/GlsWIC>); (c) S_B impersonating S_C ; and (d) S_C impersonating Carson Daly (by Anthony Quintano / CC BY / cropped from <https://goo.gl/VfnDct>).

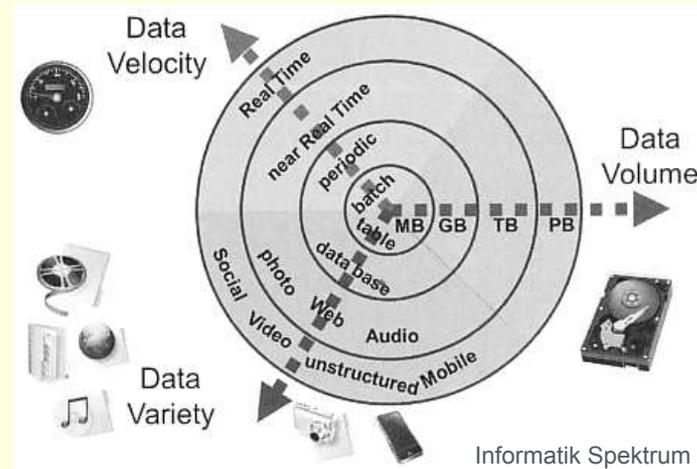


(Un-)lösbare Probleme mit **Big Data**

»The end of theory« (Anderson 2008):

Demzufolge könnten große Datenmengen theoriegeleitete Forschung ablösen, allein auf Korrelationen beruhende Vorhersagen seien Hypothesenbasierten Prognosen überlegen (Korrelation statt Kausalität). Das ist der alt bekannte Trugschluss »cum hoc ergo propter hoc«.

Ohne **stringente Methodik** schließender Statistik ist der Umgang mit Big Data unseriöses, mathematisch verbrämtes »Kaffeesatzlesen« in »high speed«.

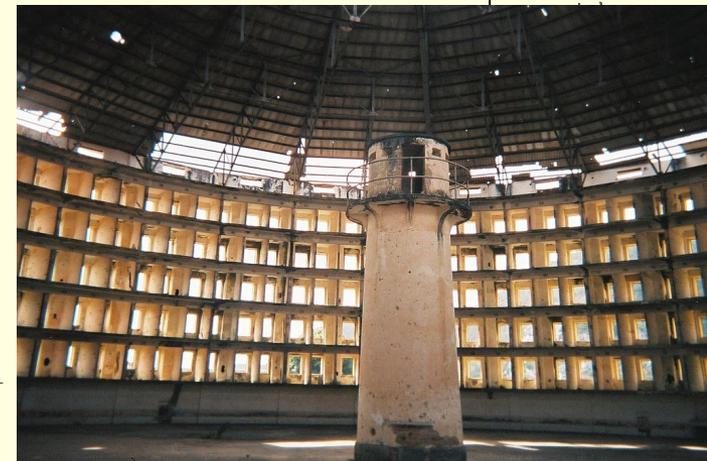


Kontextfreie Daten werden gleichgesetzt mit **bedeutungsvoller Information** als Resultat von **Interpretation** im Kontext sozialer Praxis. Objektbezogene **Verknüpfung** von **Daten** erlaubt – bei Kenntnis der Algorithmen – eine begrenzte Kontext-Rekonstruktion und **suggeriert** damit trotz Uneindeutigkeit und unsicherer Datenqualität vermeintliche **Objektivität** oder **Faktizität** (wie bei Indizienbeweisen). Zudem beschreibt Daten-Interpretation oft eine durch sie erst geschaffene Realität oder bildet gar **soziale Normen**.

Mangelnde Datenqualität: Daten sind meist nicht repräsentativ, fehlerhaft, obsolet oder inkonsistent (»Datenmüll«).

Mangelnde Datensicherheit: Risiken durch Datenverlust, Spionage oder Sabotage (»Cyber-Attacken«; ~Verlust in D: 55 Mrd. €/a).

Datenschutz und Privatsphäre: Wie kann dem Grundrecht auf informationelle Selbstbestimmung noch genüge getan werden? Digitaler **Totalitarismus** – Modell »Panoptikum« (Bentham, Foucault) – ist die derzeit wichtigste und größte Gefahr.



Déjà-vu oder verpasste Lernchancen

Heute wie damals bei der CIM-KI-Euphorie der 1980er Jahre ...

... beherrscht die **technikzentrierte Sicht** die Produktion unter Ausblendung wesentlicher Aspekte der Gestaltung und des produktiven Zusammenwirkens von Mensch und Technik: Heute »intelligente« CPS bzw. MAS, damals wissensbasiertes CIM und »Expertensysteme«.

... werden ähnliche **Anforderungen** an Produktionsprozesse gestellt: numerische und funktionale **Flexibilität** trotz ultimativer Automatisierung, Steigerung der **Produktivität**, »Just-in-time« und »On-demand«, »Losgröße 1«.

... sollen Probleme der **Organisation** von Produktion **technisch** bewältigt werden.

... gibt es visionären Überschwang beim Versuch, vom **Eigensinn** und **Arbeitsvermögen** der lebendigen Arbeit **unabhängig** zu werden – dabei werden Computerleistungen weit überschätzt bei wenig greifbarer Substanz.

... gibt es die **Angst**, dass Automatisierung mehr **Arbeitsplätze** vernichtet als neue schafft.

»**Digitalisierung**« – eine Fehlbezeichnung, die wesentliche Tatsachen vernebelt. Wie schon der »Globalisierung« werden ihr als einer Art unabwendbarer »**Naturgewalt**« alle möglichen, auch unerwünschten **Folgen angelastet**. Sie sind aber meist nicht Ergebnis sich vermeintlich eigenständig entwickelnder Technik, sondern politischer **Regulierung** (Produktionsverhältnisse). **Verkannt** werden dabei die Funktionen des **Internets** als programmierbarem **instrumentellem Medium** (weniger eine technische als eine Medien-Revolution).

Für **Qualifikation** und **Beschäftigung** weit **wirkmächtiger** als Computerfunktionen sind ihre **organisatorische Einbettung** – »Software ist Orgware« – sowie die **institutionellen Bedingungen** ihres Einsatzes (z.B. digitale Plattformen für Crowdfunding, Fahrdienste etc.).



Auf die **Entwicklungsperspektive** kommt es an

Die **Gestaltung soziotechnischer Systeme** muss sich an Eigenheiten menschlichen Handelns und der Entfaltung von Arbeitsvermögen orientieren, um gute Arbeit, Produktivität & Innovation zu ermöglichen.

Technikzentrierte Perspektive:

AI (Artificial Intelligence)

»Smart machines«, »autonome Agenten« – gemäß »intentional stance« vorgetäuschte Attribute (Minsky 1988, Shoham 1993, Wooldridge 2002).

MAS ersetzen Menschen in der Produktion, hohe Flexibilität angestrebt bei nur begrenzter Anpassungsfähigkeit. Arbeitsvermögen wird nachgeahmt, um es möglichst weitgehend zu ersetzen.

Für verbleibende Restarbeit gilt: Behinderung instrumentellen Handelns, »ironies of automation« (Bainbridge 1983), Verlust praktischer Handlungskompetenz, hilflose weil entwöhnte »Bediener«.

Trotz wiederholter AI-Versuche: Erfolgreiche Computernutzung beruht hauptsächlich auf der IA-Perspektive (PC & Internet, Produktion mit WOP, ERP, EDM, DMS etc.).

Praxistheoretische Perspektive:

IA (Intelligence Amplification)

»Things (machines) that make us smart« (Norman 1993; vgl., Engelbart 1962, Ehn 1988, Winograd 1996).

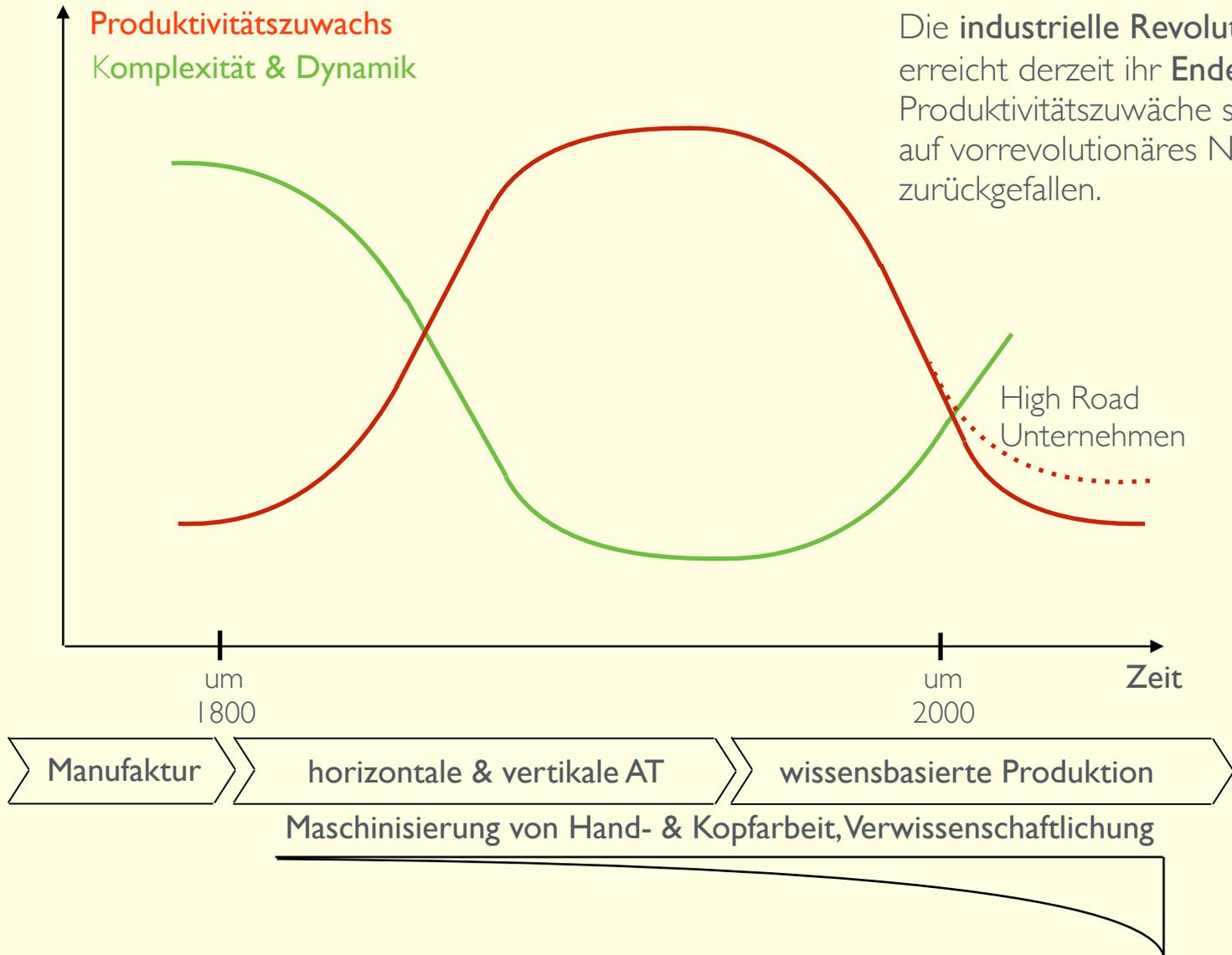
IT unterstützt lebendige Arbeit, ermöglicht Entfaltung von Arbeitsvermögen mit gesteigerter Produktivkraft und Innovationsfähigkeit durch:

Menschengerechte, reflexive Gestaltung von Arbeitsaufgaben, Organisationsformen und technischen Arbeitsmitteln als »Werkzeugen«, gemeinsam ausgerichtet auf stetige Entfaltung lebendigen Arbeitsvermögens (Handlungskompetenz).



Verlauf der Industrialisierung

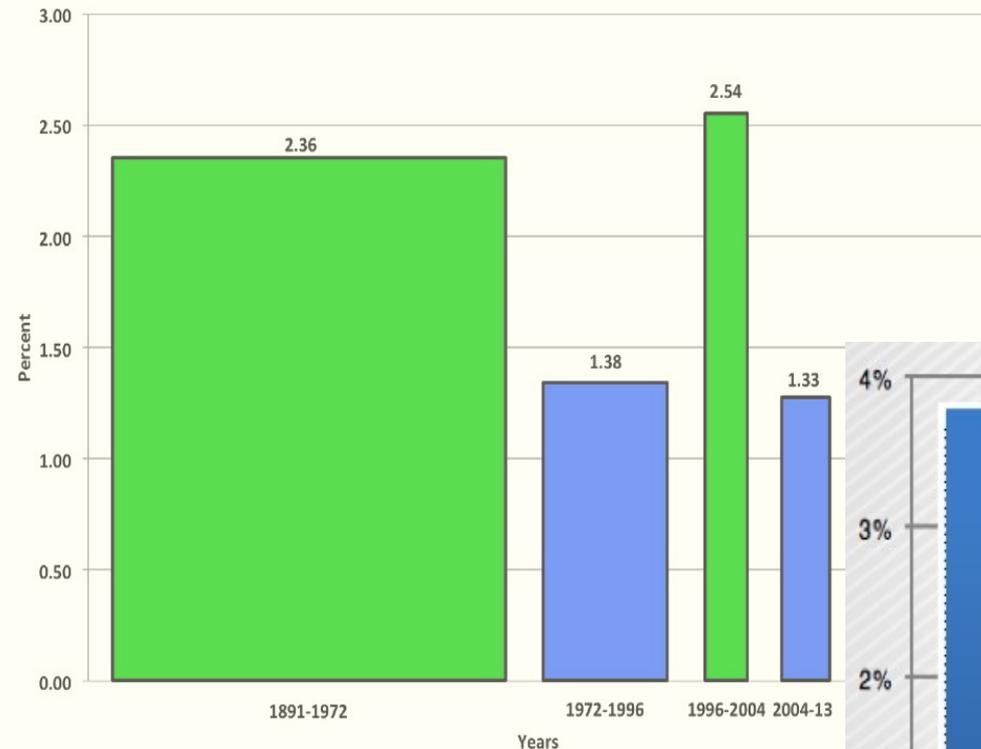
Wandel industrieller Produktionsprozesse



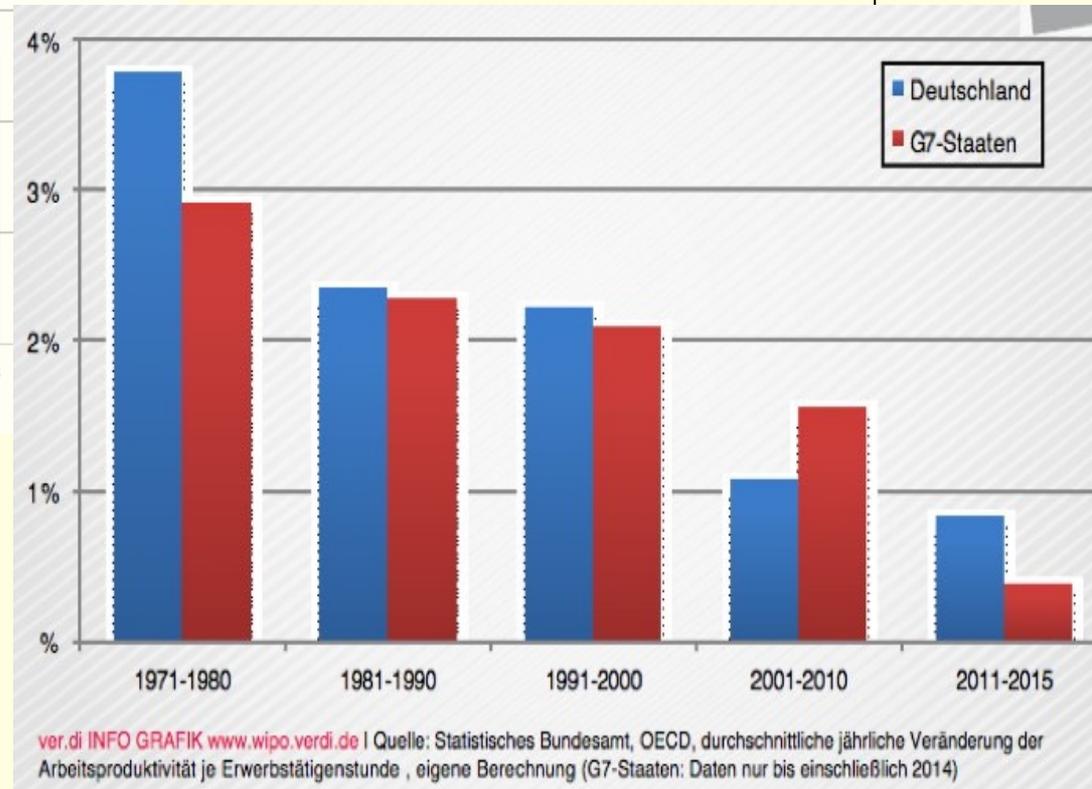
Säkularer Niedergang der **Arbeitsproduktivität**

Figure 5. Annualized Growth Rates of Output per Hour, 1891-2013

USA



(Quelle: Gordon R.J., 2014: The Demise of US Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections, NBER Working Paper: 20)



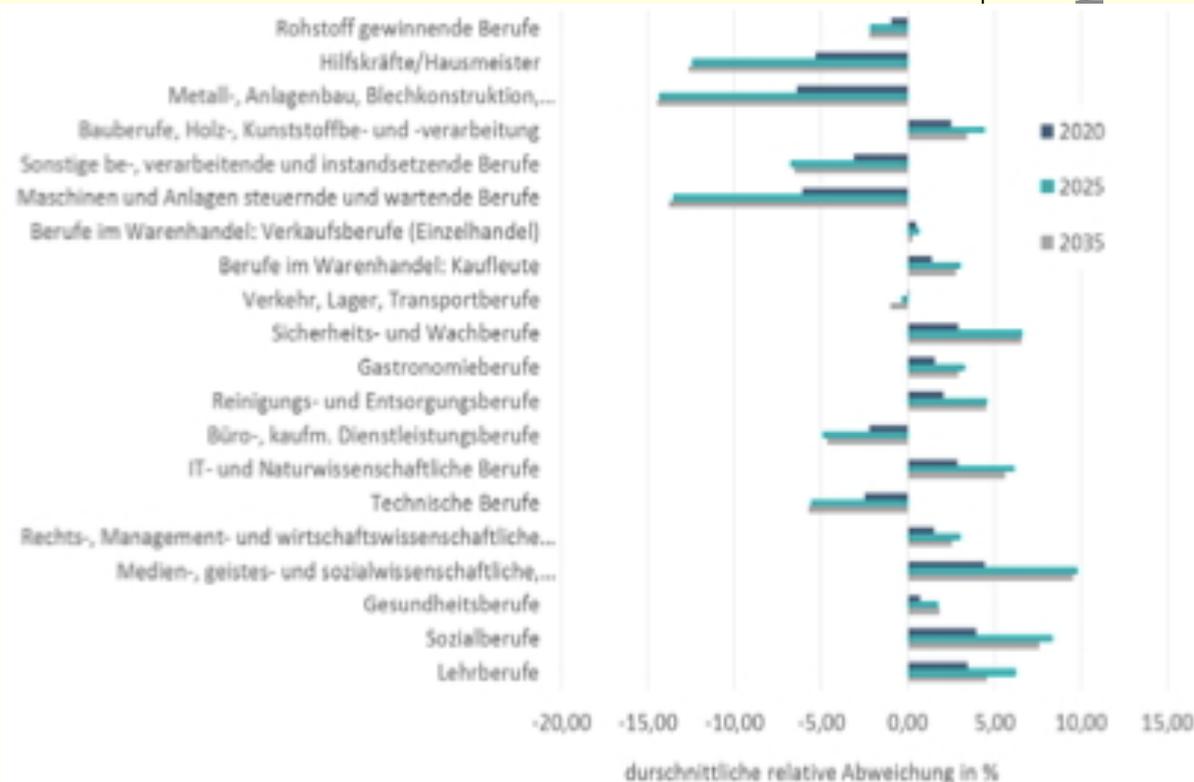
ver.di INFO GRAFIK www.wipo.verdi.de | Quelle: Statistisches Bundesamt, OECD, durchschnittliche jährliche Veränderung der Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigenstunde, eigene Berechnung (G7-Staaten: Daten nur bis einschließlich 2014)

Szenarien für **Arbeit** und **Beschäftigung**

Entgegen apokalyptischen Vorstellungen über Folgen von Industrie 4.0 für **Arbeit** und **Beschäftigung** sind eher moderate, evolutionäre Veränderungen zu erwarten. Modellbasierte gesamtwirtschaftliche **Szenarien** des IAB ergeben für Deutschland u.a. folgende **Resultate**:

- **Komplexität** und **Dynamik** von Arbeits- und Wertschöpfungsprozessen werden weiter **zunehmen** und damit **wachsende Anforderungen** an das menschliche **Arbeitsvermögen** stellen. Beruflich wie akademisch qualifizierte Fachkräfte stehen vor wachsenden Anforderungen an IT-Kompetenz, Problemlösungskompetenz und »soft skills«. Unqualifizierte Arbeit schrumpft.
- Am Umfang der **Gesamtbeschäftigung** wird sich – von Gesamtnachfrage-Einflüssen abgesehen – **wenig ändern**. Dagegen sind beträchtliche **Verschiebungen** zwischen Branchen und Berufen zu erwarten. Allgemein werden produzierende zugunsten dienstleistender Tätigkeiten abnehmen.

Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern im Vergleich zum Referenz-Szenario (Quelle: IAB-Forschungsbericht 13/2016)



Fazit: »Künstliche Intelligenz« – der große Bluff

(1) Trotz aller Posaunenklänge von »künstlicher Intelligenz« und »Selbstorganisation« sind KNN & MAS tatsächlich **keine** »autonomen Systeme« (wie stets behauptet), sondern als **adaptive Automaten konstruiert** – ein grotesker »Etikettenschwindel.

(2) Für **spezielle Aufgaben** lassen sich ggf. algorithmische **Lösungsverfahren** finden und als **adaptive Automaten** realisieren, die aber nur sehr **begrenzt** auf **andere Aufgaben übertragbar** sind. Meist ist die **aufwendige Entwicklung** jeweils **eigener Methoden** erforderlich, oft mit mehr Aufwand als Nutzen. »KI«-Methoden sind daher **keine Allzweckwaffe** (»general purpose technology«; Brynjolfsson et al. 2017).

(3) Ironischerweise beruhen erfolgreiche **adaptive Systeme** – mangels theoretischer Einsichten – **ausschließlich** auf der **Erfahrung** und **Kreativität**, dem **Können (Arbeitsvermögen)** ihrer **Entwickler. Hinzugekommen** sind allerdings exponentiell **gesteigerte Leistungen** der Hardware (Taktfreq., Speicherkap., Bandbreite, Sensorik), die bislang Unmögliches erlauben.

(4) Das **Verhalten** adaptiver Systeme ist nur schwer oder gar **nicht zu durchschauen** oder **zu erklären**, zudem äußerst **störanfällig**. In Form von KNN oder Verfahren schließender Statistik liefern sie stets nur **wahrscheinliche**, daher prinzipiell **unsichere Ergebnisse**. Das macht **instrumentelles Handeln** mit ihnen **schwierig** bis unmöglich; für diese Hoch-Risiko-Systeme ist daher **Transparenz & Kontrolle** ihrer algorithmischen Funktionen zu fordern.

(5) Das **Wichtigste**: Folgen für **Wohlstand, Qualifikation** und **Beschäftigung** hängen v.a. von vorherrschenden **institutionellen Bedingungen** und der soziotechnischen **Gestaltungsperspektive** ab. Statt sich der Technikfaszination zu ergeben, müssen diese im **Fokus** politischer **Einflussnahme** stehen.

