

# **Zukunft des Verhältnisses Mensch und Autonome Maschine**

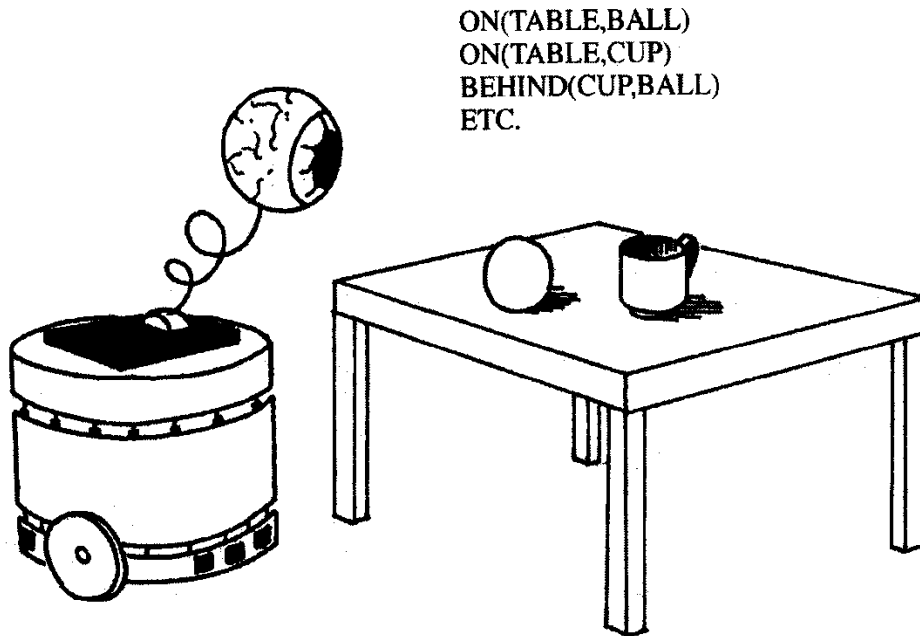
## *Perspektiven verantwortungsbewusster Gestaltung*

Prof. Dr. Klaus Mainzer  
Graduate School of Computer Science  
Carl von Linde Akademie  
Technische Universität München

- 1. Vom vorprogrammierten zum autonomen Roboter**
- 2. Von IT-Netzwerken zu autonomen Infrastrukturen**
- 3. Autonome Systeme und Big Data**

# 1. Vom vorprogrammierten zum autonomen Roboter

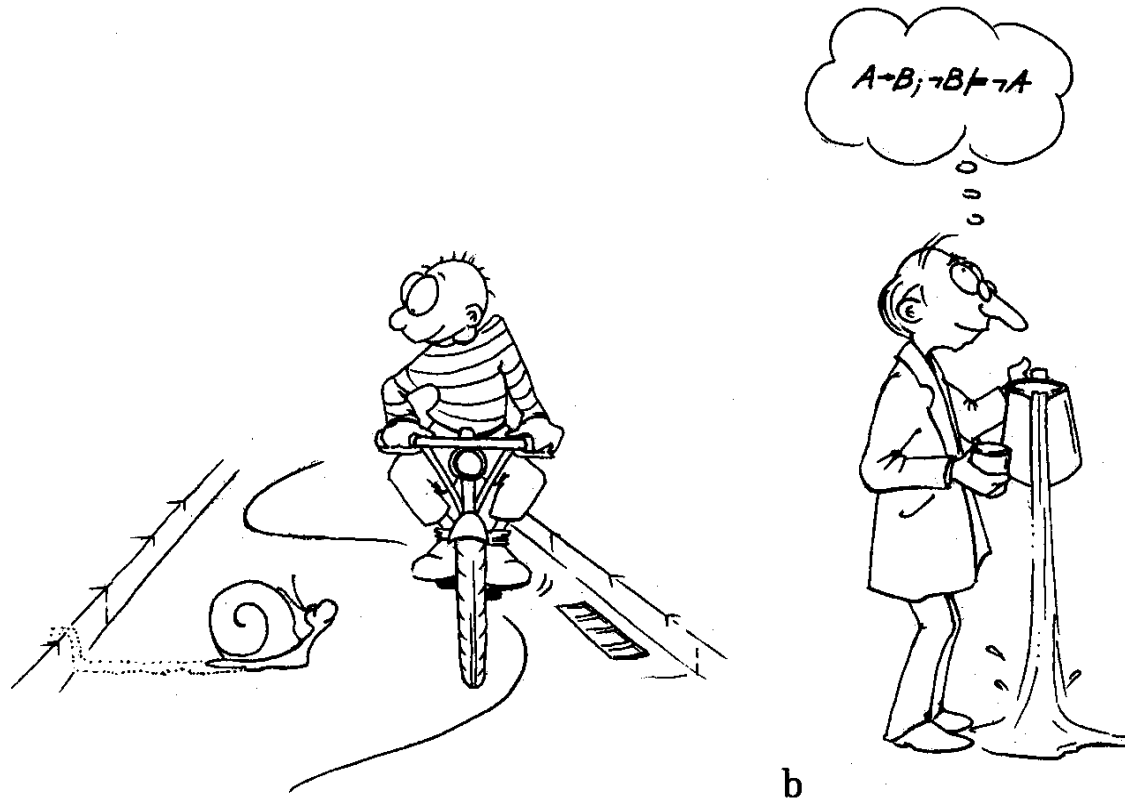
# Roboterwelt und Computerprogramm



Ein *klassischer Roboter* benötigt eine *vollständige symbolische Repräsentation* der Umwelt in einem *Computerprogramm*, das *ständig angepasst* werden muss („*updating*“), wenn die Position des Roboters sich ändert. Wie kann der Roboter *unvollständiges Wissen* vermeiden? Wie kann er zwischen *Realität* und seiner *Perspektive* einer Situation unterscheiden?

Menschen benötigen *kein Computerprogramm* und *kein symbolisches Updating* von Situationen. Sie interagieren über Sensoren *körperlich* mit ihrer *Umwelt (embodied cognition)*.

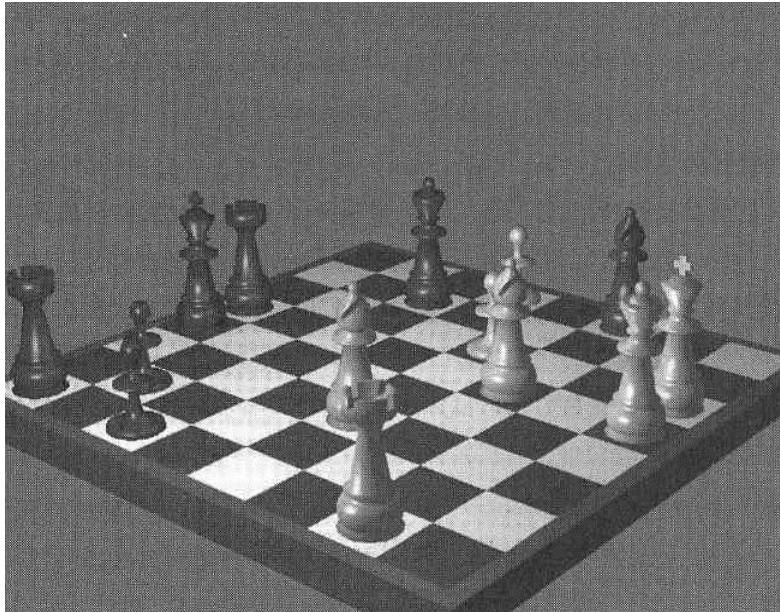
# Körperliche Interaktion und Rationalität



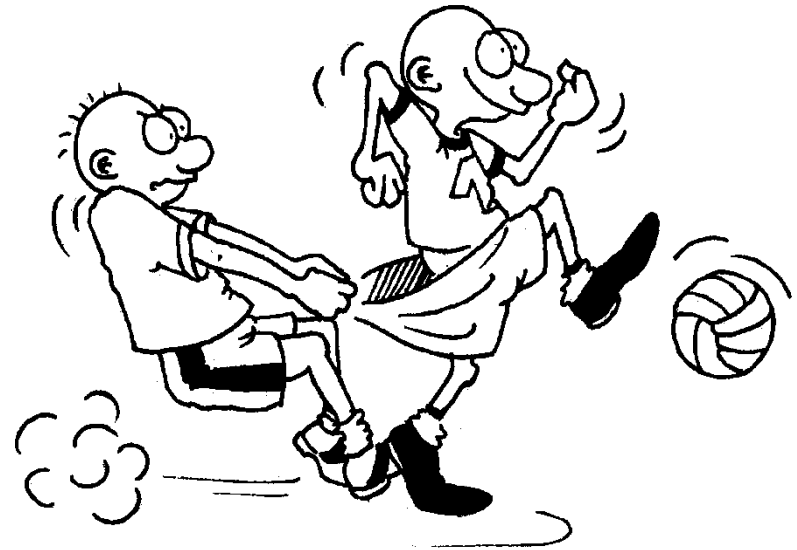
***Rationale Gedanken mit interner symbolischer Repräsentation (b) garantieren kein rationales Handeln.***

***Rationales Handeln in plötzlichen Situationsänderungen (a) hängen nicht von internen Repräsentationen und logischen Ableitungen ab, sondern von blitzschnellen körperlichen Signalen und Interaktionen.***

# Formales und körperliches Handeln

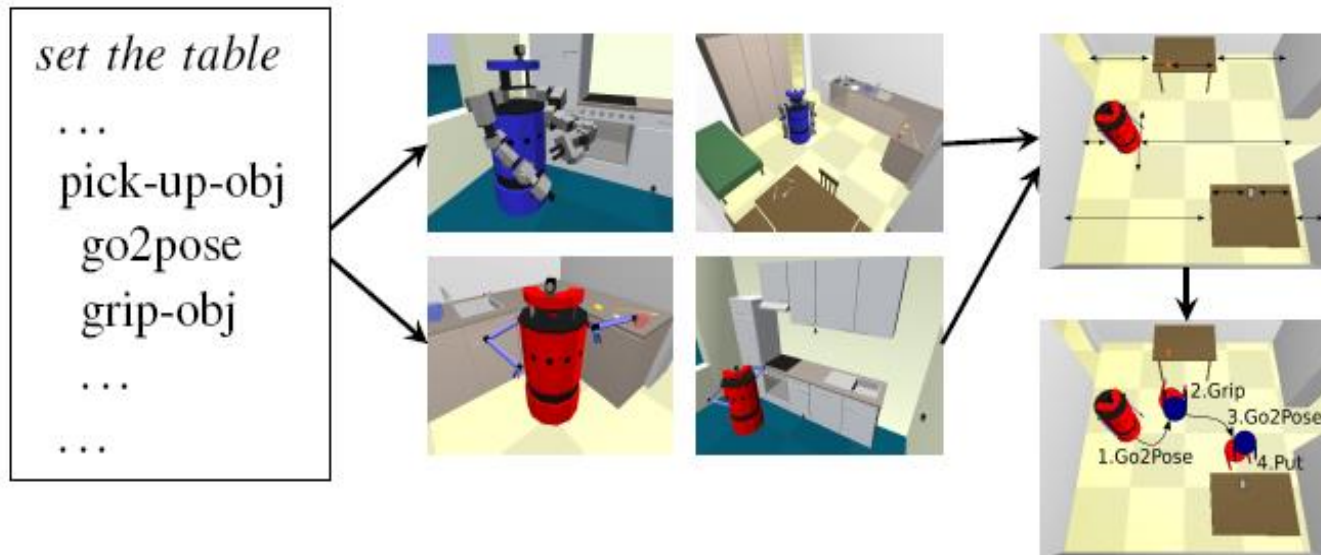


***Schach ist ein formales Spiel mit vollständiger symbolischer Darstellung, präzisen Spielstellungen und formalen Operationen.***



***Fußball ist ein nicht-formales Spiel mit Fähigkeiten („skills“), die von körperlichen Interaktionen ohne vollständige Repräsentation von Situationen und Operationen abhängen (embodiment). Situationen sind nie exakt identisch – wie im wirklichen Leben ...***

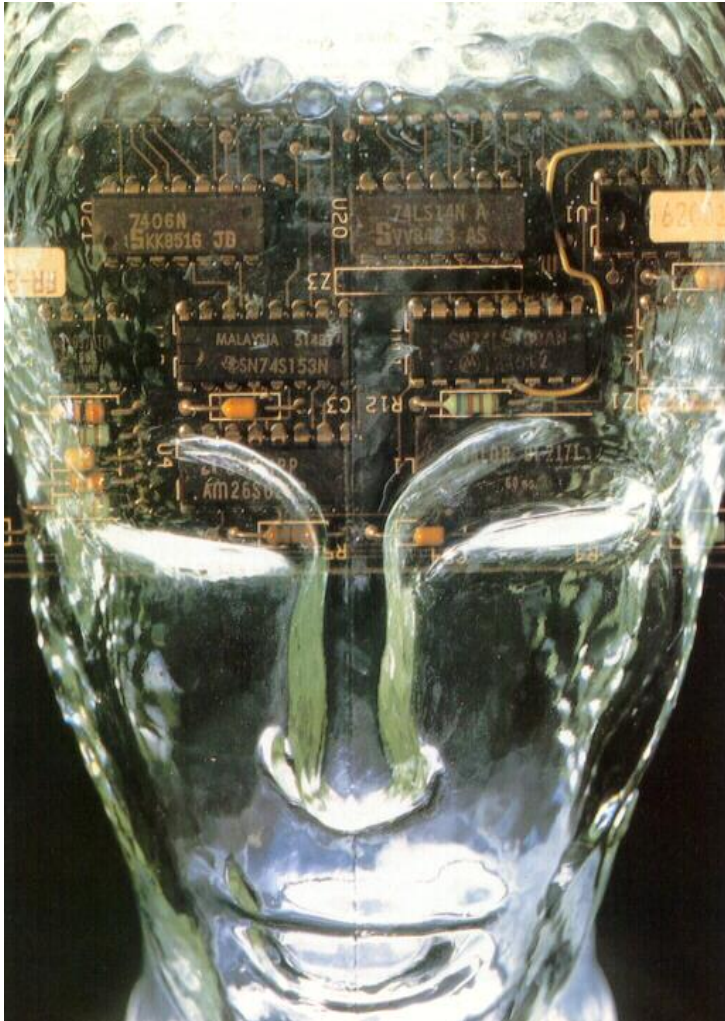
# Autonome und kognitive Roboter



**Roboter** können nicht vollständig für jede Anwendung programmiert werden. Das Programm *lernt aus Erfahrung*, wo man stehen muss, um ein Glas aus einem Schrank zu nehmen, wie Küchengeräte am besten zu ergreifen sind, wo Besteck zu suchen ist etc. Dazu muss das **Kontrollsystem** die *Parameter der Kontrollroutinen* kennen und über *Modelle* verfügen, wie die Parameter das *Verhalten* ändern.



# Kognitive Roboter und menschliches



**Gehirn**  
In der Gehirnforschung werden *kognitive Zustände* mit *komplexen Mustern neuronaler Schaltkreise* korreliert, die durch *lokale Aktionspotentiale* erzeugt werden.

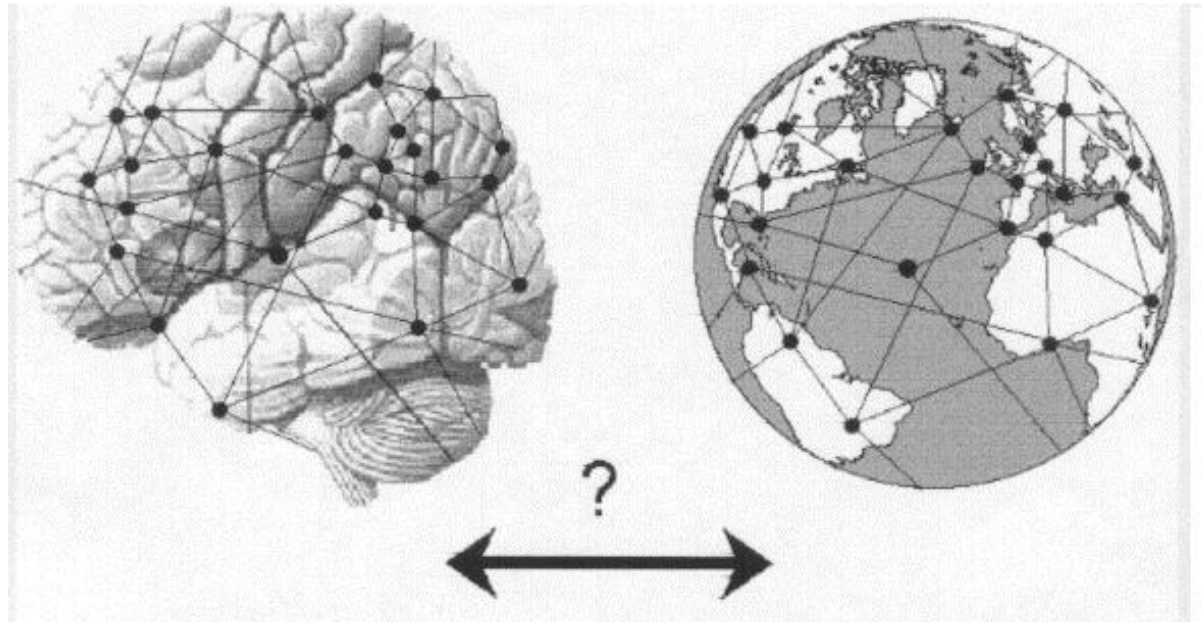
*Lokale Aktionspotentiale* von Neuronen und ihre Musterbildung durch *Hodgkin-Huxley Gleichungen* berechenbar (Mainzer/ Chua, 2013).

**Berechenbare  
Robotergerhirne sind das  
Ziel des *Human Brain***



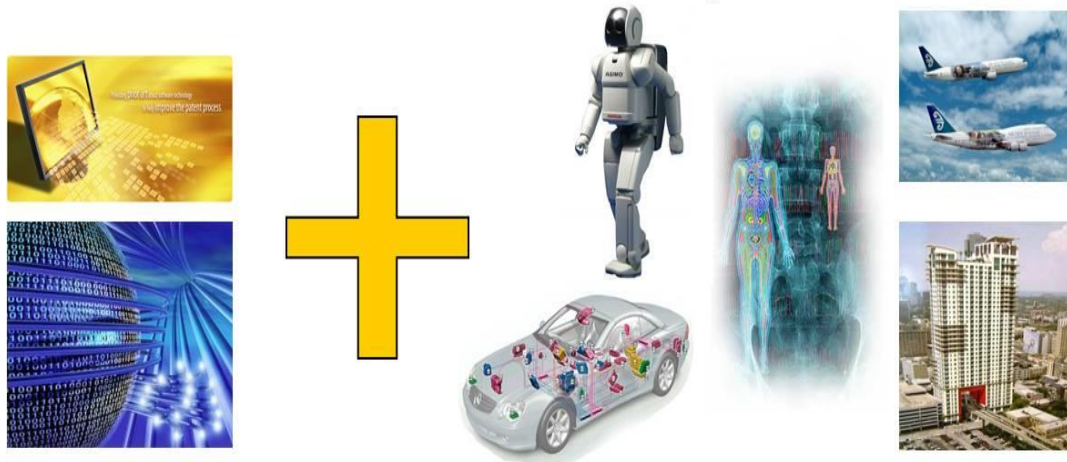
## **2. Von IT-Netzwerken zu autonomen Infrastrukturen**

# Selbstorganisation von Informations- und Kommunikationsnetzen



**Die Netzstruktur des World Wide Web erinnert mittlerweile an die Vernetzung von Zellgeweben und Arealen des Gehirns. Intelligente Informationssuche und Selektion orientiert sich an Logik, Lern-, Kognitions- und Gehirnforschung, um geeignete Algorithmen nach dem Vorbild menschlicher Informationsbewältigung („Soft Computing“) zu entwickeln.**

# Von Informations- und Kommunikationsnetzen zu autonomen Infrastrukturen



*Soziotechnische Systeme sind in die Infrastrukturen der Gesellschaft integriert, beobachten mit Sensoren und interagieren mit Aktuatoren über kybernetische Lernalgorithmen. Diese "Cyberphysical Systems" ermöglichen Dienstleistungen am Menschen.*

**Cyberphysical Systems sind mit ihrer Umwelt *vernetzt*, lernfähig und *robust* gegen Störungen, *passen sich an* und reagieren *sensibel* auf Veränderungen (*Resilienz*). *Anwendungen*: Arbeitsplatz, Haushalt, Alten- und Krankenpflege, Verkehrssysteme, Luftfahrt et al.**

# Evolution von autonomen Infrastrukturen



Vision: Internet der Dinge, Daten und Dienste  
z. B. Smart City

Cyber-Physical Systems  
z. B. intelligente vernetzte Kreuzung

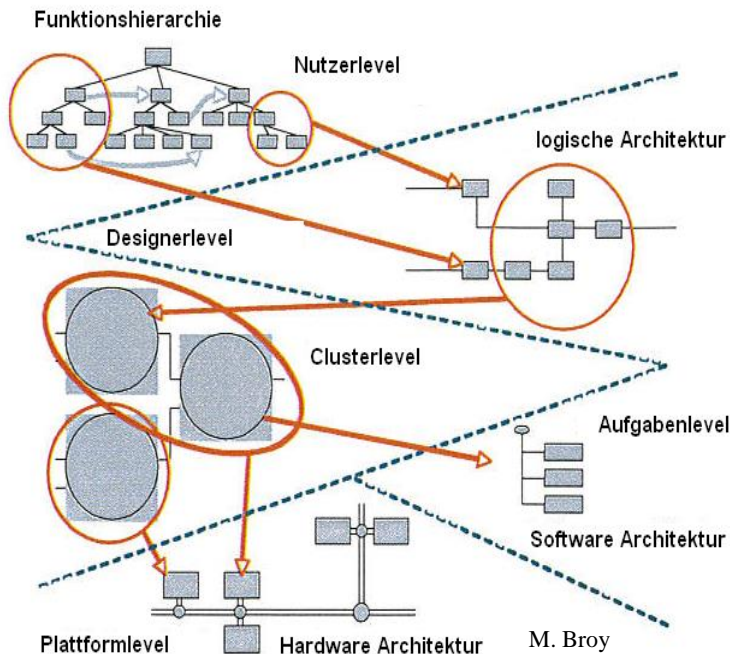
Vernetzte eingebettete Systeme  
z. B. autonomes Fliegen

Eingebettete Systeme  
z. B. Airbag

Im Rahmen *sich selbst organisierender Fach-, Anwendungs- und Interessengruppen* entstehen Anforderungen und Nachfragen nach *neuen Diensten und integrierten Lösungen*.

Durch die zunehmend *versteckte RFID- und Sensortechnologie* entsteht das *Internet der Dinge*. Für das *Internet der Dienste* werden Angebote und Technologien im Bereich *Online-Handel* bzw. *Online-Dienstleistungen* und *Medienwirtschaft* immer umfassender ausgebaut.

# Automobile als autonome Systeme



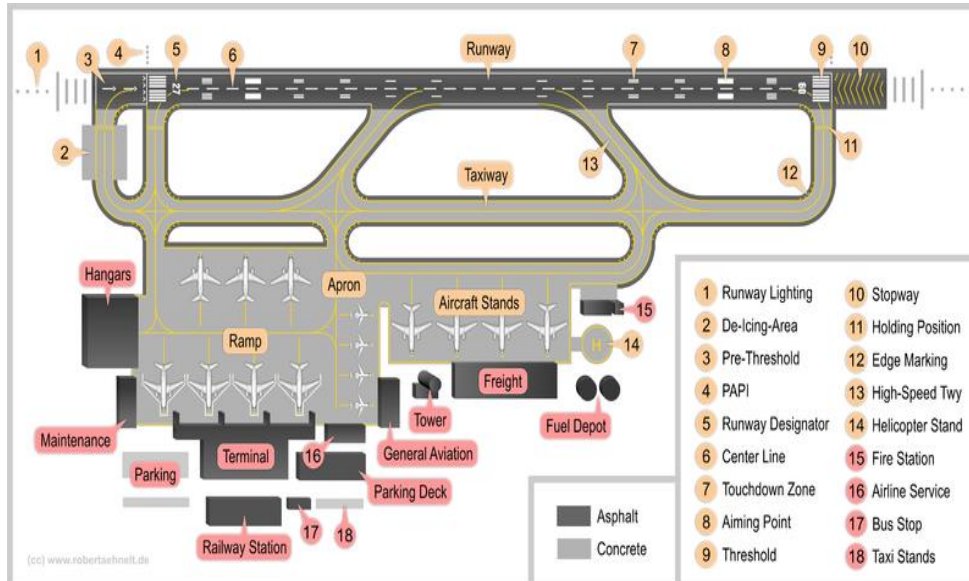
***Komplexe Multifunktionalität*** erfordert eine klare Hierarchie der Abläufe von Nutzer bis zur Hardware. Die Anordnung von *Funktionen* muss dem *Nutzer* verständlich sein.

Für den *Designer* muss die *Funktionshierarchie* in ein verteiltes System interagierender Komponenten zerlegt werden (*logische Architektur*). Die *Komponenten* werden als *kommunizierende Zustandsmaschinen* mit Input und Output dargestellt, mit denen die *Funktionen* (durch *Protokolle* und *abstrakte Algorithmen*) realisiert werden.

Auf der *Clusterebene* wird die logische Architektur für die *Software Architektur* arrangiert. In der *Software Architektur* werden einzelne *Aufgaben* mit einem *Bussystem* verbunden. Das *Hardwaresystem* besteht aus technischen Komponenten wie z. B. Sensoren, Aktuatoren, Schaltkreisen, elektrischen Kontrolleinheiten.



# Autonome Infrastrukturen



***Komplexe Systeme*** (z.B. Infrastruktur eines Flughafens) bestehen aus *vielen unterschiedlichen* und *rückgekoppelten Komponenten*. Sie sind häufig nur *teilweise formalisiert*, so dass es *keine gemeinsame Semantik* gibt. Ihre ***Konsistenz*** und ***Vollständigkeit*** kann daher *nicht insgesamt überprüft* werden.

**UML** („*Unified Modeling Language*“) u.a. sind nur *pragmatische Notationen* für *Dokumentationen*, die *nicht* den *logischen Ansprüchen* einer Modellierung genügen und daher auch *keine Konsistenz*, *Vollständigkeit* und *Korrektheit* in den Abläufen komplexer Systeme *garantieren* können.



# Smart Cities und autonome Infrastrukturen



**Von Bürgerservice, Wohnen und Mobilität über Bildung, Energie- und Gesundheitswesen bis zur öffentlichen Sicherheit reichen die Anwendungsfelder smarter Technologien.**

**Globale Urbanisierung ist eine Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Wegen des gewaltigen Datenaufkommens ist eine Stadt als Knotenpunkt menschlichen Lebens auf *intelligente Technologien* für *effiziente und vernetzte Infrastrukturen* angewiesen.**

The screenshot shows the Amsterdam Smart City website. At the top, it says "amsterdam smart city". Below the header, there are several sections: "TWEETS" with a tweet from TheTechGang, "TIP OF THE WEEK" with a tip about roof insulation, and "LATEST NEWS" with an article about solar energy. A prominent blue callout box titled "Moet je Watt" describes a project to test smart meters. The main content area features a 3D map of Amsterdam with various icons representing smart city projects. A vertical timeline on the left shows the years 1990 and 2006. At the bottom, there is a navigation menu with links like Home, Projects, About ASC, Join, Trailer, Pressroom, Knowledge center, Contact, and Social. The footer includes logos for AIM+ and the European Union, along with a note that the project is financed with support from the European fund for regional development.

# Smart Grids und intelligente Stromnetze

## Intelligente Stromnetze

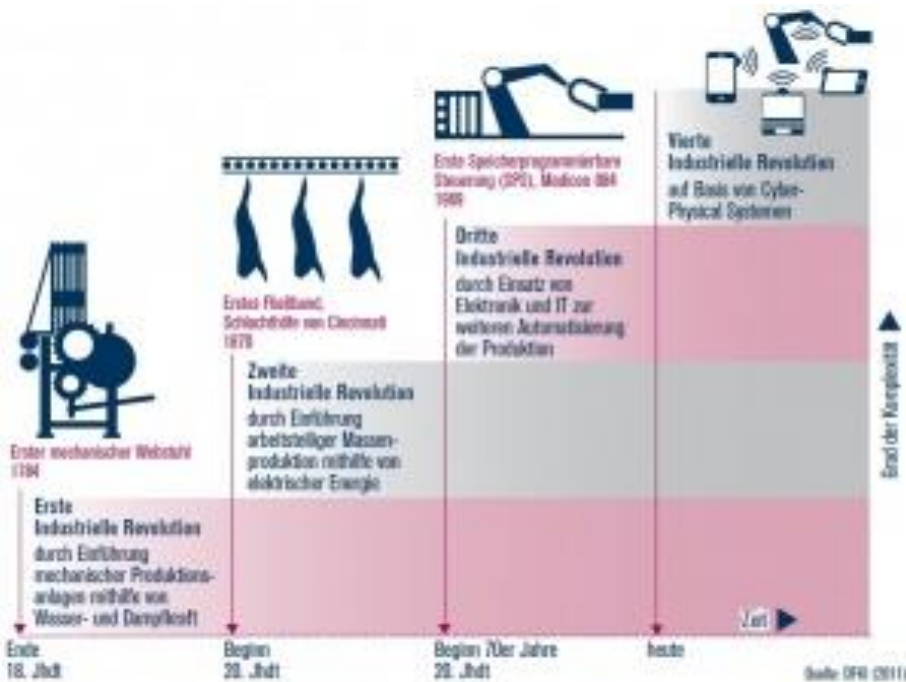
Die Zukunftsvision: ein Netzwerk integrierter Mininetze, das sich selbst kontrolliert und repariert.



**Viele *dezentrale Stromversorger* aus *fossilen Primärenergien* und *erneuerbaren Energien* (z.B. Photovoltaik, Windkraft, Biogas) führen zu *komplexen Netzen*. Um die *Steuerung*, *Lastenverteilung*, *Speicherung* und *Erzeugung* elektrischer Energie *ganzheitlich* zu *organisieren*, bedarf es *intelligenter Informationssysteme*.**

**Bei *Smart Grids* gehen *Energiesystem* und *Informations- und Kommunikationssysteme* eine *Symbiose* ein. Wohn- und Bürohäuser sind *zugleich Verbraucher* und *Produzenten* von Energie (z.B. kleine Sonnenkraftwerke). *Große Solaranlagen* (z.B. Desertec) oder *Windräderparks* sind ohne *Smart Grids* nicht denkbar.**

# Von der industrielle Revolution zu autonomen Infrastrukturen



Die *erste industrielle Revolution* brachte die Dampfmaschine. Die *zweite industrielle Revolution* brachte Fließband, Serienfertigung und Arbeitsteilung. Die *dritte industrielle Revolution* setzte zusätzlich Steuerungssysteme, Roboter und Leiterplatten ein.

In der *vierten industriellen Revolution* (Industrie 4.0) werden *Cyberphysical Systems* („Internet der Dinge“) auf die Industrie angewendet. Produktion, Vertrieb und Handel werden zu einem zu einem *sich weitgehend selbst organisierenden System*.

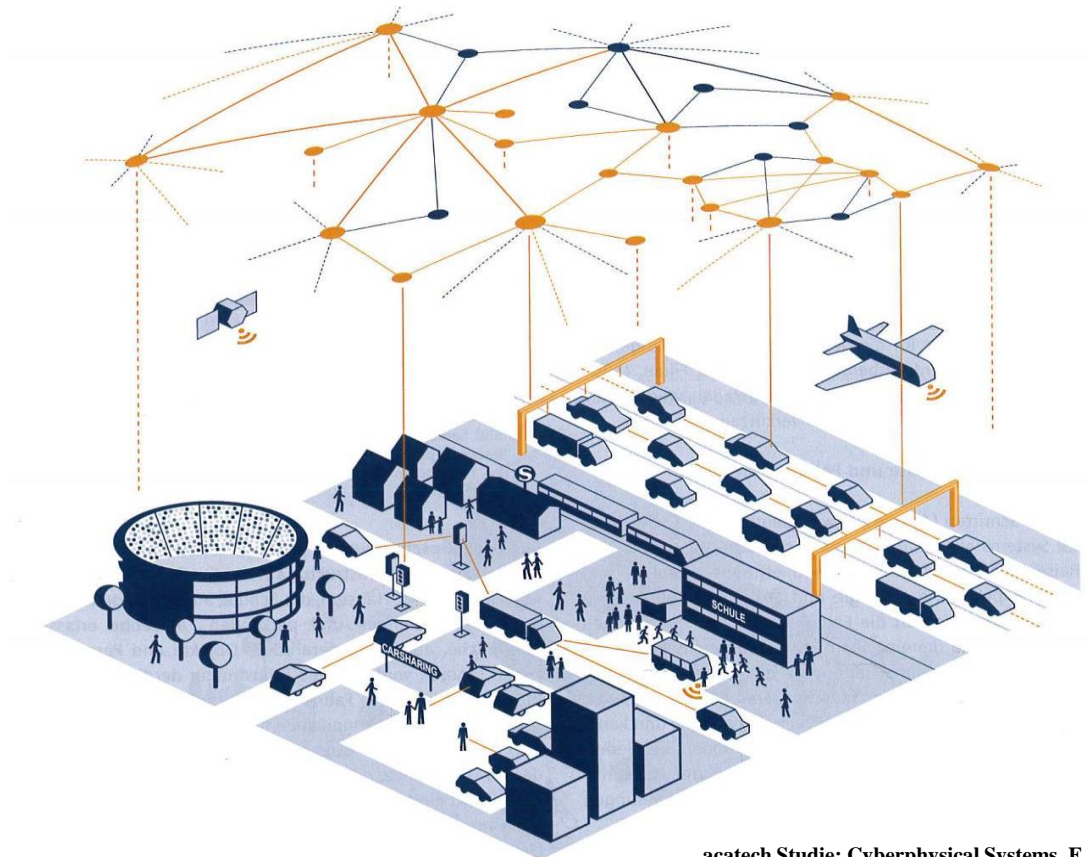


# Industrie 4.0 als Internet der Dinge

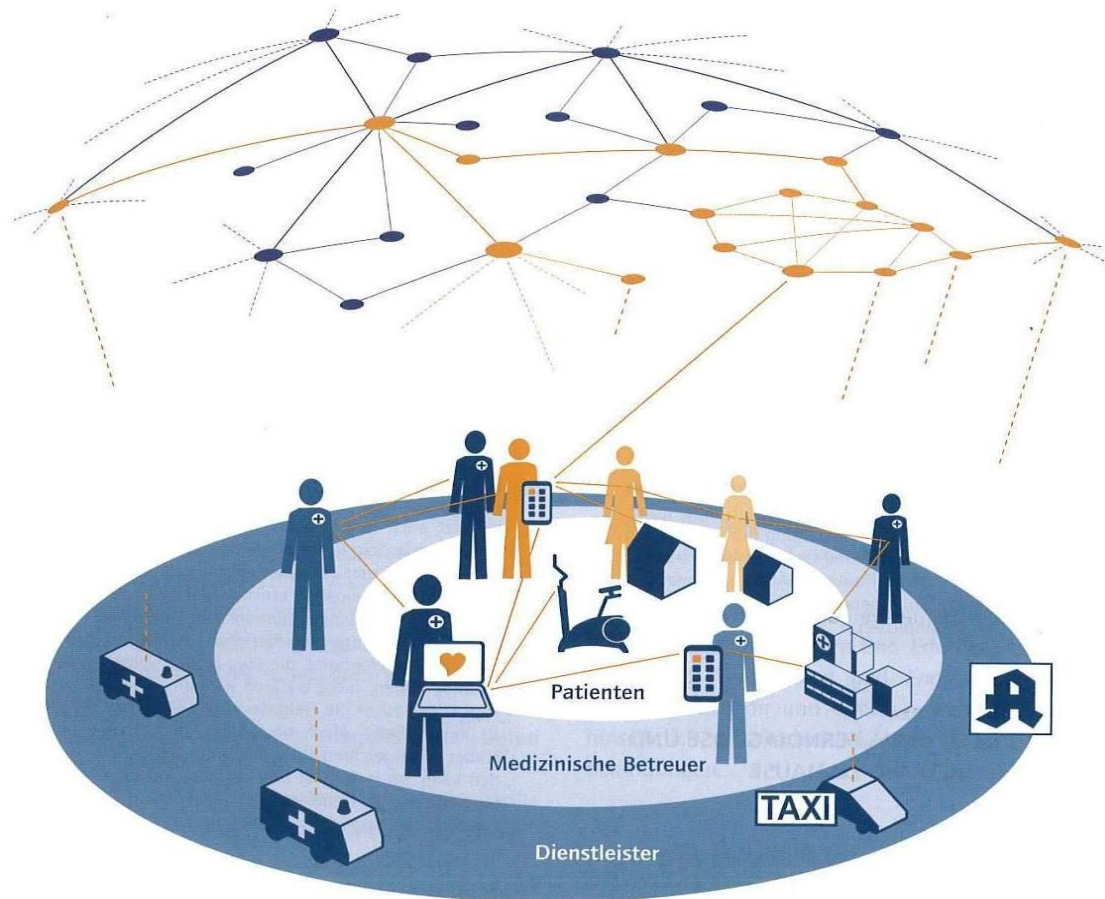


Das *Internet der Dinge* lässt „*Dinge*“ (nicht nur Menschen) über Sensoren und intelligente Schnittstellen *kommunizieren*, z.B. Produkt mit Werkbank, Transportgeräten und Vertrieb. Produktion „*on demand*“ und auf individuelles Kundenprofil („*tailored*“) zugeschnitten wird möglich.

# Komplexe Mobilitätsnetze als soziotechnische Systeme

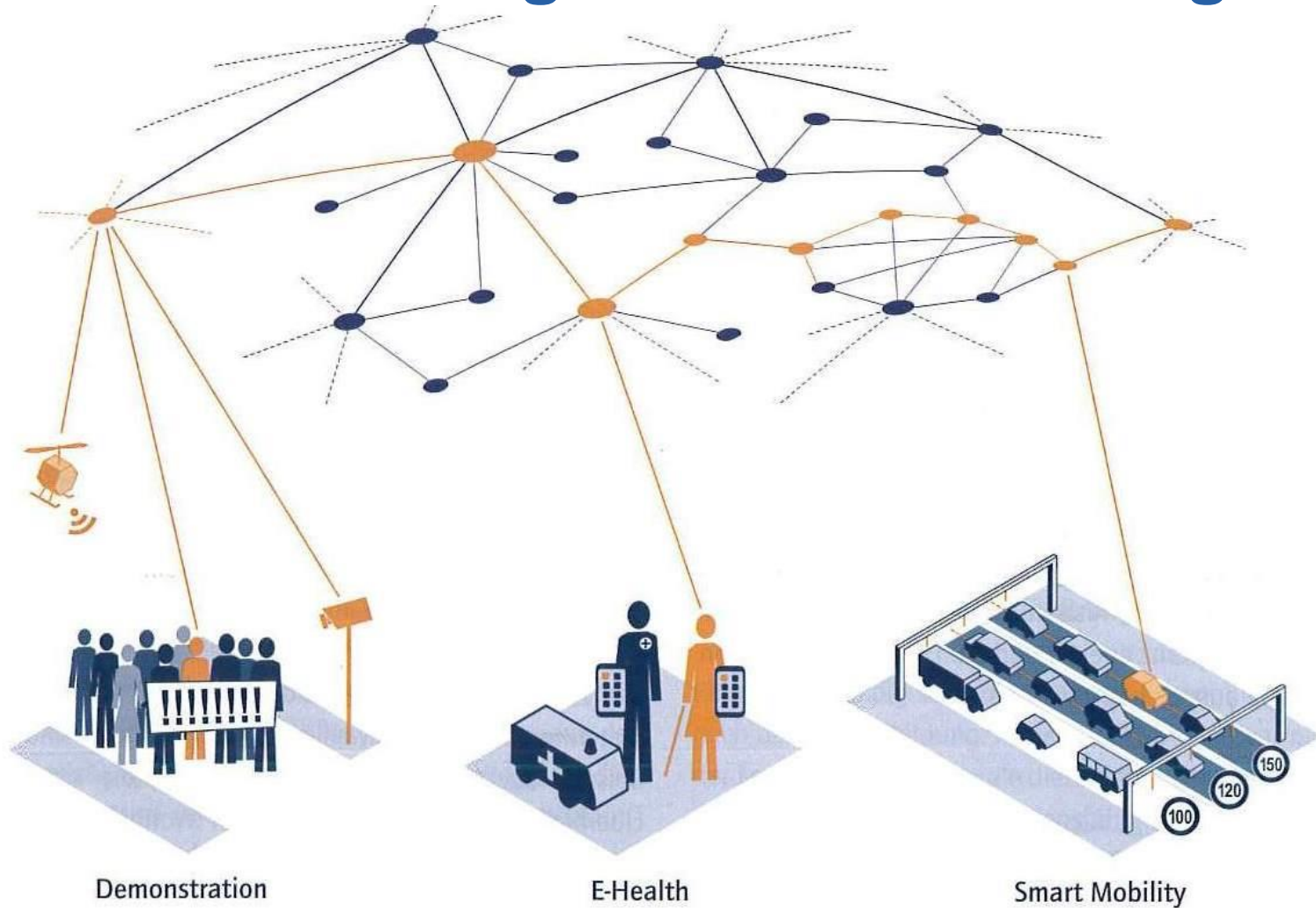


# Komplexe Gesundheitszentren als soziotechnische Systeme

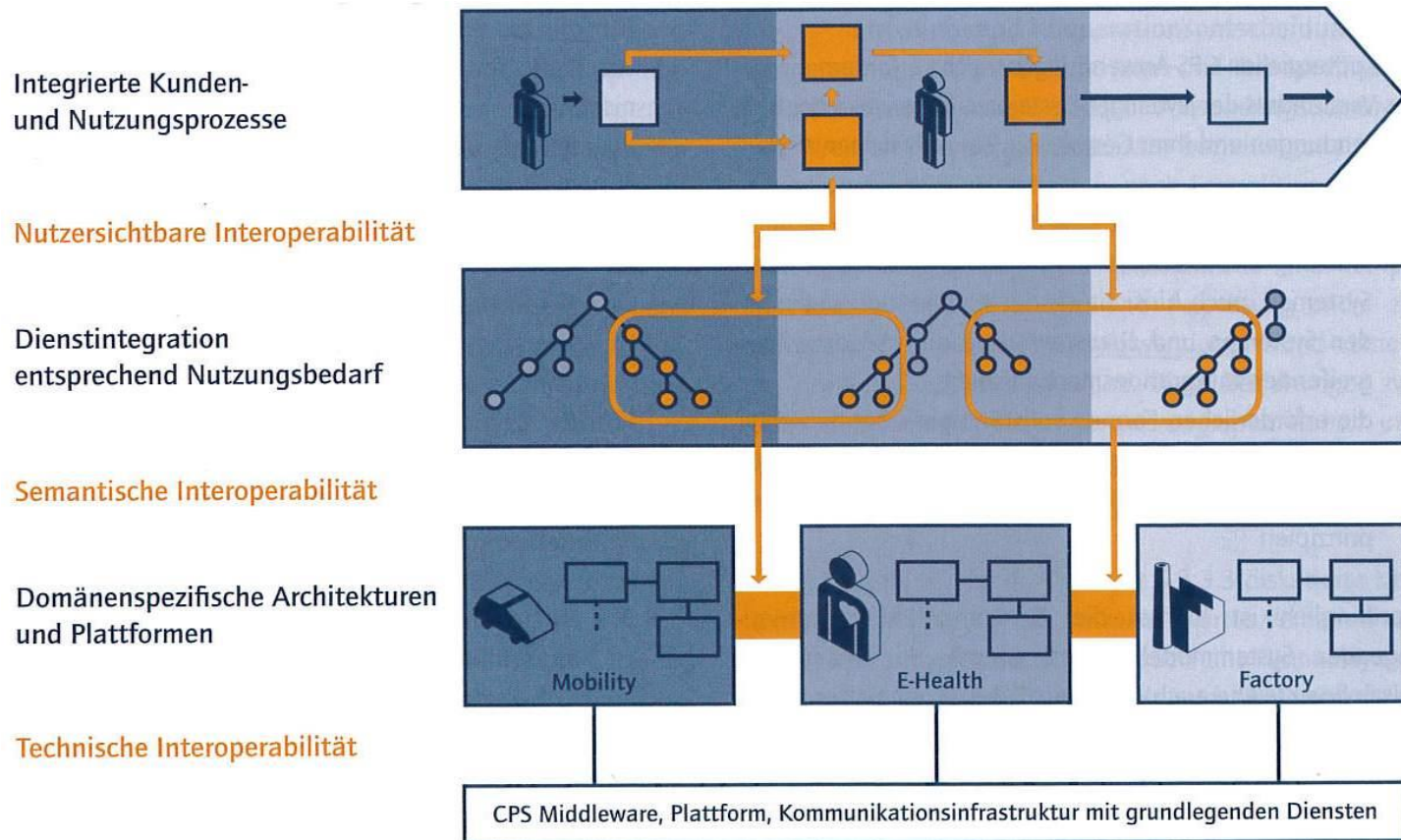




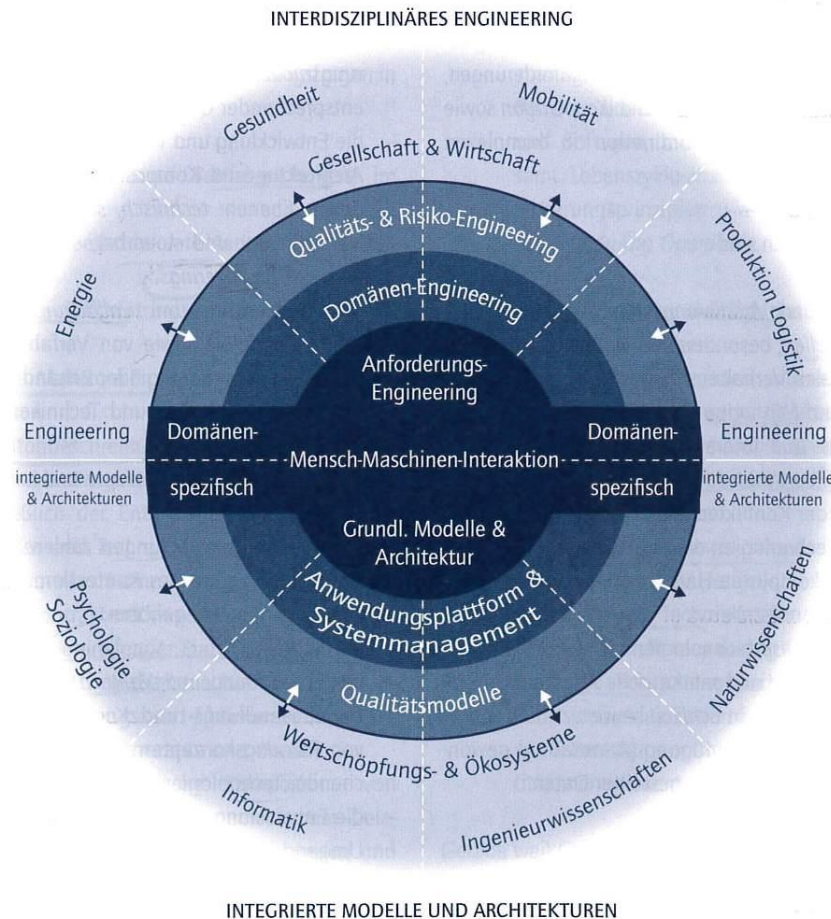
# Risiken von globalen Vernetzungen



# Integration von Domänen in komplexen soziotechnischen Systemen

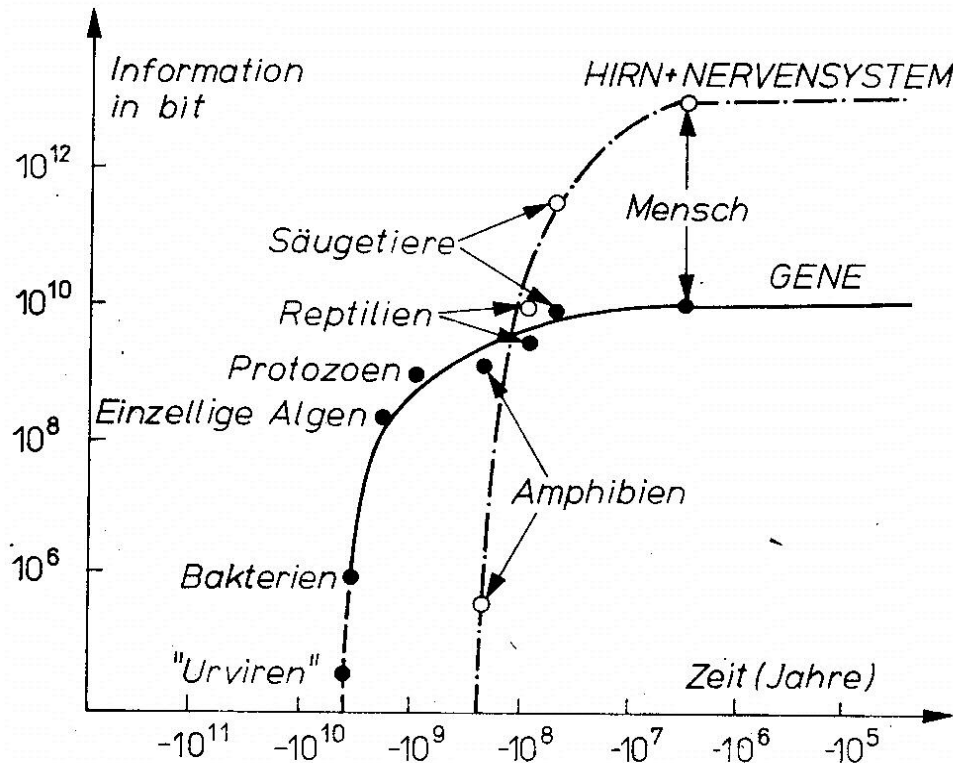


# Komplexe soziotechnische Systeme erfordern integrierte Forschung von Technik- und Humanwissenschaften !



# 3. Autonome Systeme und Big Data

# Evolution von Information: Darwins Gesetz



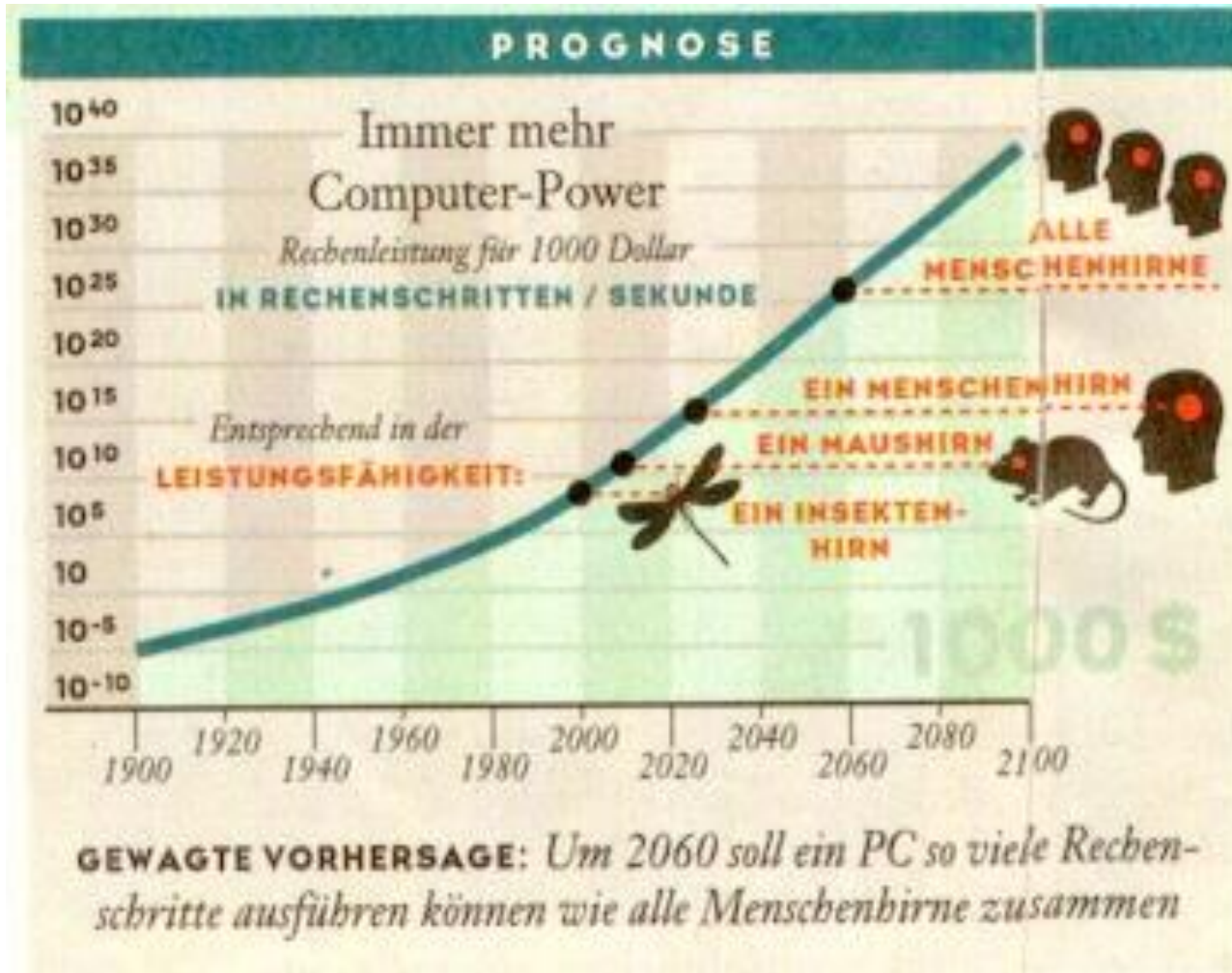
In der *Evolution* entwickelten sich neue Formen der *Informationsspeicherung*:

- *genetische Information*
  - *neuronale Information*
  - *extrasomatische Information*
- Beim Menschen werden ca.  $10^{10}$  bit *genetische Information* von ca.  $10^{14}$  bit *neuronale Information* überragt.

Seit  $10^3$  Jahren entwickelt die Menschheit *extrasomatische Informationsspeicher* (z.B. Bibliotheken, Datenbanken, Internet, Roboter, Cyberphysical Systems), deren *Informationskapazität insgesamt* die Informationen in *einzelnen Gehirnen* weit überschritten hat.

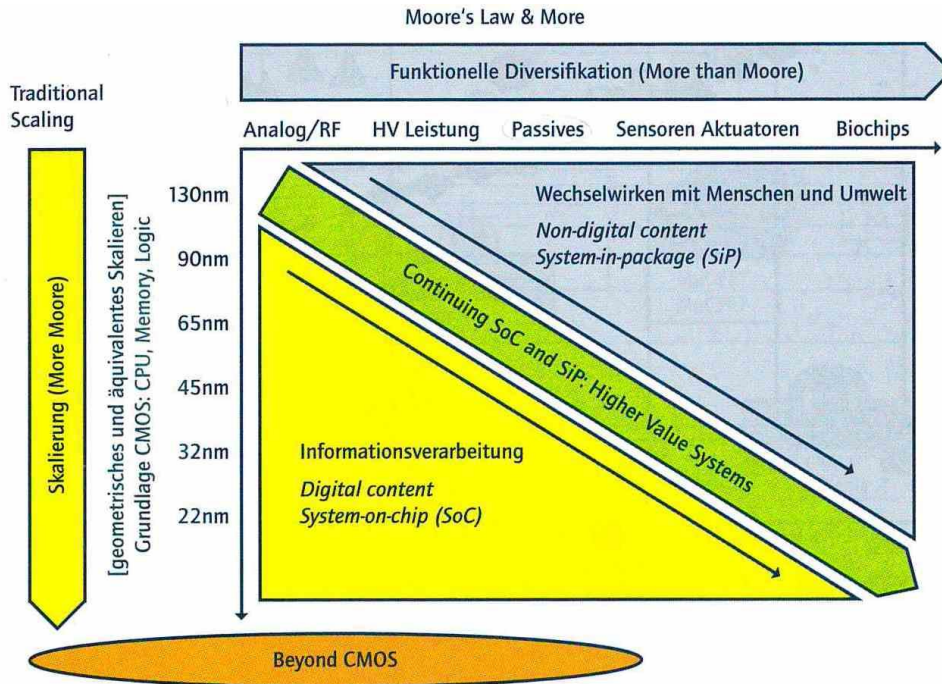


# Ko-Evolution der Rechenkapazität: Moores Gesetz





# Von "More Moore" zu "More-than-Moore" Technologien

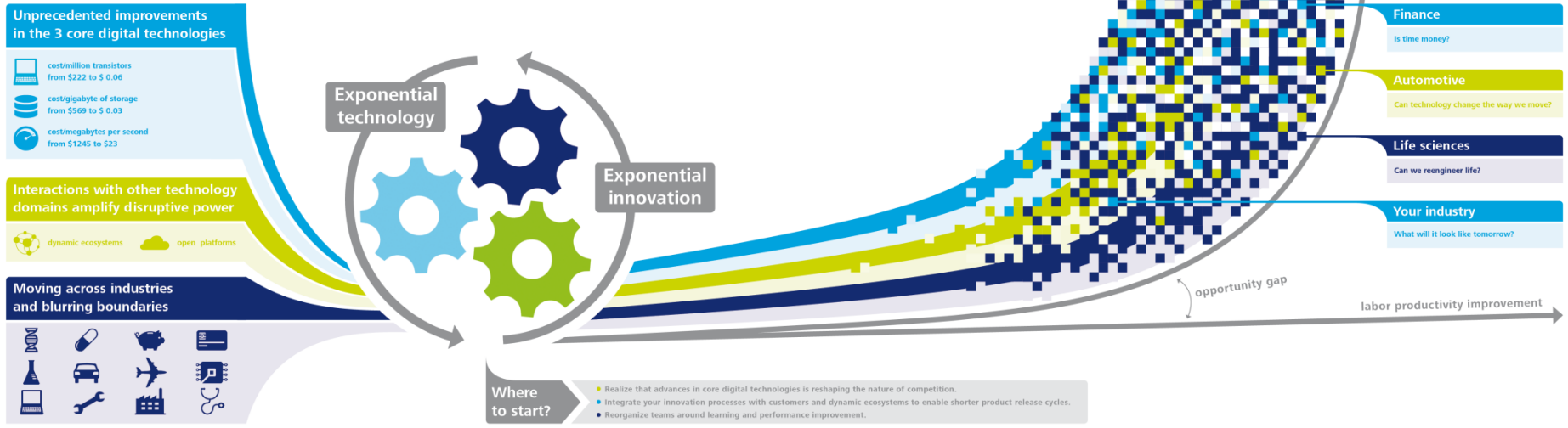


*Moore's Gesetz* erreicht in den 2020er Jahren die *Grenzen atomarer Skalierung*. *Traditionelle Halbleitertechnologie (CMOS)* wird in der „*More-than-Moore*“ *Technologie mit analog/mixed Signals, Biochips, und Sensortechnologie integriert*.

**Informationstechnologie** zielt dann auf *biologisch inspirierte Prozessoren und Netzwerke* der *Nanoelectronik mit Sensoren, Aktuatoren, und Biochips*, um soziotechnische Systeme (Automobile, komplexe Infrastrukturen etc.) zu ermöglichen.

# Von exponentieller Technologie zu exponentiellen Firmen

Exponential technologies are driving wave after wave of exponential innovation



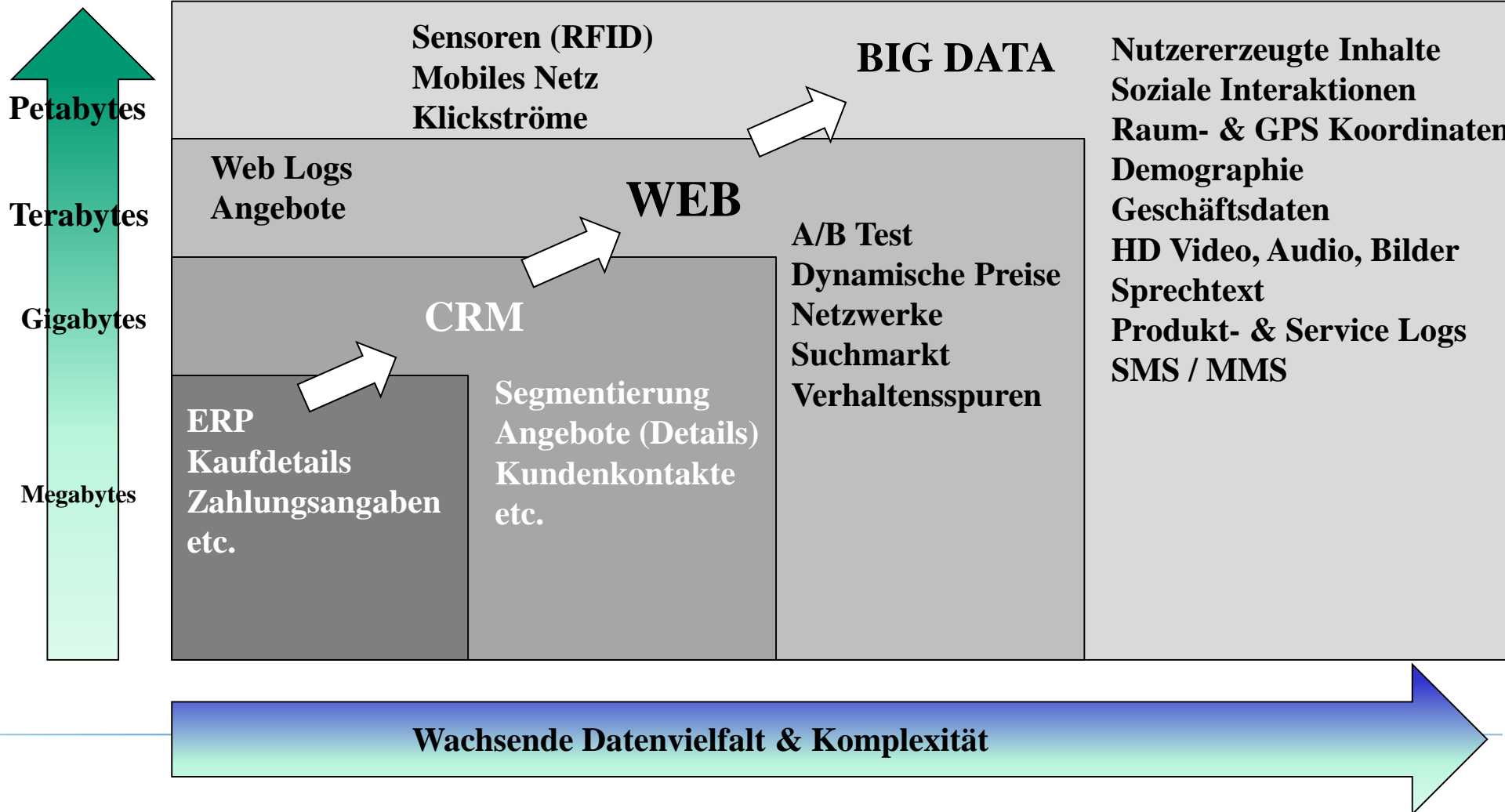
*Exponentiell sich beschleunigende Technologien führen zu exponentiell wachsenden Firmen der Informationstechnologie (z.B. Google). Sie schlucken klassische Firmen zur Herstellung physischer Ausrüstung: z.B. Kameras, Fotografieren, Automobile reduzieren sich auf Apps und Software (und ihre Firmen verschwinden). Produktivität ist nicht länger eine lineare Funktion menschlichen Einsatzes. Netze und Automatisierung führen zu exponentieller („nichtlinearer“) Beschleunigung.*

# Die Evolution der Big Data Welt

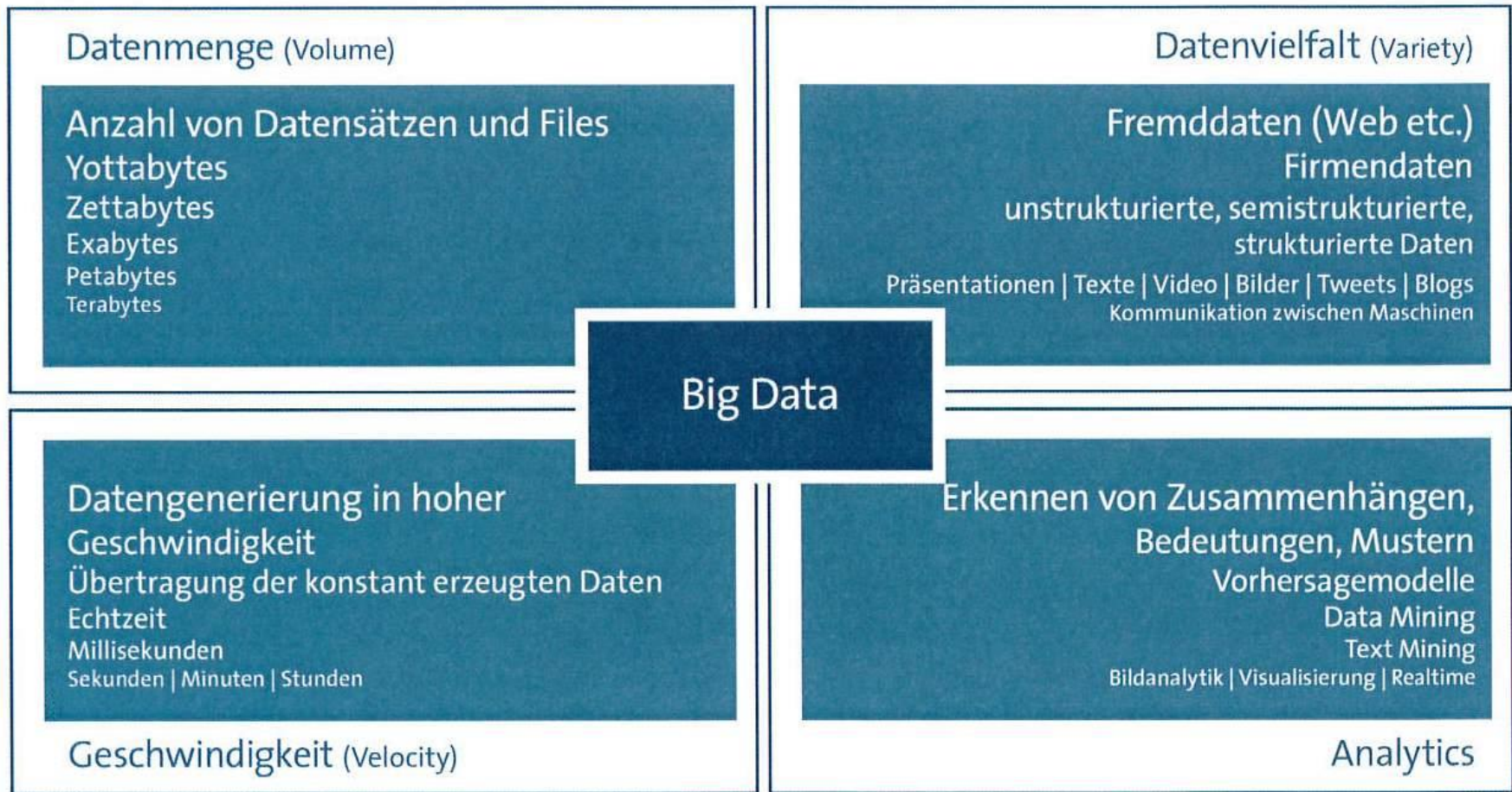
Wachsende Datenvielfalt und Komplexität

ERP = Entropie-Resource Planning (*Unternehmensressourcenplanung*)

CRM = Costumer Relationship Management (*Kundenbeziehungsmanagement*)



# Exponentielles Wachstum der Big Data Welt





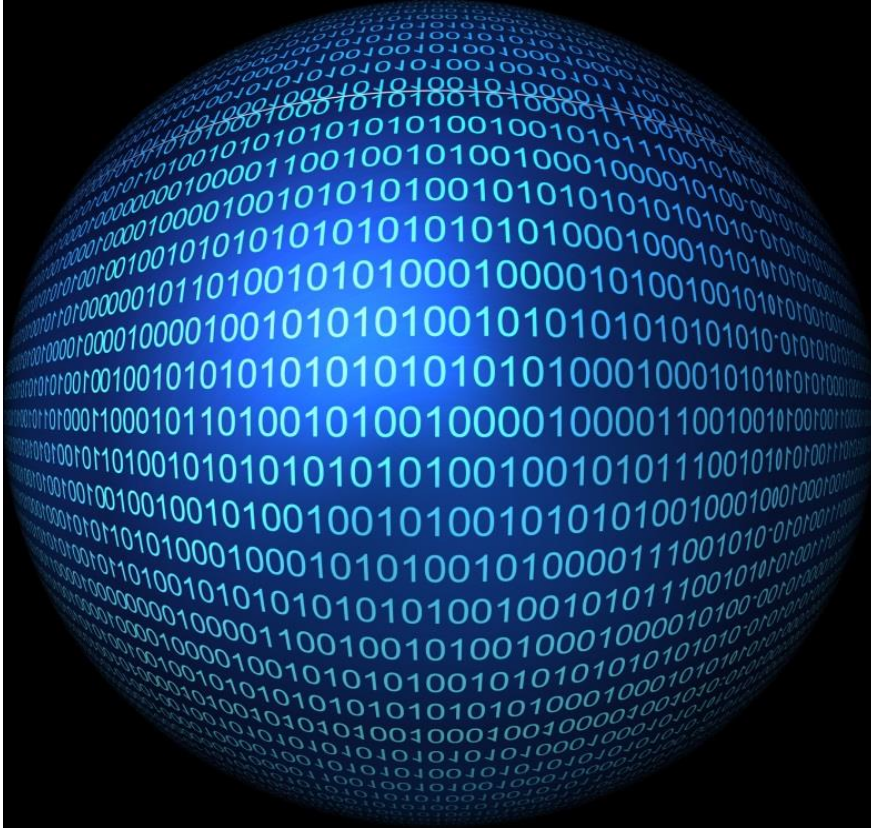
# Big Data in Wirtschafts- und Finanzwelt



Durch gezielte Auswertung von massenhaft vorliegenden *strukturierten* und *unstrukturierten Daten* können *Big Data Algorithmen* (z.B. Google Suchmaschine) *Prognosen* von zukünftigen *Produkt- und Kundenprofilen* ableiten (z.B. Amazon).

*Veränderungen an den Finanzmärkten* erkennen *Computeralgorithmen* („Flash Boys der Wall Street“) schneller als Menschen. Im *Hochfrequenzhandel* werden dann *Wertpapiere* automatisch abgestoßen oder angekauft. In dieser *automatisierten Welt* können Algorithmen *Krisen* auslösen, an denen der *Mensch nicht mehr beteiligt* ist und die er *nicht mehr kontrollieren* kann...

# Big Data – Die dunkle Seite...



Es gibt klare *ethisch-rechtliche Grenzen* von Big Data:

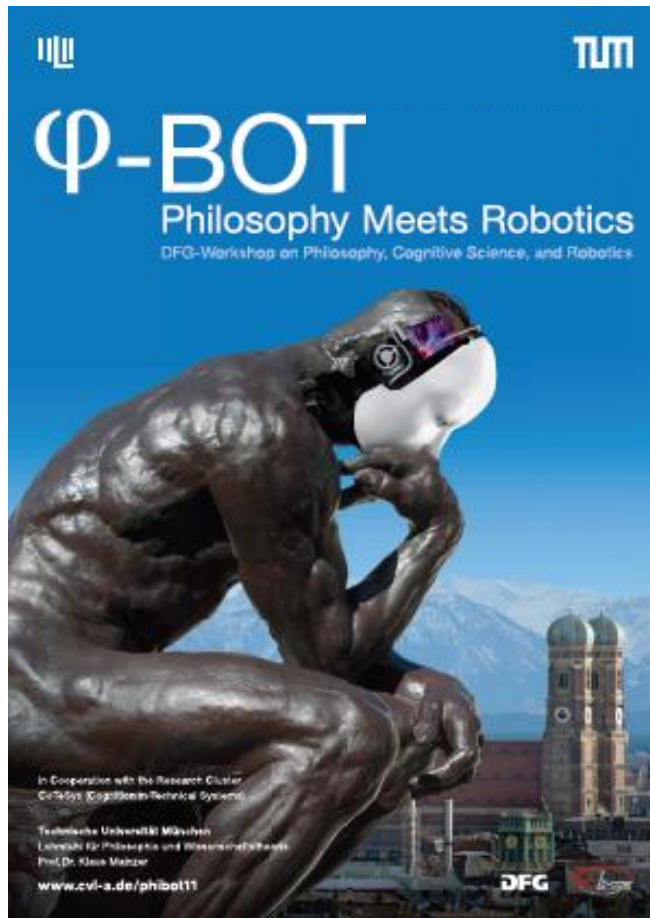
*Persönliches Profiling* von Bürgerinnen und Bürgern wird immer *perfekter*.

„*Precriming*“ soll Straftaten im Vorfeld verhindern, kann aber auch zur Spionage (z.B. NSA) ausgenutzt werden.

Hier ist der Rechtsstaat herausgefordert, durch *internationale Normen* und *Schutztechnologien* Missbrauch von Big Data zu *minimieren*.



# Mensch-Maschine-Symbiose: Transhumanismus oder Humanismus?

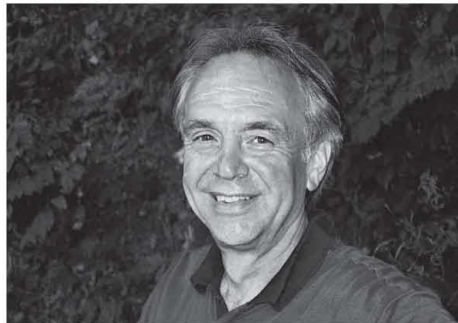


***Wieweit*** sollten wir in der ***Automatisierung mit autonomen Systemen, Cognitive Computing und Cyberphysical Systems*** gehen?

Sollen wir die Vision des ***Transhumanismus*** akzeptieren, die auf eine ***quasi-evolutionäre Singularität*** zielt, wonach der Mensch als ***biologische Spezies durch Technik überwunden*** wird, um sich weiter zu entwickeln (***Enhancement***)?

Demgegenüber engagiert sich der ***Humanismus*** für eine ***Verbesserung der Lebensbedingungen des Menschen***, um sein ***Wohlergehen*** durch ***technische und soziale Innovationen*** zu fördern.

# Von der Weltformel zu Big Data



**Klaus Mainzer** war Professor für Philosophie und Wissenschaftstheorie an der Universität Konstanz und der Universität Augsburg. Seit 2008 hat er den Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie und ist Direktor der Carl von Linde-Akademie an der Technischen Universität München. Seit 2012 ist er Gründungsdirektor des Munich Center for Technology in Society.



Klaus Mainzer  
**Die Berechnung der Welt**  
Von der Weltformel zu Big Data.  
2014. 240 Seiten mit xx teils farbigen  
Abbildungen. Gebunden  
€ 22,95[D]  
sFr 32,90\* / € 23,60[A]  
978-3-406-66130-3  
Erscheint am 17. März



x|43

*Big Data verändert alles. Spätestens seit den Enthüllungen Edward Snowdens ist klar: Eine unersättliche Überwachungsmaschinerie hat uns im Griff. Gewaltige unstrukturierte Datenmengen, die unser Leben abbilden, werden systematisch ausgewertet. Alles wird zu digitaler Information. Die Welt der Algorithmen beherrscht uns längst. Sie verändert unser Leben und unser Denken.*

Klaus Mainzer zeigt in diesem Buch, wie es bei dem Vorhaben, die Welt zu berechnen, zu einer Revolution der Denkart kam. Während Generationen von Mathematikern, Physikern und Philosophen auf der Suche nach der Weltformel mit Gleichungen arbeiteten und in den Kategorien von Ursache und Wirkung dachten, ist die „new science“ dadurch charakterisiert, dass an die Stelle mathematischer Beweise und Theorien Computerexperimente und Algorithmen treten. „Korrelation“ statt „Begründung“, lautet die Devise des neuen Denkens. Die Korrelationen in Big Data sollen bislang verborgene Zusammenhänge aufdecken. Nach diesem Prinzip, schreibt das US-Magazin *Time*, will die 2013 von Google neu gegründete Medizinfirma „Calico“ an der Lebensverlängerung des Menschen arbeiten, indem nicht die Ursachen von Alter und Krankheit untersucht, sondern Unmengen medizinischer Daten mit Algorithmen ausgewertet werden.

Eine beispielelose Erfolgsgeschichte also? Mainzer stellt in diesem Buch die faszinierende neue Art der Wissensgewinnung vor, aber er macht auch die Gegenrechnung auf. Sein Buch ist ein Plädoyer für die Besinnung auf die Grundlagen, Theorien, Gesetze und die Geschichte, die zu der Welt führen, in der wir heute leben.


**Fluch und Segen von Big Data**  
**Wie die Welt der Algorithmen uns beherrscht**



SPRINGER BRIEFS IN COMPLEXITY

Klaus Mainzer · Leon O. Chua

# The Universe as Automaton From Simplicity and Symmetry to Complexity

 Springer

Complexity  
Klaus Mainzer · Leon Chua

# LOCAL ACTIVITY PRINCIPLE



Imperial College Press

Complexity