

# Herausforderungen wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen

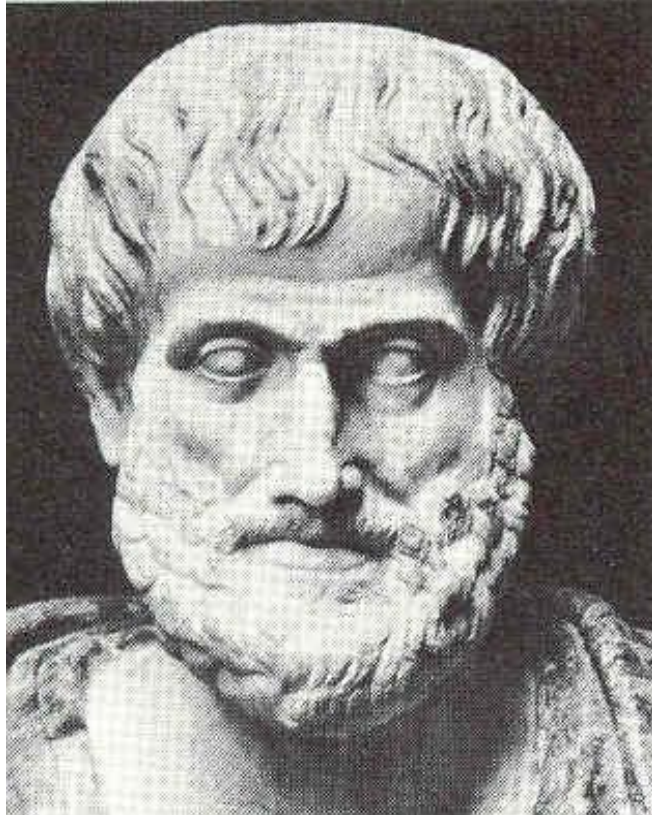
*Vom Rechner zur soziotechnischen Innovation*

Prof. Dr. Klaus Mainzer  
Lehrstuhl für Philosophie und Wissenschaftstheorie  
Munich Center for Technology in Society  
Technische Universität München

- 1. Daten, Information und Wissen**
- 2. Dynamik wissenschaftlicher Forschungscluster**
- 3. Dynamik wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen**
- 4. Informationsinfrastrukturen als soziotechnische Innovation**

# 1. Daten, Information und Wissen

# Aristoteles: Wahrheit und Logik



**Syllogismen** leiten aus **zwei Prämissen** ein **wahres Urteil** ab:

**Aristoteles (384 – 322 v. Chr.)** systematisiert die *Logik* zur *Repräsentation* von *Wissen* und zur *Begründung* von *Wahrheit*. *Wahrheit* besteht in der *Übereinstimmung* von *Sachverhalt* und *Urteil* (Thomas von Aquin: *Veritas est adaequatio intellectus et rei*).

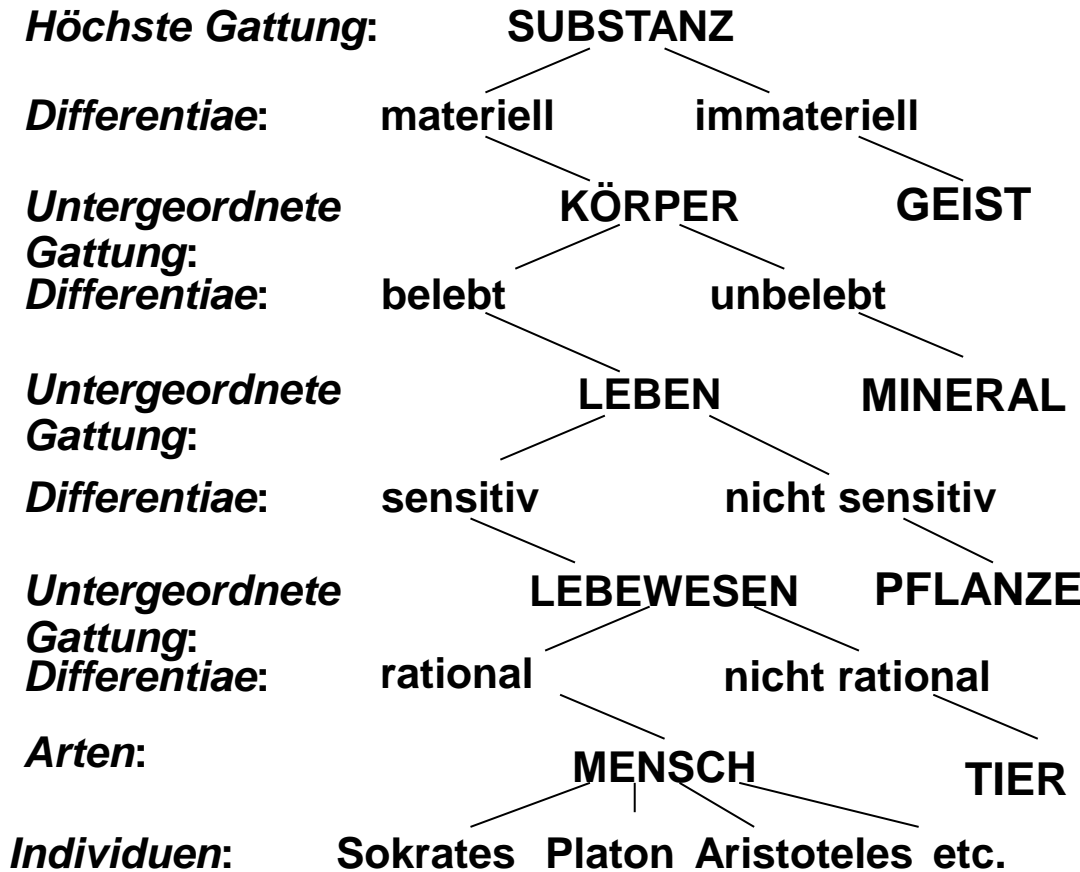
**Prämisse 1:** Alle Menschen sind sterblich

**Prämisse 2:** Sokrates ist ein Mensch

---

**Schluss:** Sokrates ist sterblich


# Aristotelische Ontologie und Wissensrepräsentation



In den *“Summulae Logicales”* (1239) von Petrus Hispanus (Papst Johannes XXI.) wird Wissen durch eine *ontologische Hierarchie* mit *Gattung (Supertyp)* und *Art (Subtyp)* repräsentiert. Die Eigenschaften, mit denen verschiedene Arten derselben Gattung unterschieden werden, heißen *Differentiae*.

Die Vererbung von *Eigenschaften*, die heute in *objekt-orientierten Programmiersprachen* verwendet wird, ergibt sich aus den *Differentiae* entlang der *Verbindungsline* oberhalb einer *Art* oder *Gattung*.

Zehnersystem	Dualsystem
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

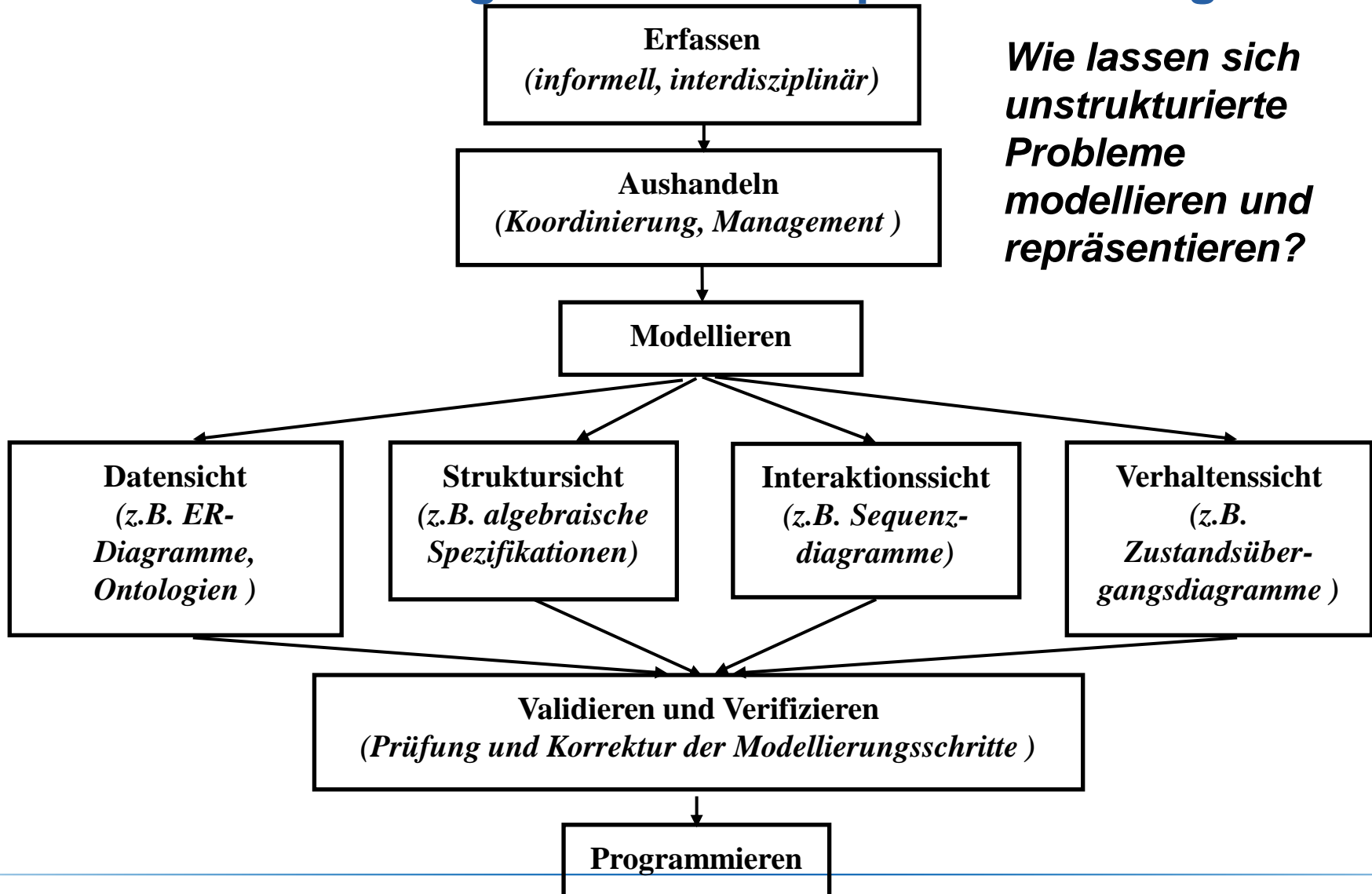
A detailed black and white engraving of G.W. Leibniz, showing him from the chest up. He has long, curly hair and is wearing a high-collared coat. He is looking slightly to the right of the viewer.

# Leibniz: Wissensrepräsentation durch Computer und Bibliotheken

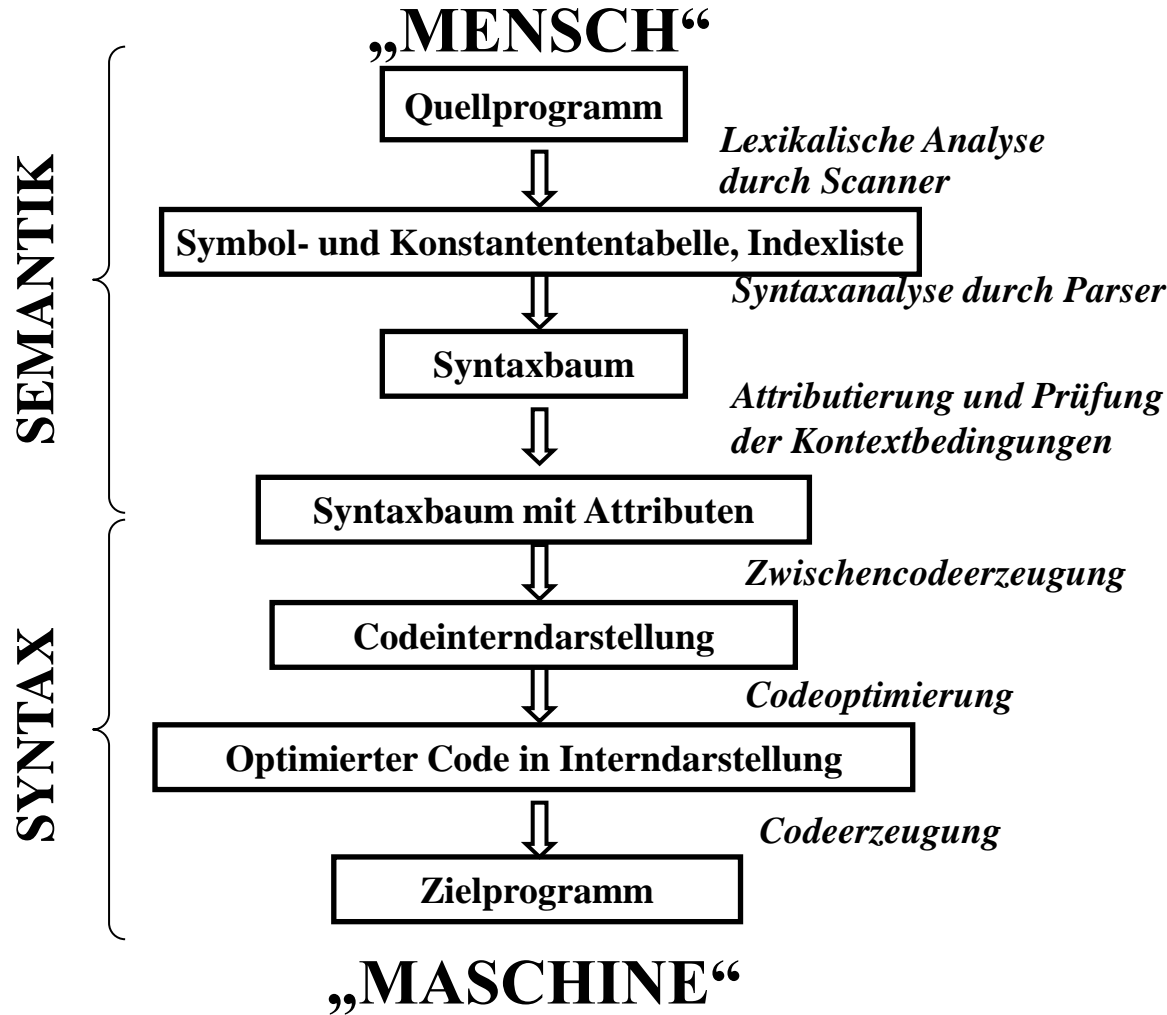
In seiner „*Mathesis universalis*“ entwirft G.W. Leibniz (1646- 1716) eine *universelle formale Sprache (lingua universalis)*, um menschliches *Denken* durch *Rechenverfahren (Algorithmen)* zu *repräsentieren* und auf *Rechenmaschinen (Computern)* zu *implementieren*.

**Leibniz** war seit 1676 Hofrat und *Hofbibliothekar* in Hannover. Unter Ernst August wurde er 1691 auch Bibliothekar der *Herzog August Bibliothek* in Wolfenbüttel. *Sammlung der Wissensbestände* sollte nicht nur *digital*, sondern auch in *Bibliotheken* und *Sammlungen der Erfindungen* sicher gestellt werden.

# Vom Wissensmanagement zum Requirements Engineering



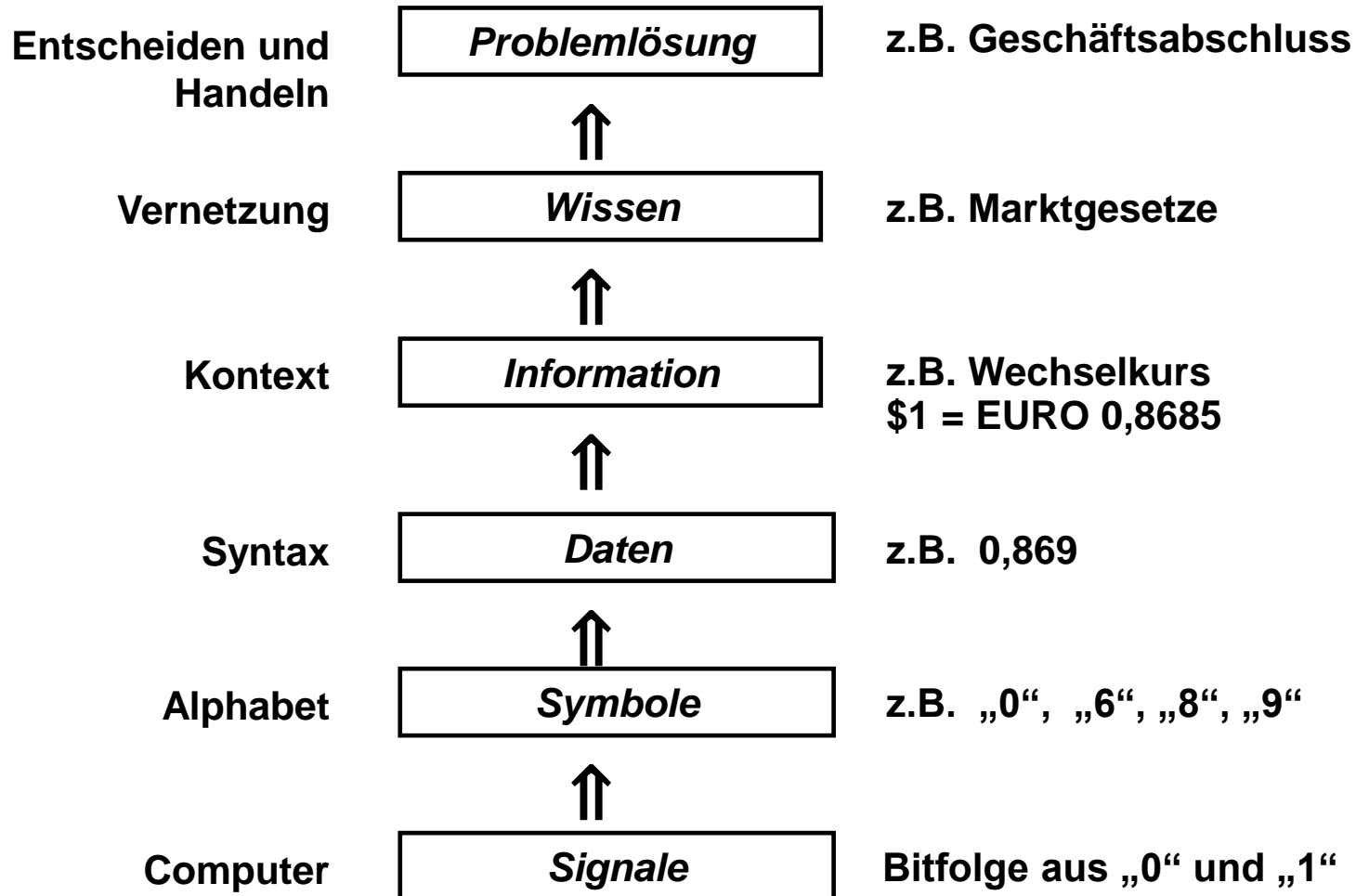
# Vom Wissen zur Informations- und Datenverarbeitung



*Höhere Programmiersprachen, die an der Wissensrepräsentation beim Menschen orientiert sind, werden (z.B. durch Compiler und Interpreter) in Maschinensprache übersetzt, um die physikalische Datenverarbeitung im Computer zu realisieren. Wissensbasierte Sprachen sind z.B. diagrammatische Sprachen, funktionale Programmiersprachen, Sprachen für (algebraische) Spezifikationen und Sprachen prädikatenlogischer Formeln und Regeln.*

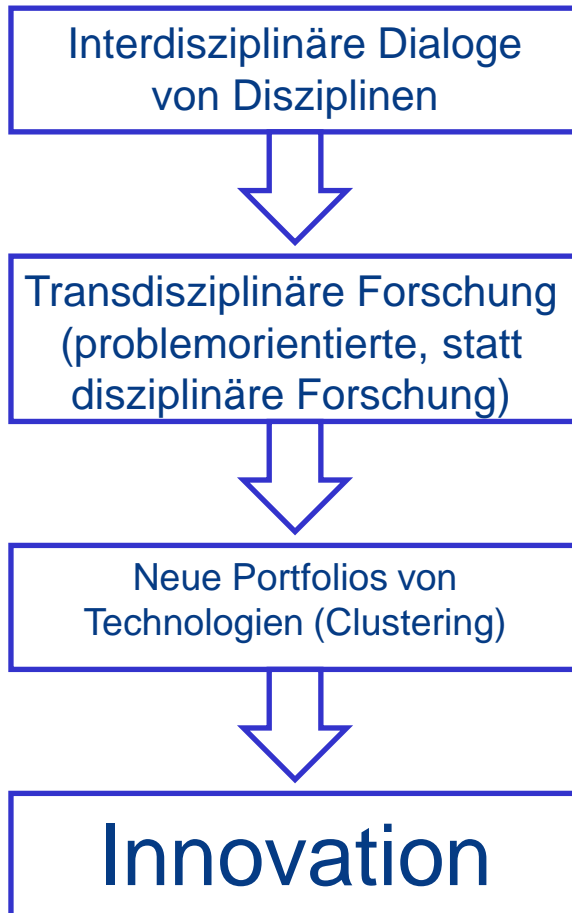


# Von Daten und Information zu Wissen



## **2. Dynamik wissenschaftlicher Forschungscluster**

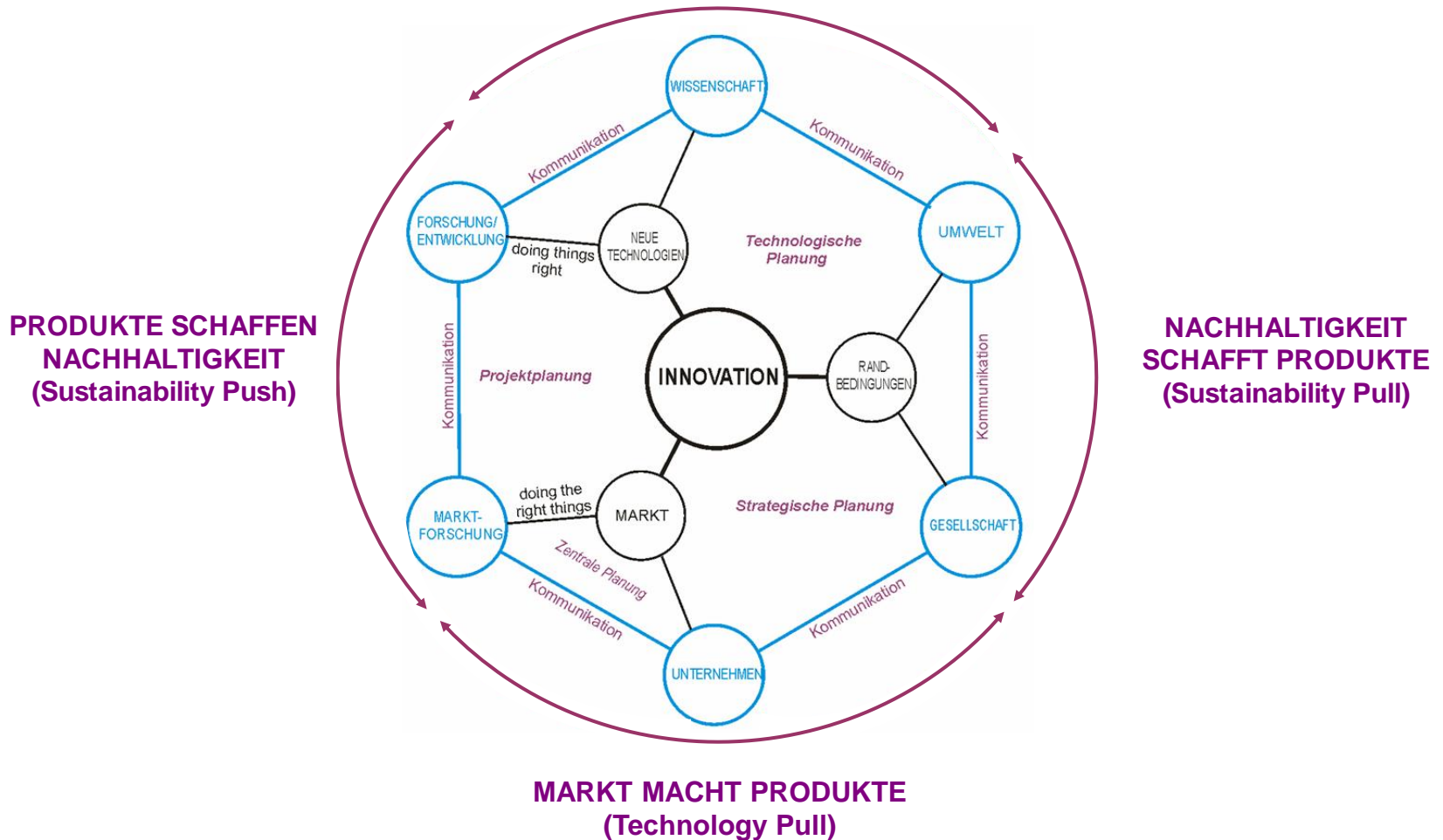
# Von der transdisziplinären Forschung zur Innovation



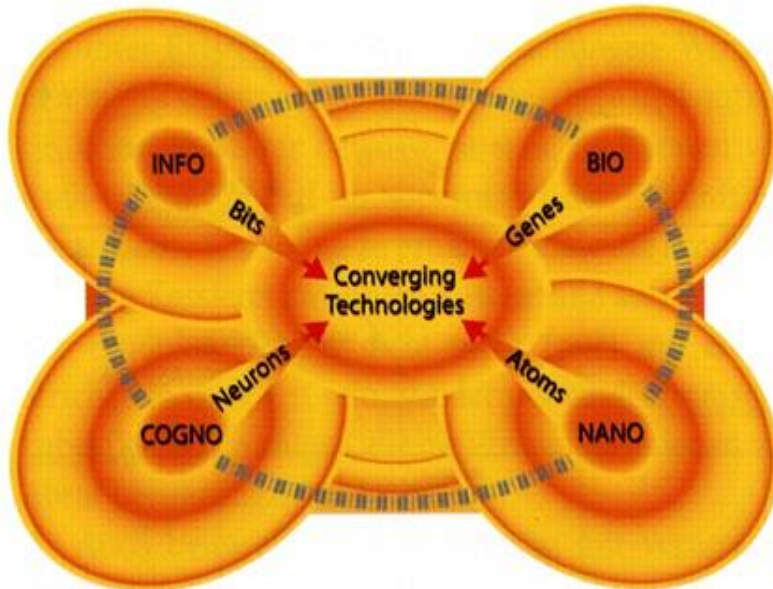
***Innovationen*** entstehen heute häufig aus ***problemorientierter („transdisziplinärer“)*** Forschung, die ***traditionelle Disziplingrenzen übersteigt*** (z.B. Material-, Energie-, Umwelt-, Medizinforschung). Daher bedarf es ***interdisziplinärer Dialoge und Kooperationen***, um ***transdisziplinäre Probleme*** auszuwählen und ***neue Portfolios von Technologien*** zu clustern.

# Nachhaltige Innovationen

**PRODUKTE MACHEN MARKT  
(Technology Push)**



# Konvergierende Technologien

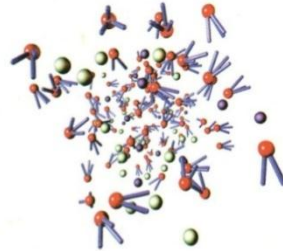


Die vier großen *Forschungsgebiete* von „*Nano*“ (Nano- und Materialwissenschaft), „*Bio*“ (Bio- und Lebenswissenschaft), „*Info*“ (Informationstechnik, Informatik) und „*Kogno*“ (Kognitions- und Gehirnforschung) *konvergieren* in Clustern *neuer Technologien*.

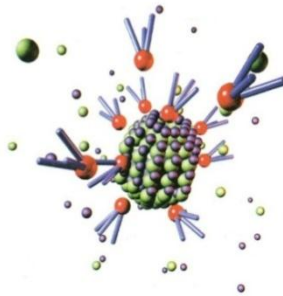
Im Gegensatz zu früheren Jahrhunderten wird die *Konvergenz* von *Disziplinen* und *Emergenz* von neuen *Forschungsclustern* nicht allein durch *erkenntnistheoretische Interessen* angetrieben, sondern vor allem durch die *Nachfrage neuer Produkte* und den *Wettbewerb globaler Märkte*.

# Innovationscluster der Nanoforschung

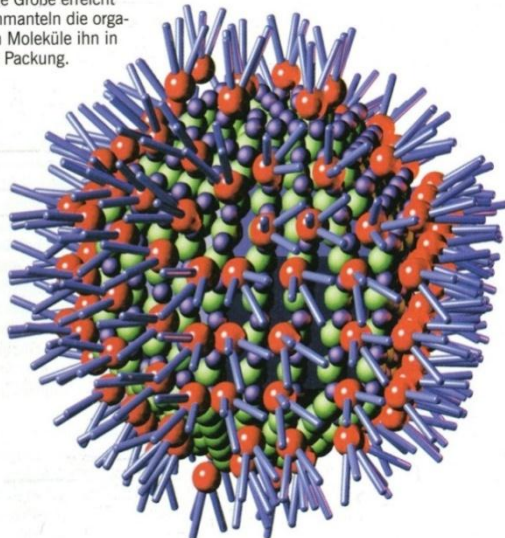
Der chemische Reaktionsansatz enthält Cadmium-Ionen (violett), Selen-Ionen (grün) und organische Moleküle (rote Kugeln mit blauen Stielen).



Die organischen Moleküle wirken als oberflächenaktive Substanzen, die sich auf dem heranwachsenden Cadmiumselenid-Kristall festsetzen.

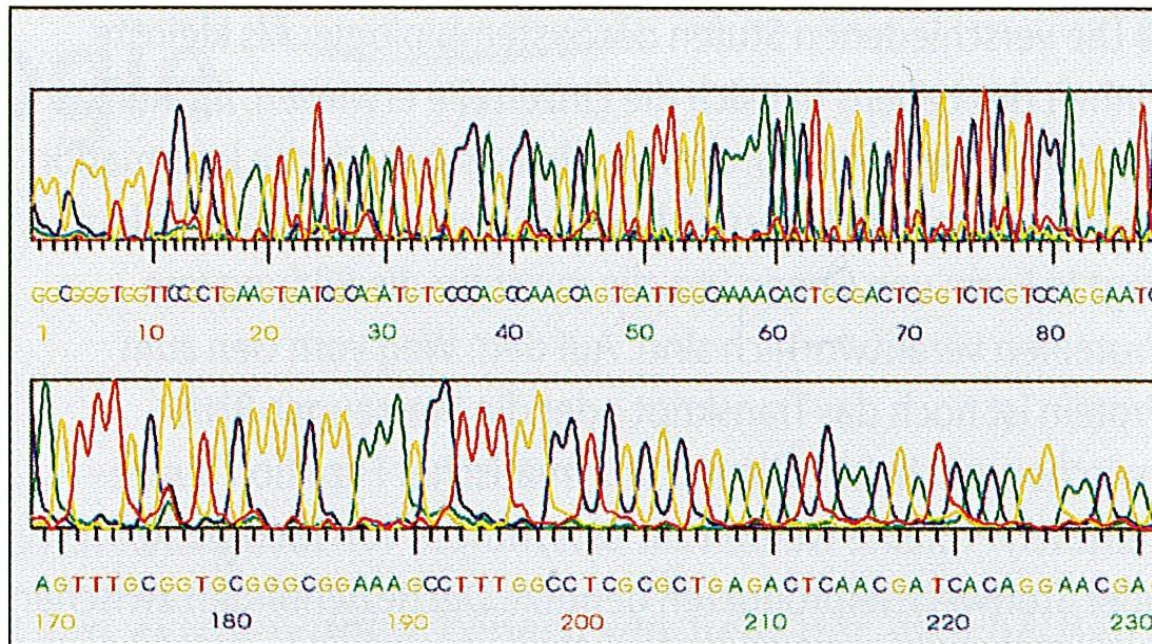


Sobald der Kristall seine optimale Größe erreicht hat, ummanteln die organischen Moleküle ihn in stabiler Packung.



Viele Atome können sich unter geeigneten Bedingungen als **komplexe Makromoleküle selbstständig** arrangieren (**self-assemblies**). **Nanotechnologie** nutzt diese **Selbstorganisation**, um z.B. **neue Materialien** und **künstliches organisches Gewebe** zu erzeugen. Zur Simulation der **vielen Daten** bedarf es **großer Rechenleistung**.

# Komplexe Daten der Genomik



Die *DNA-Sequenzinformation* wird als *Standardchromatogramm* dargestellt.

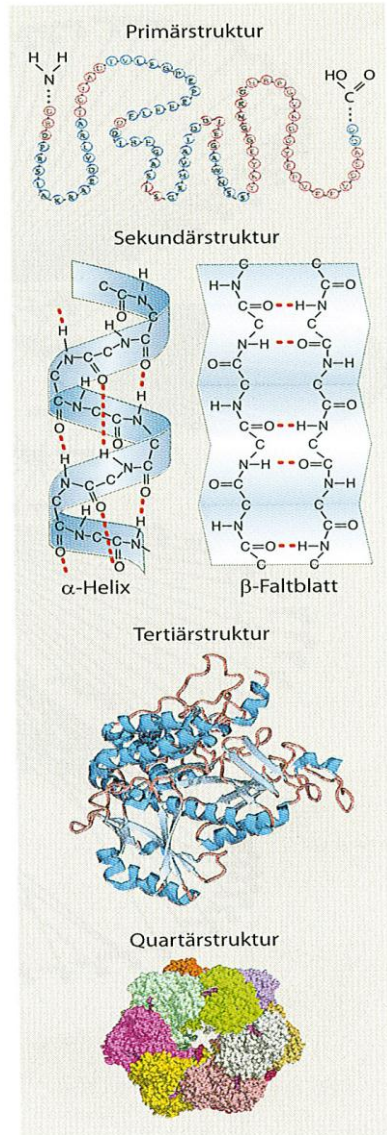
*Hochleistungs-Sequenziermaschinen* werten die *vielen Daten automatisch* aus.

Die Abfolge der *vier Basen Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin* kann infolge des *Farbcodes* an der *Abfolge der Kurvenmaxima* abgelesen werden.

# Komplexe Strukturmodelle eines Proteins

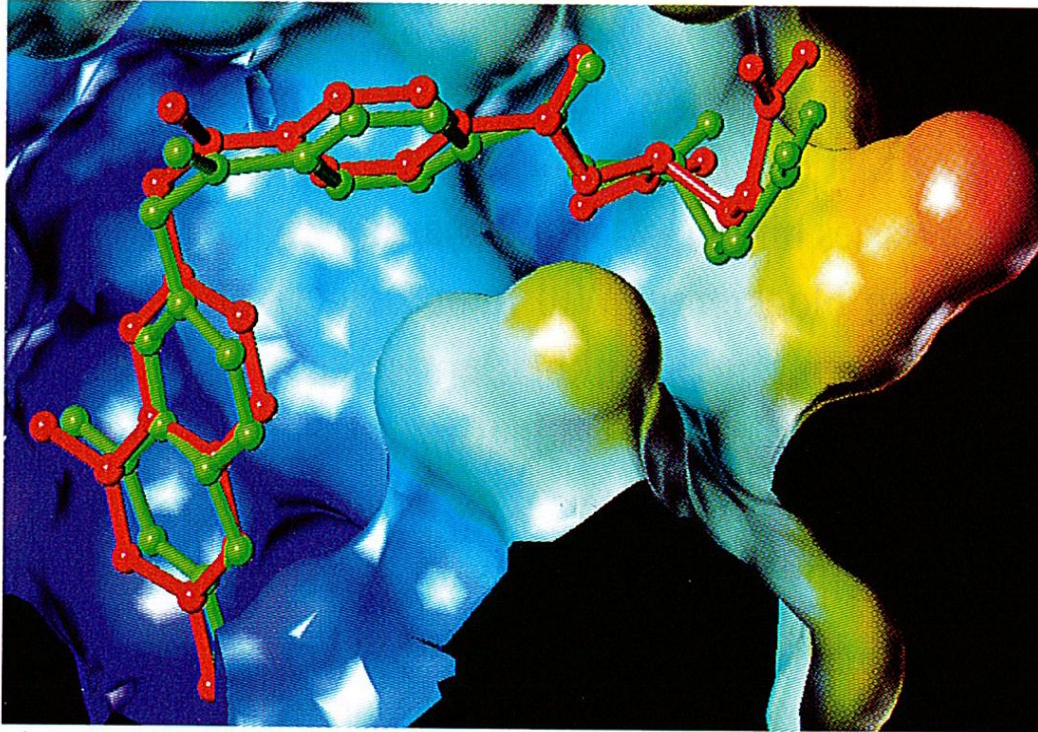
**Struktur des Proteins *Glutamin-Synthetase*, das an der Biosynthese der Aminosäure *Glutamin* beteiligt ist:**

- (1) Primärstruktur** mit Abfolge von Aminosäuren in der **Proteinkette (Auszug)**
- (2) Sekundärstruktur** mit **Alpha-Helix** und **Beta-Faltblatt**
- (3) Tertiärstruktur** einer **Untereinheit** mit **Alpha-Helices** (dunkelblau), **Beta-Strängen** (hellblau) und anderen **Proteinabschnitten** (hellrot)
- (4) Quartärstruktur** des **gesamten Proteins** aus 12 gleichartigen **Untereinheiten** der Art (3). Ihre Darstellungen sind **raumfüllend** und unterschiedlich gefärbt.





# Datenmodelle und Rechenmodelle von Molekülstrukturen



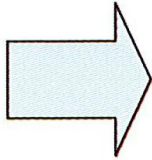
Das *Bindungsverhalten* eines *Medikaments* an ein *Zielprotein* (farbige Moleküloberfläche im Hintergrund) kann durch *Daten- und Rechenmodelle* dargestellt werden.

**Rot:** *Experimentell gemessene Molekülstruktur* des Medikaments.

**Grün:** *Bioinformatisch berechnete Molekülstruktur* des Medikaments

# Komplexe Rechenmodelle von Patientenprofilen

HIV-Genom  
 ...aagtagggg  
 ggnaantaatag  
 aagcncgattag  
 atacaggagcag  
 atgatacagtatt  
 ngaagaaataaa  
 ttaccaggaaga  
 tggacacaaaa  
 atgataggggga  
 attggaggtttat  
 caaagtaa...

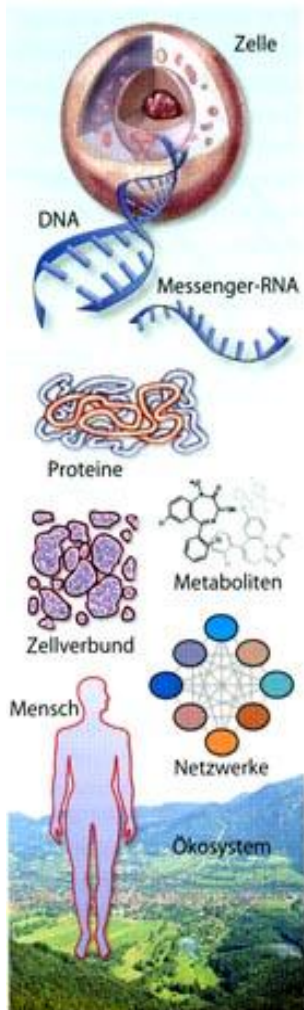


Wirkstoff	Aktivität
ZDV	1
ddC	1
ddl	0,68
d4T	1
3TC	0,0045
ABC	1
TDF	1
NVP	0,95
DLV	1
EFV	0,59
SQV	1
IDV	1
RTV	1
NFV	1
APV/FPV	1
LPV	1
ATV	1

Durch *Blutanalyse* wird die *Genomsequenz* eines *patientenspezifischen HIV-Erregers* (links) ermittelt. *Bioinformatisch* wird das *Resistenzprofil* dieses HIV-Erregerstammes gegen 17 verfügbare *AIDS-Medikamente* mit entsprechender *Resistenzwahrscheinlichkeit* (rechts) berechnet. So ergibt sich eine *Therapie* des Arztes.

Wegen der *Komplexität* des *biologischen Organismus* gibt es aber keinen *universellen Algorithmus* (im Sinne von Leibniz), der die *korrekte Proteinstruktur*, das *geeignete Medikament* und die *geeignete Therapie* *berechnet*.

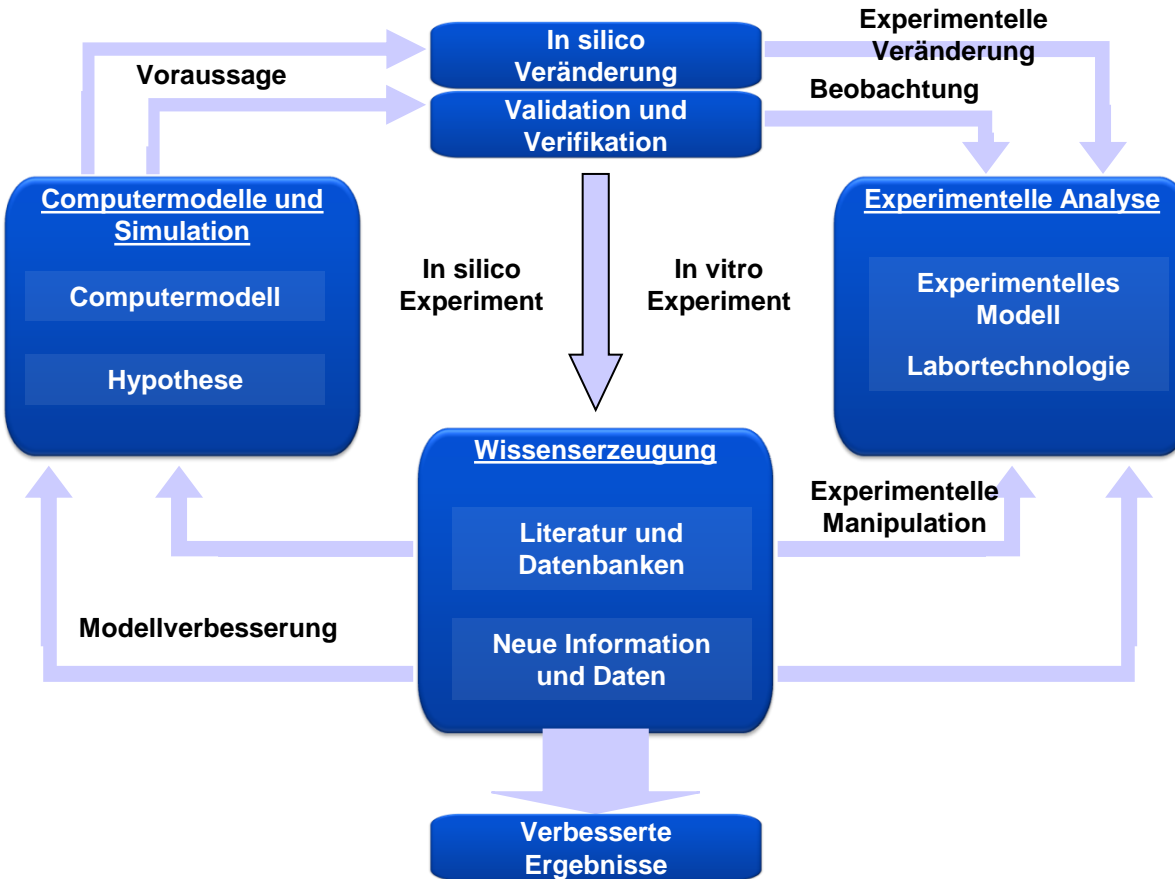
# Modelle der Systembiologie



**Systembiologie** integriert die **molekularen, zellulären, organischen, humanen** und **ökologischen Stufen** des Lebens in **Modellen komplexer Systeme**. Sie werden durch **nichtlineare Differentialgleichungen** erfasst, die ihre **vielfältigen Wechselwirkungen** repräsentieren.

In **Biomathematik, Biophysik** und **Bioinformatik** wachsen **Mathematik, Physik** und **Informatik** mit der **Biologie** zusammen, um die **Komplexität des Lebens** zu **erklären und vorausszusagen**.

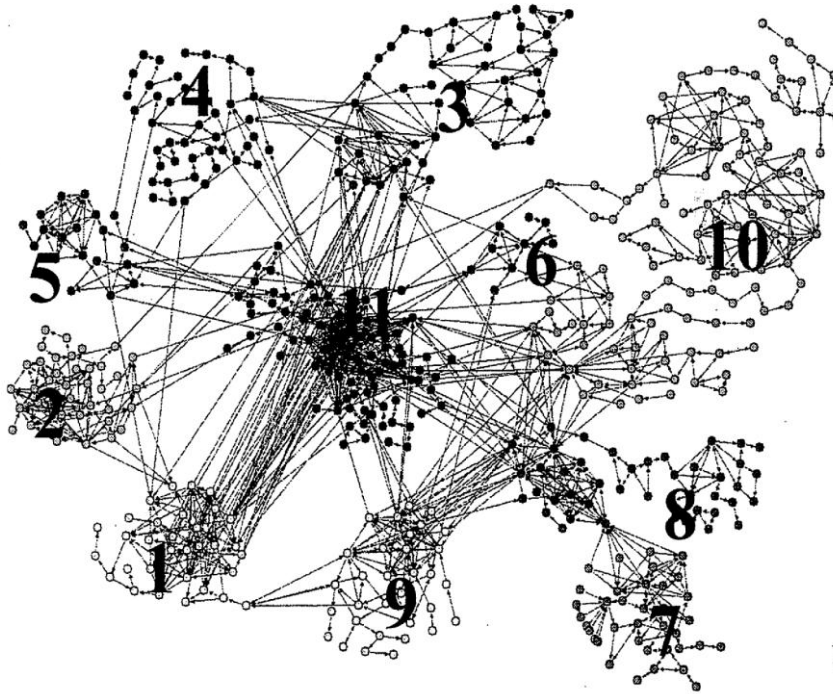
# Computermodelle in der Systembiologie



In der *Systembiologie* werden *Computermodelle* und *Simulationen* (“*in silico Experimente*”) und *Laborexperimente* (“*in vitro* und *in vivo Experimente*”) verbunden, um *neues Wissen* zu erzeugen, mit dem *bessere Modelle* und *neue Experimente* bestimmt werden können.

**Wachsende Anhäufung von biologischen Daten** führen zu *Computermodellen* von *Zellen*, *Organen* und *Organismen* mit *komplexen Netzwerken* für *Stoffwechselprozesse*, *Signalübertragung* und *genetische Regulation*.

# Komplexe Netzmodelle der Systembiologie



Das Ziel der *Systembiologie* sind *Modelle* einer *gesamten Zelle*, eines *ganzen Organs* oder *Organismus*, um *zelluläre Dynamik* zu *verstehen* und *vorauszusagen*. Das *Genomprojekt* war noch ein *reduktionistisches Programm*, um (nur) die *Elemente* von *DNA-Sequenzen* zu *entschlüsseln*.

Der *Paradigmenwechsel* von der *Mikroebene molekularer Elemente* zur *Makroebene der Systembiologie ganzer Systeme* erfordert die *Rekonstruktion komplexer Netzwerke*, um die *Funktionen des Stoffwechsels, genetischer Regulation, Kontrolle, Adaptation, and Evolution* zu verstehen (z.B. metabolisches Netzwerk von *E. Coli* mit *Potenzgesetzverteilung der Netzverbindungen* und *Skaleninvarianz*.)

# Künstliches Leben der synthetischen Biologie



***Systembiologie ist analytische Biologie, die komplexe Schaltpläne des Lebens mit Methoden der mathematischen Analysis (z.B. Differentialgleichungen) rekonstruiert.***

***Synthetische Biologie ist Ingenieursbiologie, um biologische Systeme (z.B. Bakterien) zu bestimmten Zwecken zu konstruieren.***

**Dazu werden zunächst *standardisierte Bauteile* (Biobricks) erzeugt. In einem *Bottom up Ansatz* werden daraus neue *Mikroorganismen* erstellt. In einem *Top down Ansatz* werden die Eigenschaften eines *Mikroorganismus* der Evolution auf ein lebensnotwendiges Minimum reduziert. Diese „*Chassis*“ können dann wie bei einem Auto für beliebige Zwecke ausgebaut werden.**

# Elektronik als Vorbild synthetischer Biologie

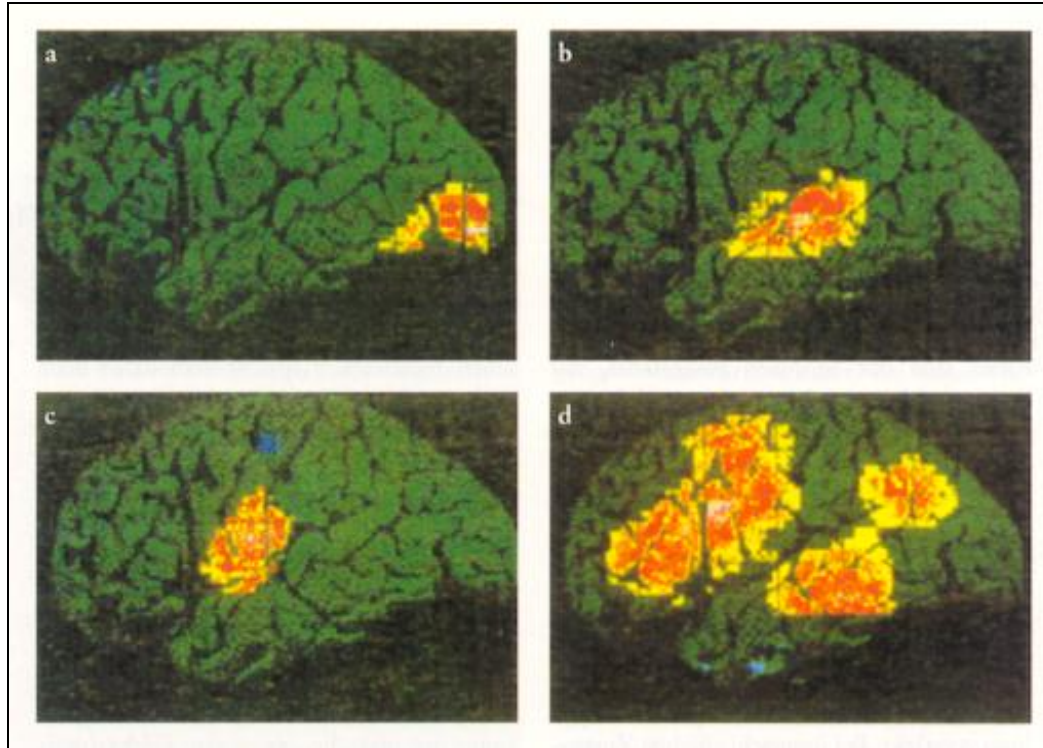


Für die Anwendung wird das *Design* von *maßgeschneiderten Stoffwechselwegen (metabolic engineering)* benutzt. *Genetische Schaltkreise* steuern *zelluläre Regulationsvorgänge*.

Analog zu *elektronischen Schaltkreisen* und ihrer *Programmierung* spricht man auch von *biologischen Schaltkreisen (biological circuits)*.

Die *Programmierung von Zellen zur Heilung von Krankheiten* (z.B. Krebs), *Erzeugung von Organen* (z.B. Entlastung von Organspende), *Tier- und Pflanzenzüchtung* sind die *großen Visionen der Zukunft*.

# Daten und Computermodelle des Gehirns

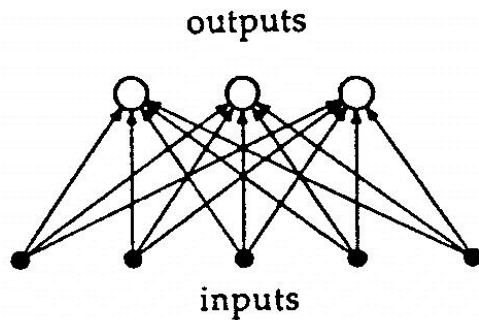


***Modelle der Gehirnforschung*** beruhen auf derzeitigen *Messmethoden* wie EEG, MEG, PET oder fNMR, fMRT, fMRI. In computererzeugten PET-Bildern werden gemeinsam erregte neuronale Cluster (*cell assemblies*) gezeigt, die mit z.B. *Wahrnehmung, Sprechen, Denken* und *Bewusstsein* korreliert sind.

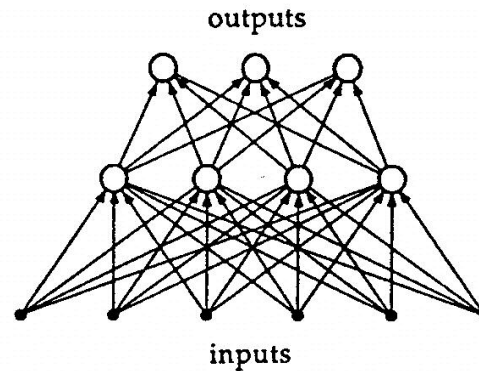


# Neuronale Netze und Lernalgorithmen

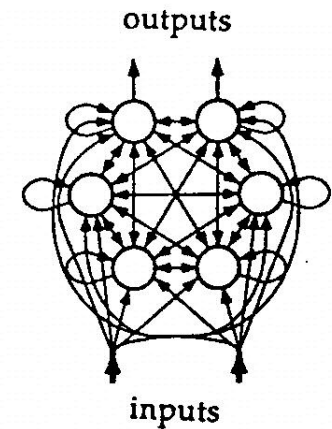
**Neuronale Netze orientieren sich mit geeigneten Netzwerktopologien und Lernalgorithmen an der Informationsverarbeitung von Gehirnen (,Synaptische Plastizität‘):**



**Feedforward mit einer Synapsenschicht**



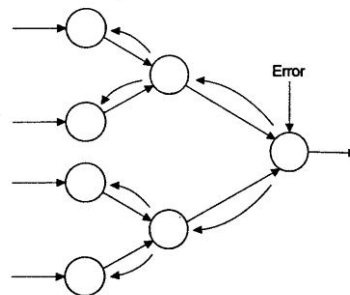
**Feedforward mit zwei Synapsenschichten (Hidden Units)**



**Feedback**

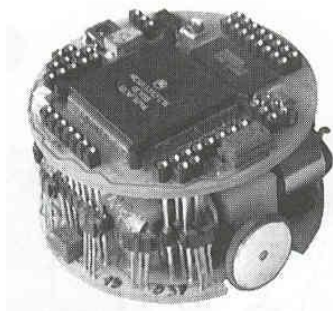
**Lernalgorithmen:**

- *überwacht*
- *nicht überwacht*

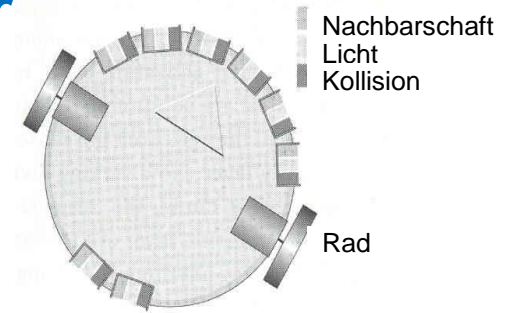


**z.B. Back-Propagation**

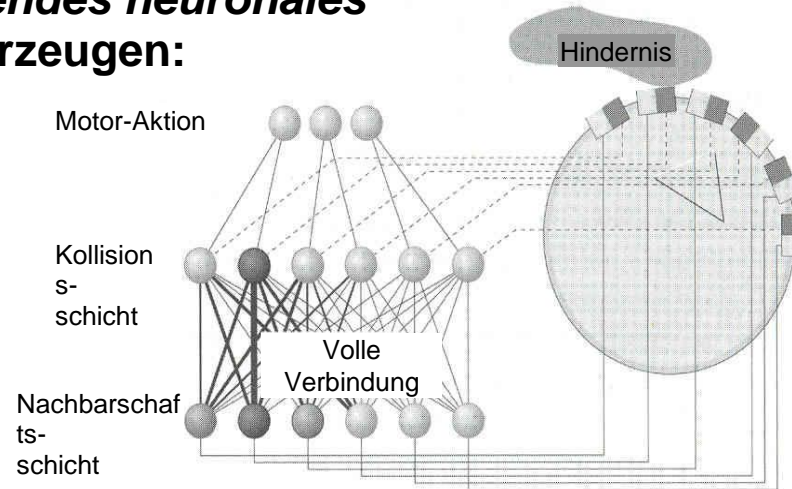
# Neuronale Selbstorganisation in einem Roboter



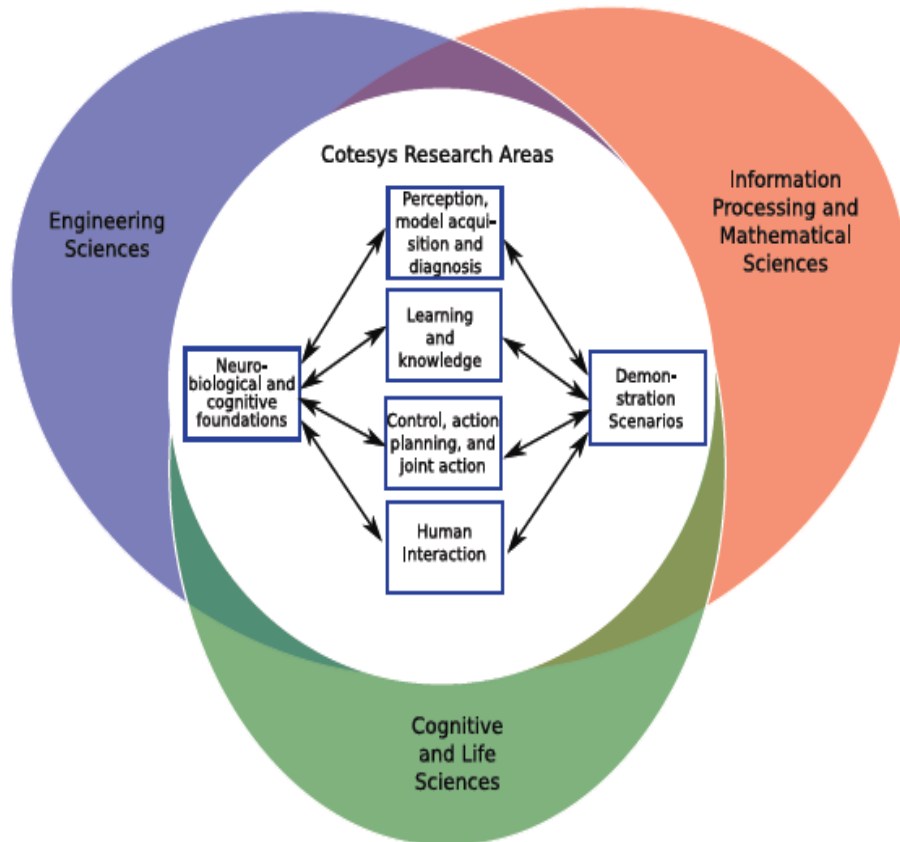
Ein *einfacher Roboter* mit verschiedenen *Sensoren* (z.B. Nachbarschaft, Licht, Kollision) und *motorischer Ausstattung* kann *komplexes Verhalten* durch ein *sich selbst organisierendes neuronales Netzwerk* erzeugen:



Bei einer *Kollision* werden die *synaptischen Verbindungen* zwischen den *aktiven Neuronen* der *Nachbarschaft* und *Kollision* durch *Hebbsche Lernregeln* verstärkt: *Ein Verhaltensmuster entsteht!*

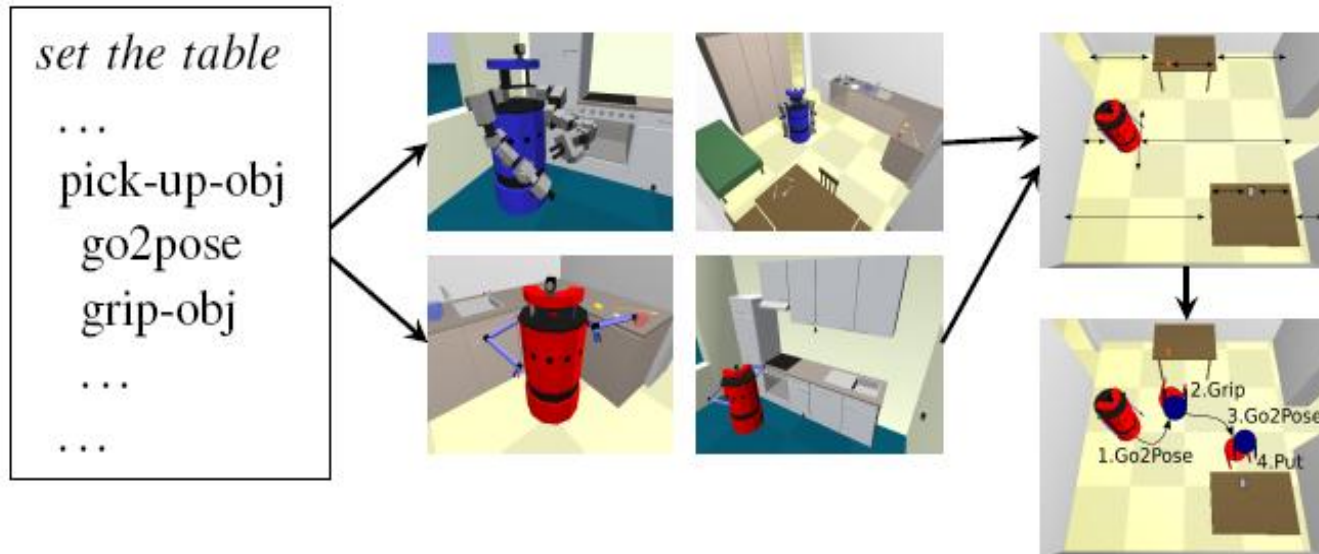


# Kognition in technischen Systemen



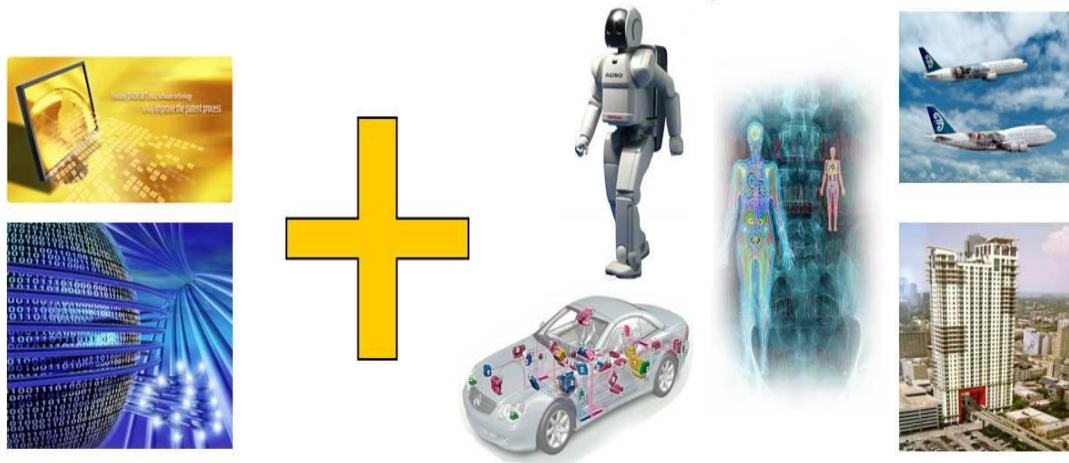
Im Forschungsprogramm „*Cognition in Technical Systems*“ (COTESYS) arbeiten *Kognitions-, Gehirn- und Biowissenschaften, Informatik, Mathematik und Ingenieurwissenschaften* systematisch zusammen, um *kognitive Fähigkeiten in technischen Systemen* zu implementieren.

# Lernende Roboter in neuer Umgebung



**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. (*embodied cognition*). Dazu muss das *Kontrollsystem* die *Parameter der Kontrollroutinen* kennen und über *Modelle* verfügen, wie die Parameter das Verhalten ändern.**

# Robotik als soziotechnische Systeme



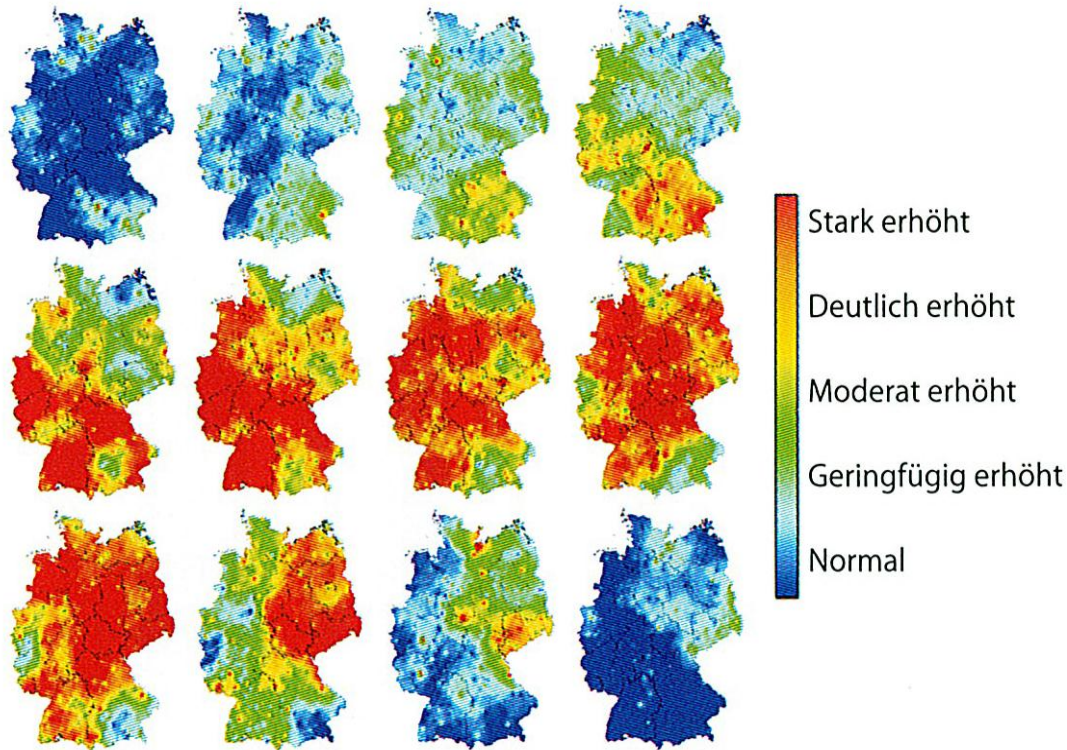
***Soziotechnische Robotik*** ist in die ***Infrastrukturen der Gesellschaft integriert*** und berücksichtigt ***soziale, ökonomische und ökologische Faktoren***. ***Robotikgestützte Infrastrukturen ermöglichen damit Dienstleistung am Menschen.***

***Humanoide Roboter oder Robotersysteme*** sind mit ihrer Umwelt ***vernetzt*** (z.B. Internet), sind ***robust*** gegen Störungen, ***passen sich an*** und reagieren ***sensibel*** auf Veränderungen (***Resilienz***). ***Anwendungen***: Arbeitsplatz, Haushalt, Alten- und Krankenpflege, Verkehrssysteme, Luftfahrt et al.

## **3. Dynamik wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen**

---

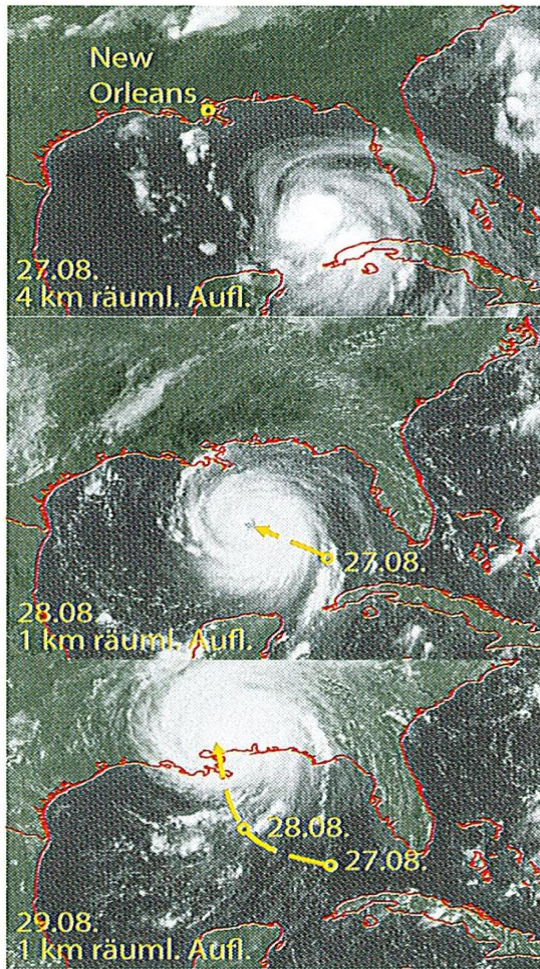
# Datenmodelle und Frühwarnsysteme der Epidemiologie



Die Entwicklung *statistischer Verteilungsmuster* von *Infektionskrankheiten* breitet sich *wellenartig* nach den *Gesetzen nichtlinearer Dynamik* aus. Die *Zustandsaufnahmen* dieser Dynamik entsprechen *repräsentativen Stichproben* oder *vollständigen Datenerhebungen*.

Beispiel: *Grippewelle* in Deutschland der 2. bis 13. Kalenderwoche 2005.

# Komplexe Daten im Umweltmonitoring



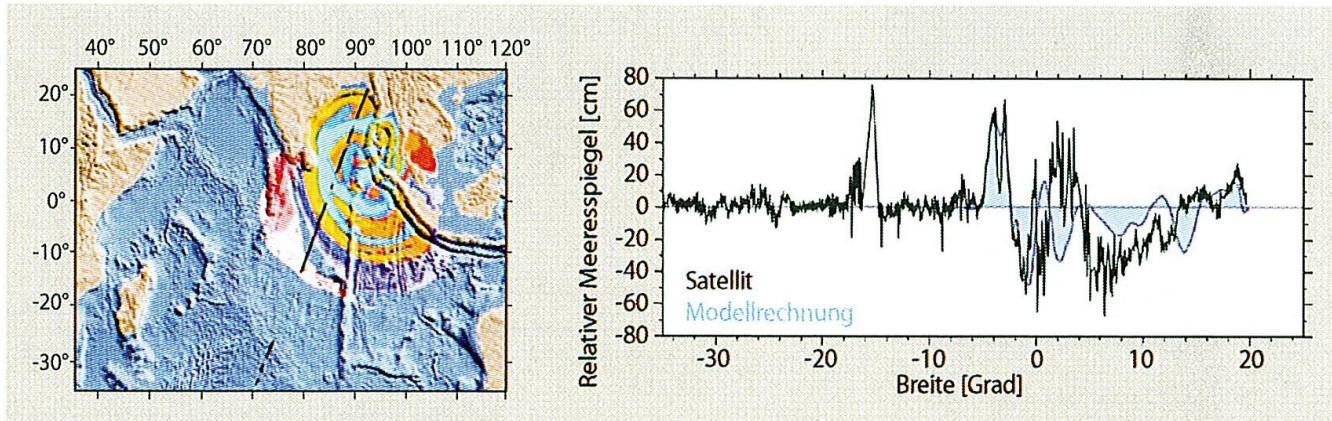
***Umweltmonitoring*** befasst sich mit der ***Erhebung, Verarbeitung, Analyse, Modellierung, Visualisierung und Weitergabe von Daten der Umwelt.***

Umweltmonitoring dient daher der ***Frühwarnung*** (z.B. Wetter) und ***Langzeitprognose*** (z.B. *Klimamodelle*).

**Beispiel:** Der geostationäre Wettersatellit GOES-12 beobachtet die dynamische Entwicklung des ***Hurrikans Katrina*** mit seinem Auge und seiner Wirbelstruktur auf dem Weg nach New Orleans.



# Messdaten und Modelle von Frühwarnsystemen

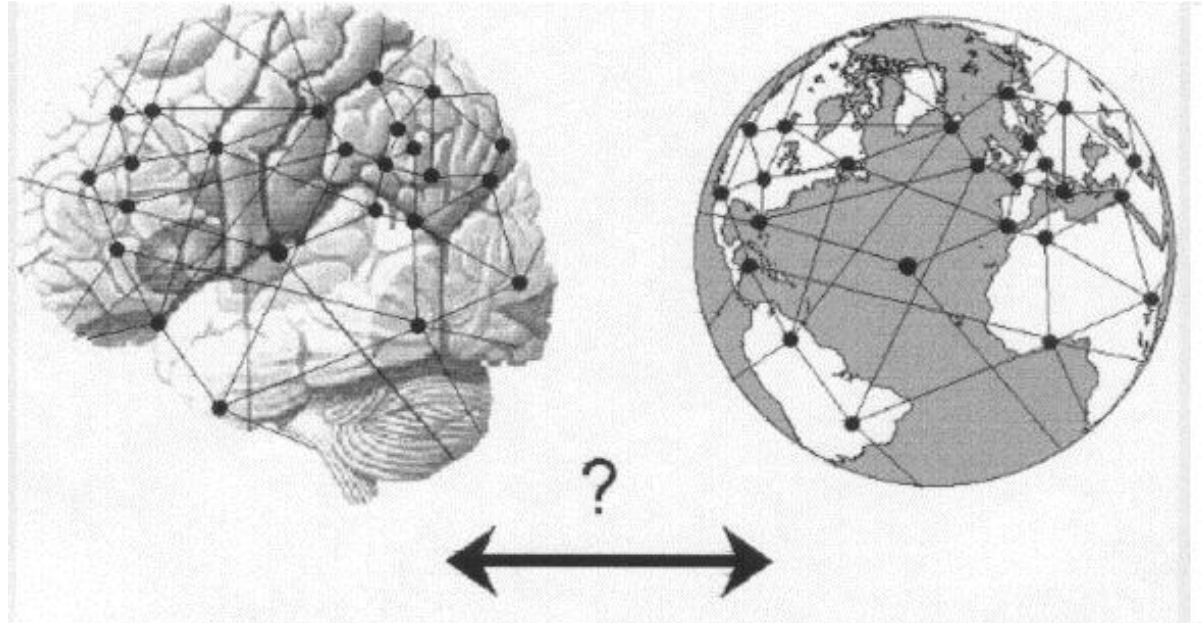


***Ausbreitung einer Tsunami-Welle nach zwei Stunden auf Grundlage von Satelliten-Altimetrie.***

**Links: Das farbige Wellenmuster veranschaulicht die Wellenausbreitung auf der Grundlage einer Modellrechnung.**

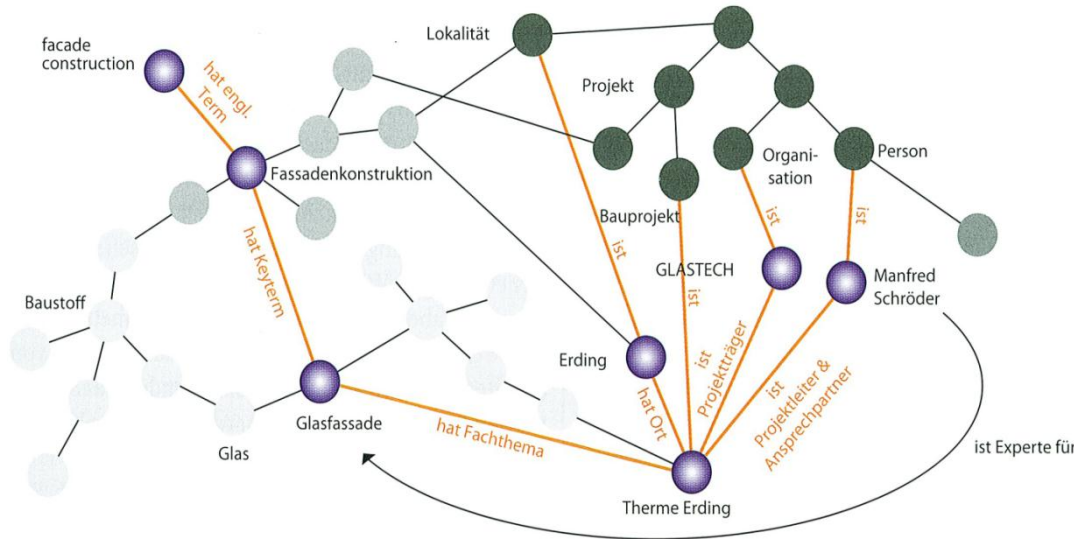
**Rechts: Ausbreitung und Höhe der Welle entlang der überflogenen Breitengraden. Vergleich einer Modellrechnung (blau) mit den Messungen des Satelliten.**

# Von der wissenschaftlichen Informationsinfrastruktur zum globalen Kommunikationsnetz



**Das *Internet* begann als *wissenschaftliche Informationsinfrastruktur* eines Forschungsclusters (CERN 1989). Die *Netzstruktur des World Wide Web* erinnert mittlerweile an die *Vernetzung von Nervenzellen 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.**

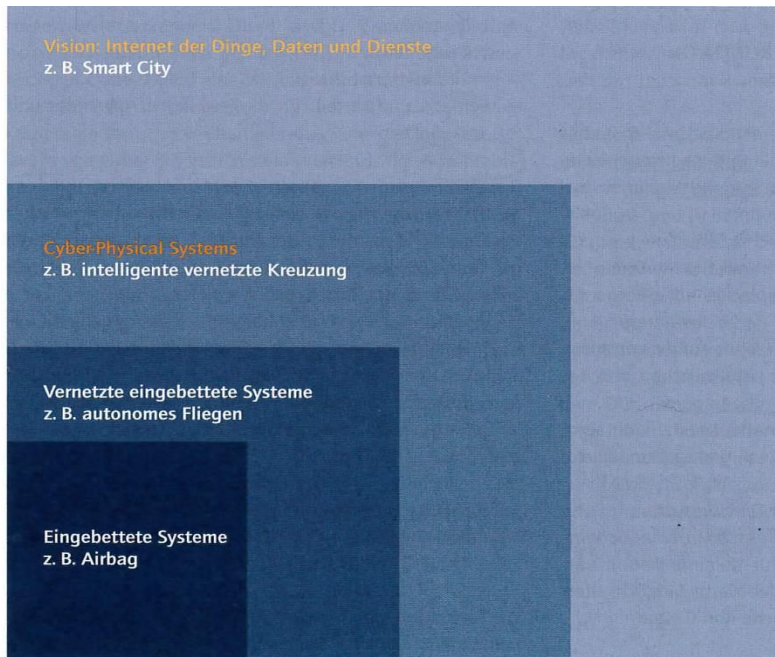
# Semantische Wissensnetze



Das *Internet* ist bisher nur eine („dumme“) *Datenbank* mit *Zeichen* und *Bildern*, deren *Bedeutung* im Kopf des Nutzers entsteht. Um die *Komplexität* der Daten zu bewältigen muss das *Netz* lernen, *selbstständig Bedeutungen* zu erkennen und zu verstehen.

**Semantische Netze** sind mit *erweiterbaren Hintergrundinformationen* (*Ontologien, Begriffe, Relation, Fakten*) und *logischen Schlussregeln* ausgestattet, um *selbstständig unvollständiges Wissen* zu ergänzen und *Schlüsse* zu ziehen (z.B. Manfred Schröder ist Experte für Glasfassaden).

# Evolution zum Internet der Dinge, Daten und Dienste



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.

# IuK-Netze schaffen neue soziale Strukturen



*Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen wie Facebook und Twitter erzeugen neue soziale Netzwerke, beeinflussen und verändern damit die Gesellschaft weltweit.*

*Facebook entstand als soziales Netzwerk einer Universität (Harvard 2004). Soziale und persönliche Daten sind ständig Online. Selbst Wissenschaftsbörsen finden im Netz statt. Insbesondere für Sozial-, Human- und Geisteswissenschaften ergeben sich neue Forschungsperspektiven menschlichen Verhaltens.*



# Smart Cities and Smart Worlds ?

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

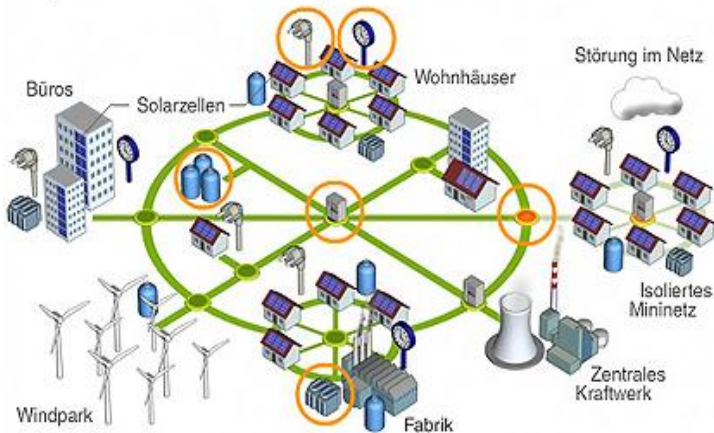


*Von **Bürgerservice, Wohnen und Mobilität** über **Bildung, Energie- und Gesundheitswesen** bis zur **öffentlichen Sicherheit** reichen die Anwendungsfelder **smarter Technologien**.*

# Datenverarbeitung intelligenter Stromnetze (Smart Grids)

## Intelligente Stromnetze

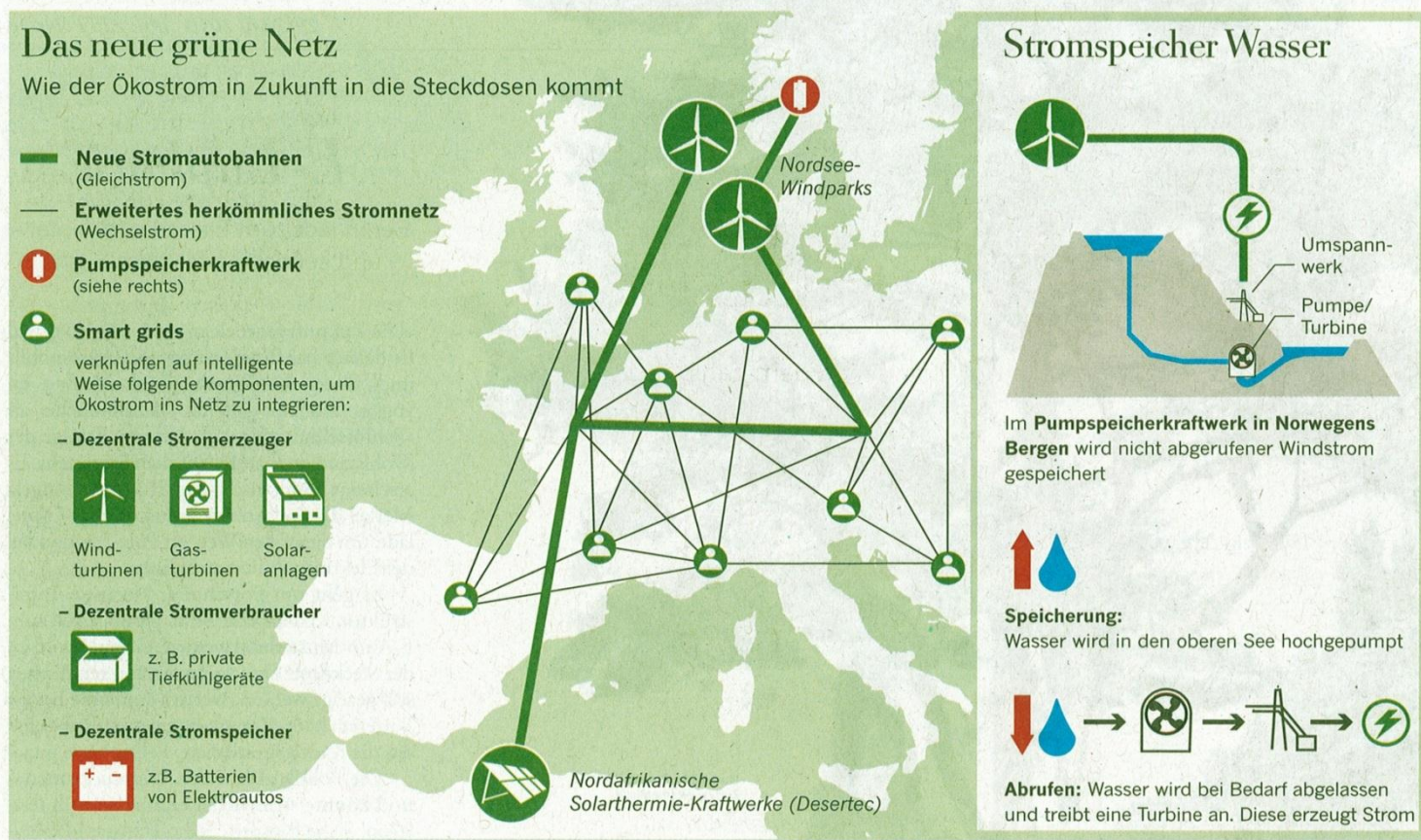
Die Zukunftsvision: ein Netzwerk integrierter Mininetze, das sich selbst kontrolliert und repariert.



**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.**

# Nachhaltige Innovationen im Netz



**Intelligente Netzmodule („Energiebutler“) regeln Speicherung bei Überproduktion und Ausgleich bei Windflaute.**



# Innovation soziotechnischer Systeme



Medizinisches Netzwerk:  
Wie vermeiden wir Irrtümer?  
Wie koordinieren wir alles?

CPS bestehen aus vielen **vernetzten Komponenten**, die sich **selbstständig untereinander koordinieren**. Nur so wird sich die **komplexe Infrastruktur** von z.B. **Energieversorgung, Logistik, Gesundheitsfürsorge, Medizintechnik, Verkehr, Transport, Luftfahrt** bewältigen lassen.

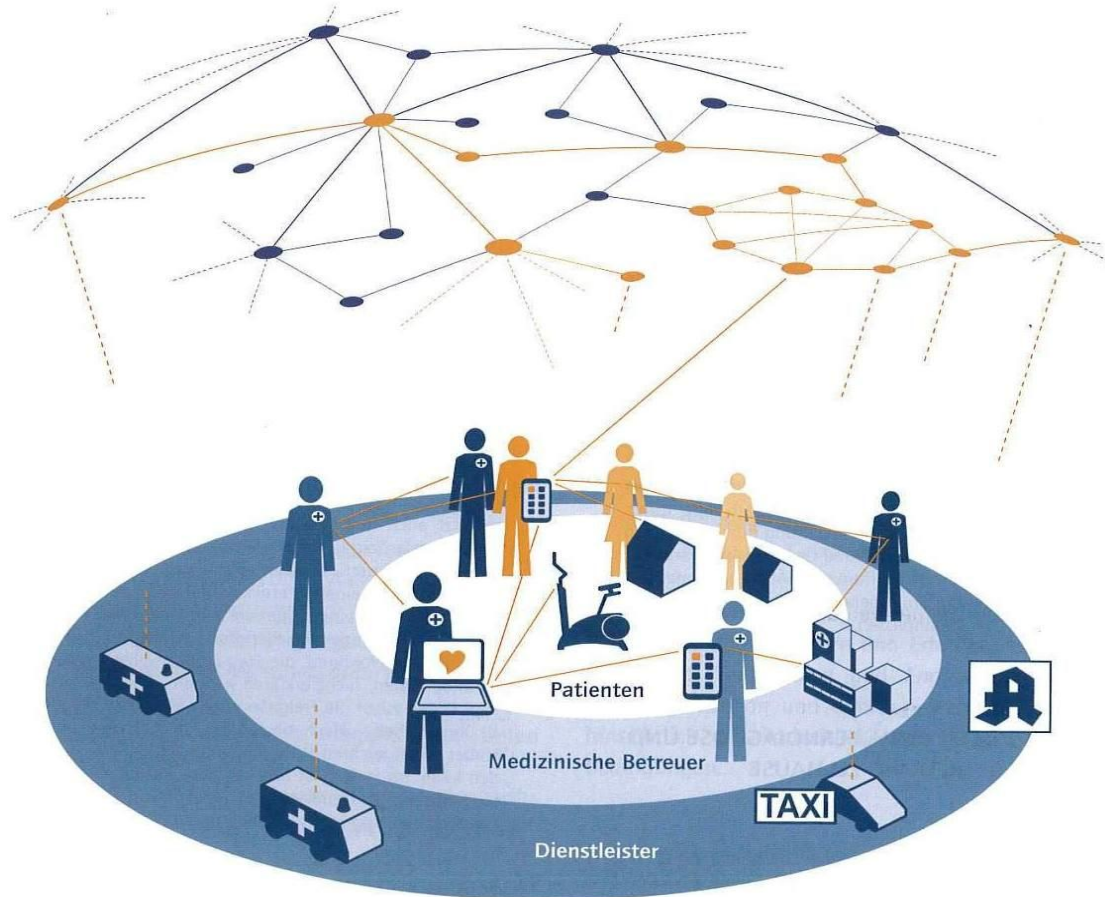
***Klassische Computersysteme trennen physische und virtuelle Welt. Cyber-physical Systems (CPS) erkennen mit Sensoren ihre physische Umgebung, verarbeiten diese Informationen und können die physische Umwelt mit Aktoren auch koordiniert beeinflussen.***



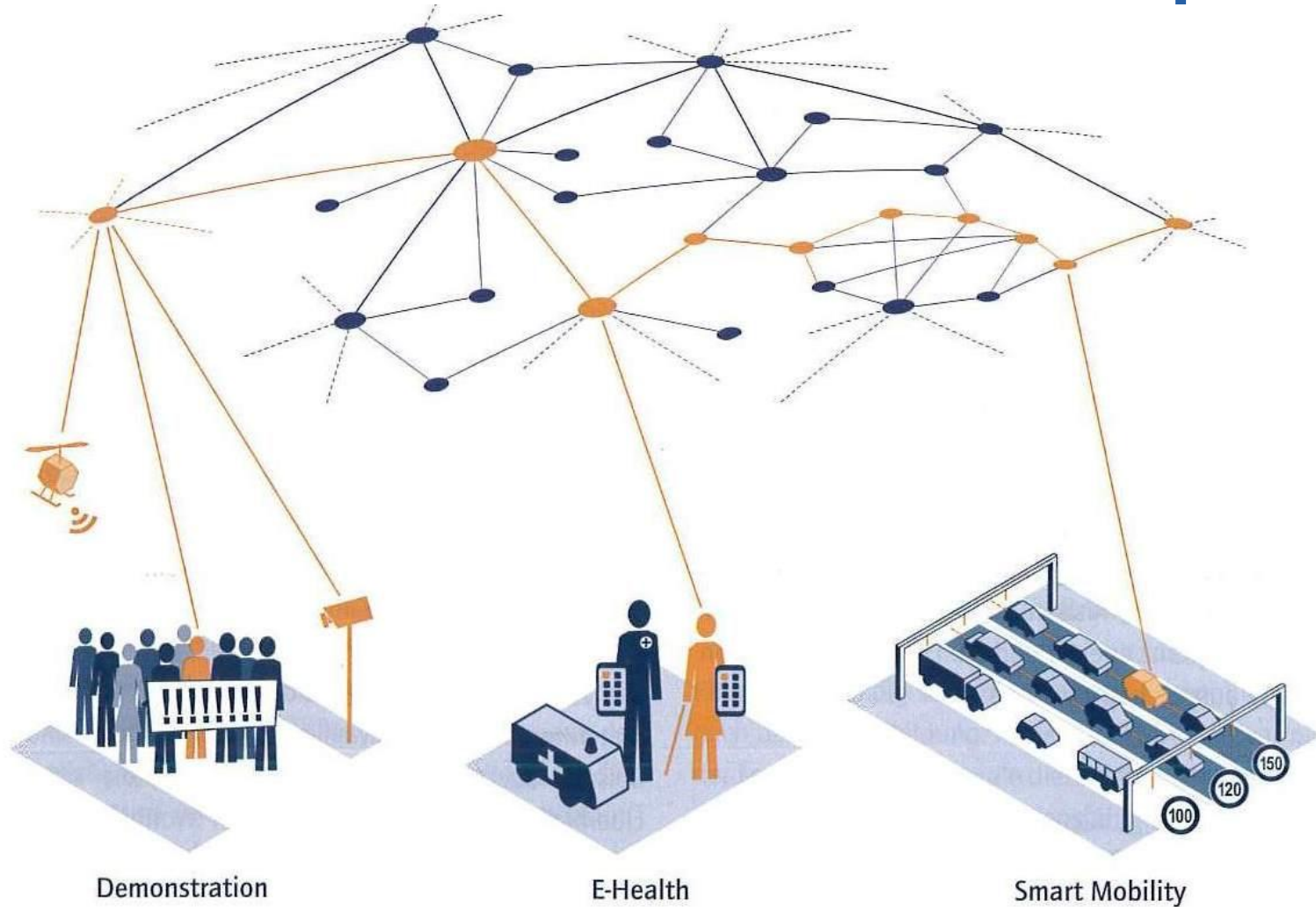
# Global vernetzte CPS-Dienste der Mobilität und ihre situationsabhängige Koordination



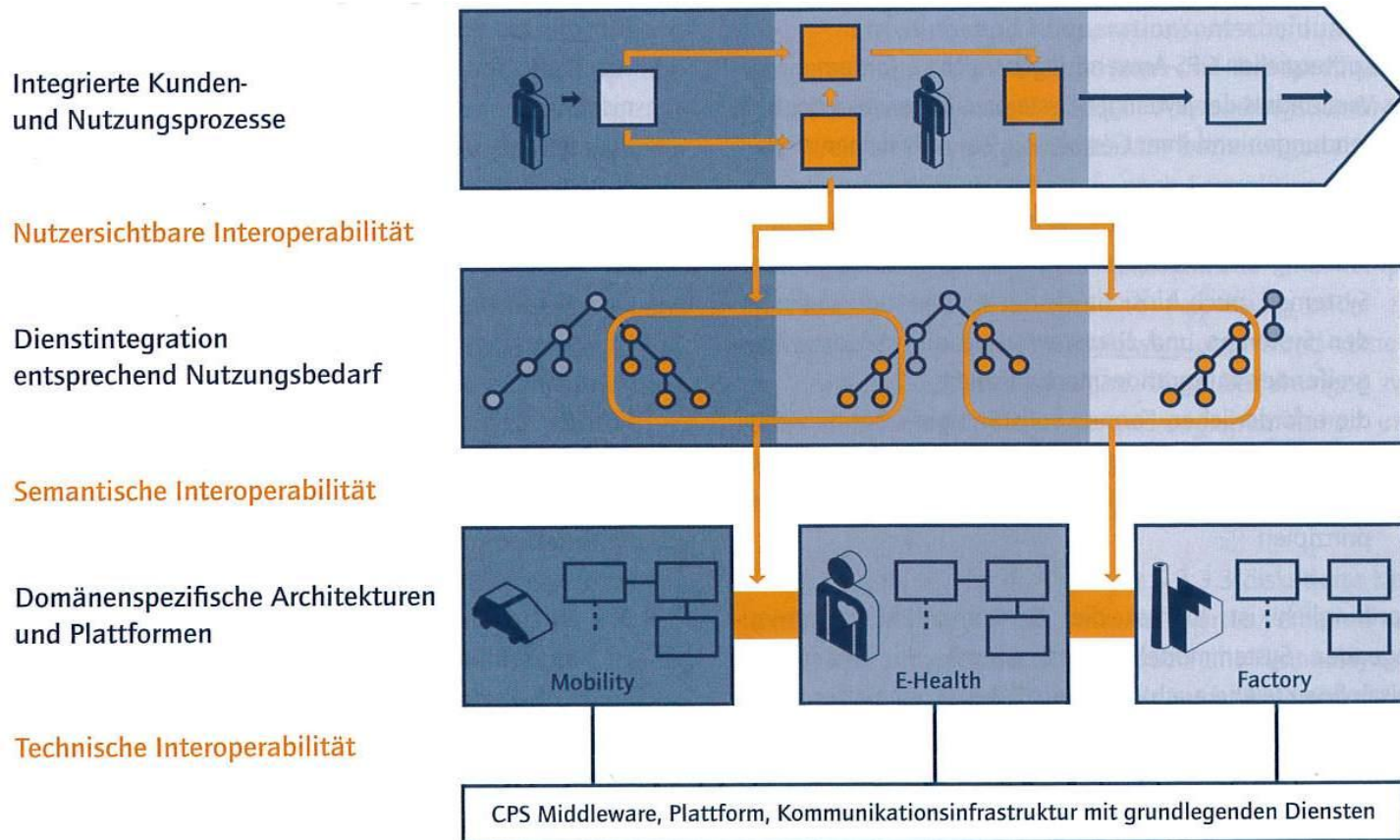
# CPS-Dienste der Gesundheitsbetreuung in der Telemedizin



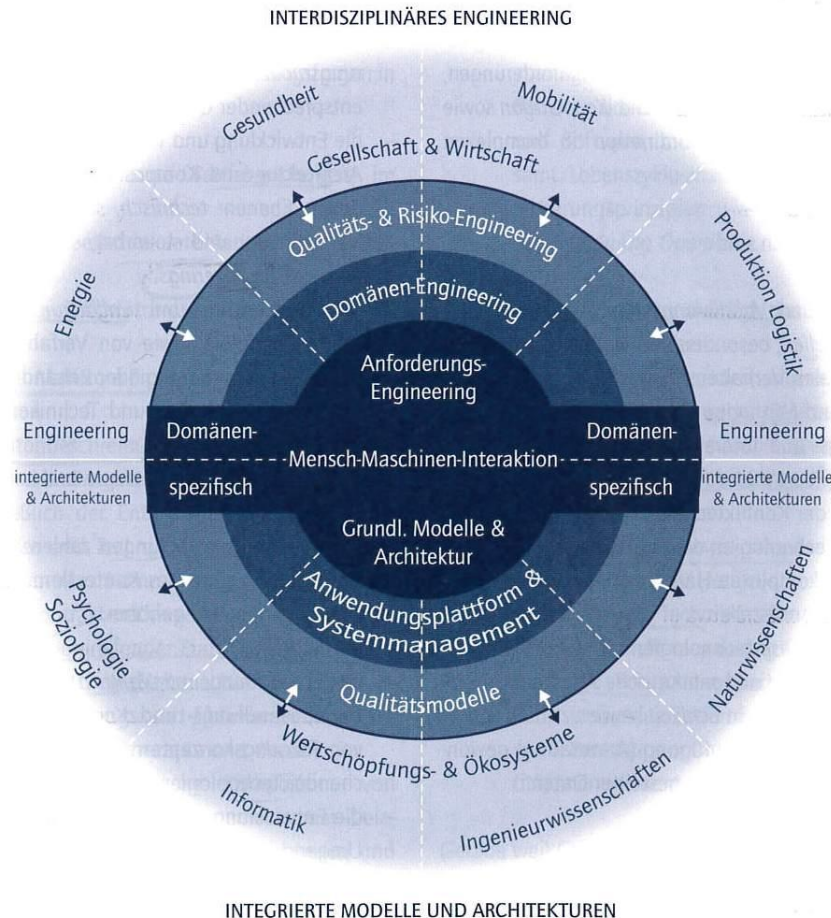
# Vernetzte CPS-Dienste und Nutzerprofil



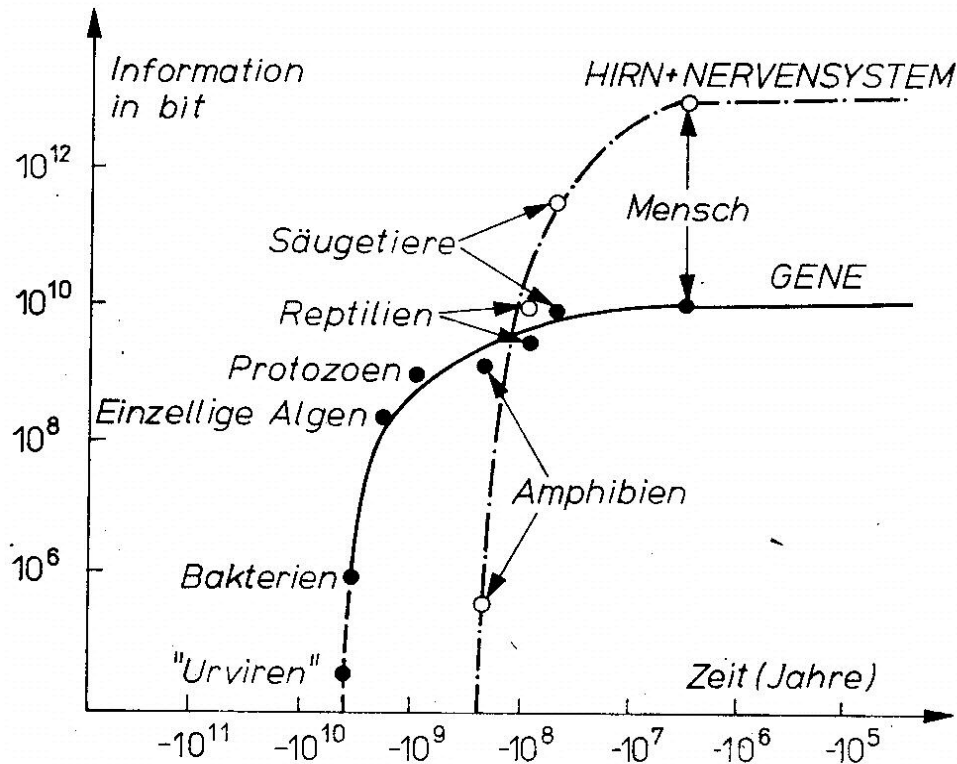
# Abstraktions- und Integrationsebenen von Cyberphysical Systems: Vom Nutzer zum Informationsnetz



# Integrierte Modelle und Architekturen von Cyberphysical Systems



# Evolution von Daten und Information

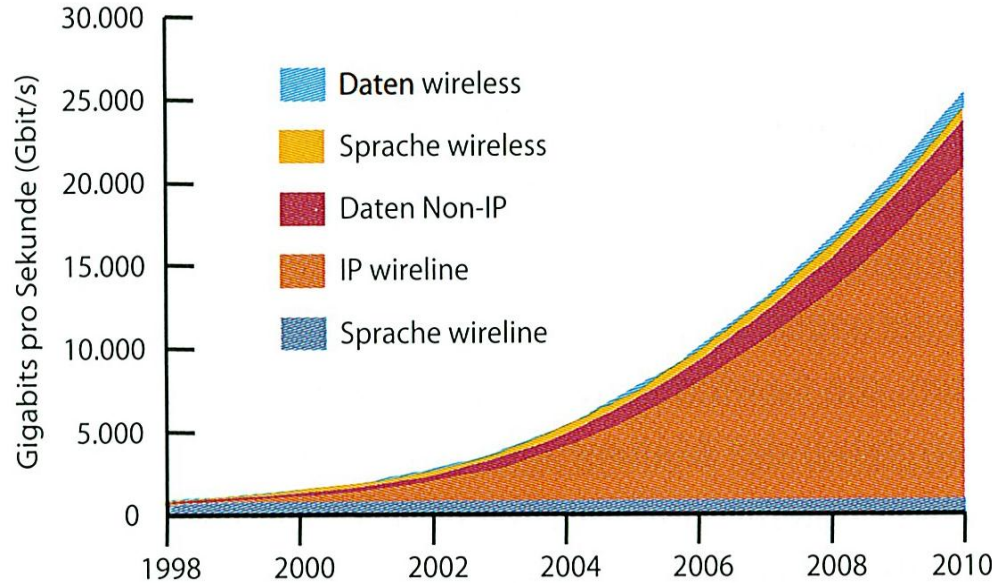


In der *Evolution* entwickelten sich neue Formen der *Informationsspeicherung*:

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

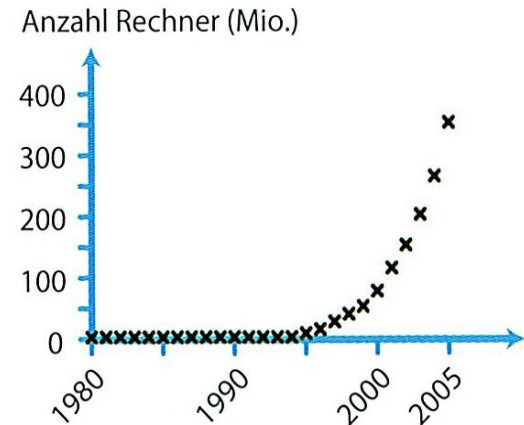
Seit  $10^3$  Jahren entwickelt die Menschheit *extrasomatische Informationsspeicher* (z.B. Bibliotheken, Datenbanken, Internet, Roboter, Cyberphysical Systems), deren *Informationskapazität insgesamt* die Informationen in *einzelnen Gehirnen* weit überschritten hat.

# Datenexplosion und Rechnerzahl im Internet



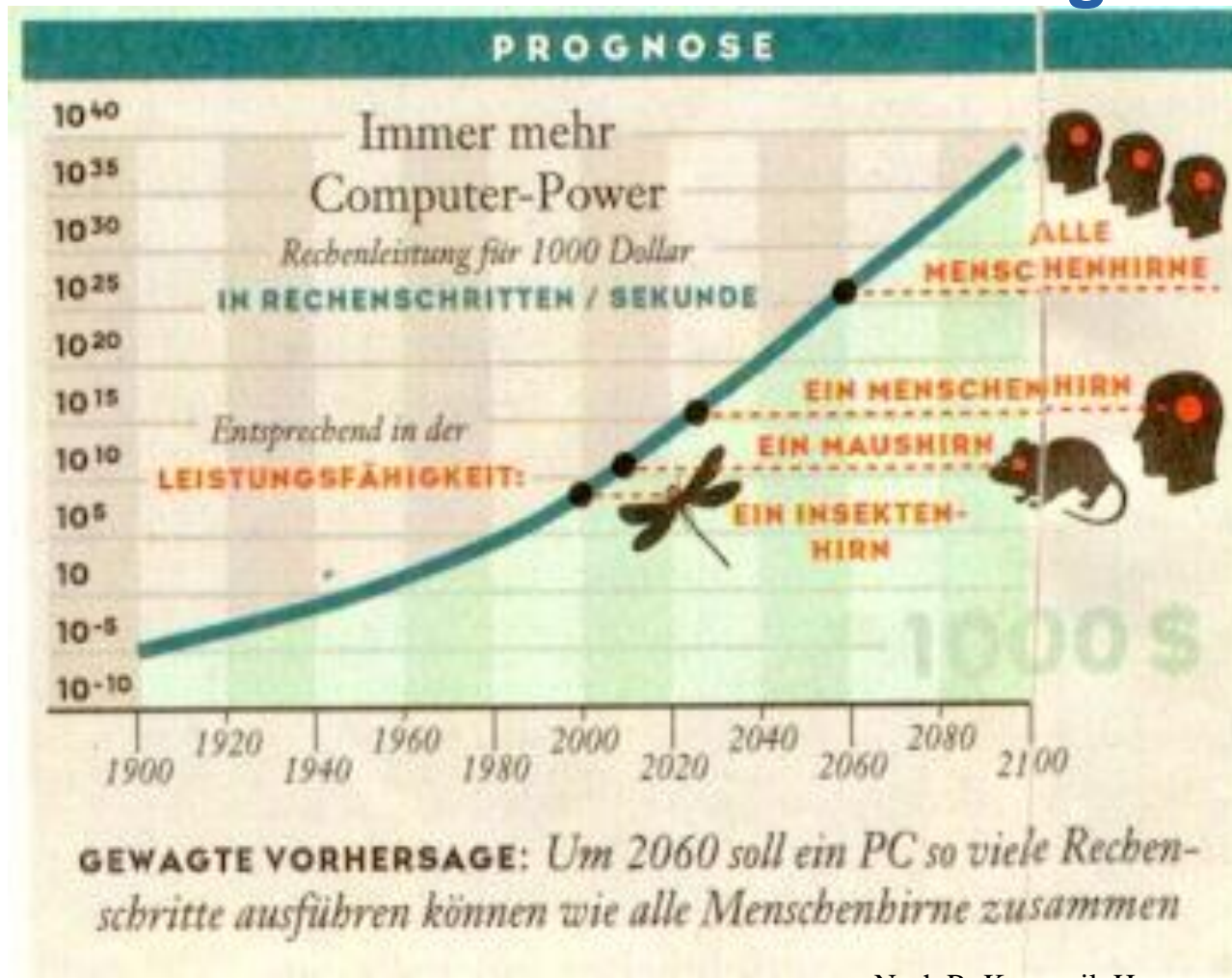
**Die Datenübertragung explodiert von der kontinuierlichen Sprachübertragung zur Übermittlung von Datenpaketen. Die durchschnittliche Zunahme des Datenverkehrs (2003-2010) beträgt ca. 30% pro Jahr.**

**Die Anzahl der ständig an das Internet angeschlossenen Rechner nimmt stetig zu und hat inzwischen die Marke von 400 Mio. überschritten. Die Anzahl der Nutzer liegt im Bereich mehrerer Milliarden Menschen.**





# Zukunft von Rechenkapazität und Informationsverarbeitung



## **4. Informationsinfrastrukturen als soziotechnische Innovation**

# Grundlagen wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen

Die *Modellierung von wissenschaftlichen Informationsinfrastrukturen* erfordert eine *interdisziplinäre Kooperation* der *Technik-, Natur-, Sozial- und Humanwissenschaften*: z.B.

- Physik, Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik
- Kognitionspsychologie, Kommunikationswissenschaft, Soziologie, Philosophie

Erforderlich sind *Modelle des Wahrnehmens, der Integration, des Wissens, Denkens und Problemlösens* bis hin zu *System- und Netzwerkmodellen* der *Techniksoziologie* und *Technikphilosophie*.

*Ziel* ist ein *integratives Human Factor Engineering* von *Informationsinfrastrukturen*.

# Technische Anforderungen wissenschaftlicher Informationsinfrastrukturen

*Human-centered Engineering* zielt auf *integrierte hybride System- und Architekturkonzepte* für:

- *eine verteilte analoge/digitale Kontrolle und Steuerung*
- *Mensch-Technik-Interaktion und integrierte Handlungsmodelle*
- *soziotechnische Netzwerke und Interaktionsmodelle*

Dazu bedarf es des schrittweisen Aufbaus von *Referenzarchitekturen, Domänenmodelle* und *Anwendungsplattformen* einzelner Disziplinen als Voraussetzung für die *bewusste Situations- und Kontextwahrnehmung, Interpretation, Prozessintegration* und ein *verlässliches Handeln* und *Steuern* der Systeme.

# Empfehlungen für wissenschaftliche Informationsinfrastrukturen

***Menschliche Einflussfaktoren („human factors“) bei Informationsinfrastrukturen müssen fachübergreifend („interdisziplinär“) erforscht werden – von klassischen Fragen der Ergonomie, der Integration von adaptiven und adaptierbaren Strukturen im Arbeitsablauf und der entsprechenden Auswirkungen der Nachvollziehbarkeit bis hin zu Problemen der Anpassung des sozialen Verhaltens unter Einfluss der Nutzung entsprechender Systeme.***

## ***Empfohlen wird:***

- ***Einfache, robuste und intuitive Mensch-Maschine-Interaktion, trotz multifunktionaler und komplexer Dienste und Handlungsmöglichkeiten***
- ***Semantische Integration abhängig von Situation, Prozess- und Handlungskontext (lokal, regional, global)***
- ***Passive Mensch-Maschine-Interaktion des bewussten und unbewussten Beobachtens und Überwachens von Handlungsabläufen***
- ***Wahrnehmung des zunehmenden Kontrollverlusts für Menschen durch autonome Informationsinfrastrukturen***

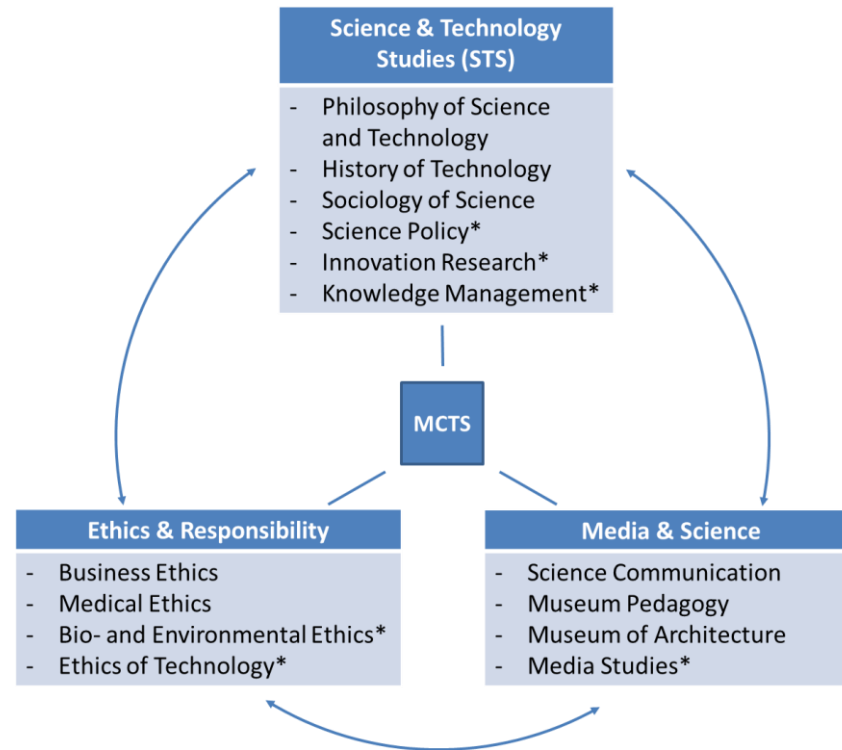
# Ethik / Ethos wissenschaftlicher

## Informationsinfrastrukturen

- *Sensibilität* für zunehmenden Kontrollverlust in offenen (sozialen) Umgebungen mit komplex vernetzten und autonom interagierenden Systemen und Akteuren
- *Verlässlichkeit* und *Vertrauen* der Systeme hinsichtlich *Safety*, *IT-Sicherheit* und *Privatsphäre*
- *Leistung* und *Energieeffizienz* (Umwelt)
- *Knowhow-Schutz* in offenen Wertschöpfungsketten
- *Abschätzung* und *Bewertung* von *ungewissen* und *verteilten Risiken*
- *Angemessenes* und *fares Verhalten* bei *Zielkonflikten* verschiedener Teilsysteme
- *Verbindlich* auszuhandelnde *Domänen- / Qualitätsmodelle*, *Regeln* und *Policies* (z. B. *Compliance*)

# Munich Center for Technology in Society (MCTS)

## Knowing

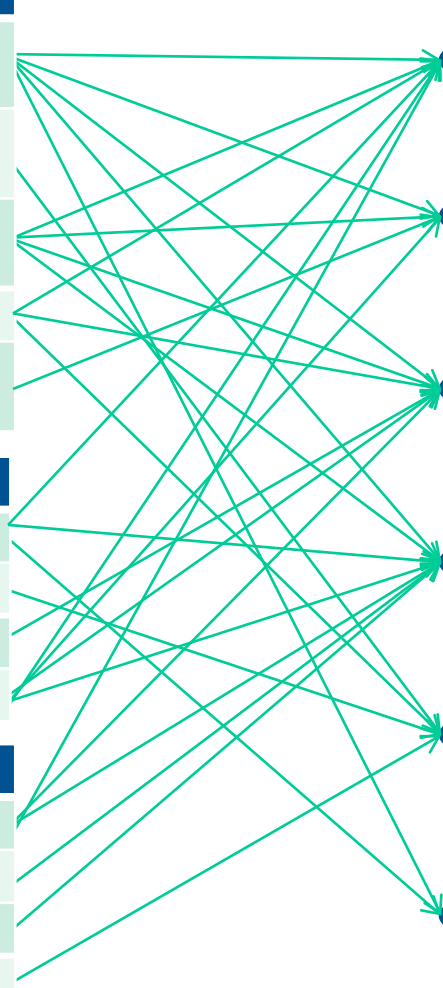


**Evaluating**

**Communicating**

# MCTS: Forschungsprojekte

- Science & Technology Studies (STS)**
  - Philosophy, History, and Sociology of Science and Technology
  - Management, Policy\*, and Innovation Research\*
  - Risk Analysis and Reliable Technical Systems\*
  - Ergonomics and Psychology
  - Urban Development and Regional Planning
- Ethics & Responsibility**
  - Business Ethics
  - Medical Ethics
  - Bio- & Environmental Ethics \*
  - Ethics of Technology\*
- Media & Science**
  - Science Communication
  - Museum Studies
  - Media Studies\*
  - Media Technology



- Mobility Infrastructure**
- Urban Infrastructure**
- Energy Infrastructure**
- Information Infrastructure**
- Robotics Infrastructure**
- Ethical & Behavioral Patterns**



# Informationsinfrastrukturen und Demokratie

1. **Deutlich gestiegene Aufmerksamkeit durch zivilgesellschaftliche Organisationen, NGOs und Öffentlichkeit (“Digitalisierung der Gesellschaft”)**  
⇒ Echtzeit-Information, neue (“liquid”) Demokratieförm, höhere Reaktivität (“Netzdichte”), soziale Kaskadeneffekt
2. **Forderung nach Veränderung rechtlicher Verfahren (“Planfeststellungsverfahren”) ⇒ Stärkere Beteiligung der Zivilgesellschaft (“partizipative Demokratie”)**
3. **Lösungen müssen technische, ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Dimensionen mit einbeziehen ⇒ Nachhaltigkeit**
4. **Trotz größerer Partizipation müssen soziotechnische Großprojekte realisierbar bleiben, um den Innovationsstandort Deutschland nicht zu gefährden ⇒ Robustheit**

# Leibniz-Welt als soziotechnische Innovation



***Nachhaltige und robuste Innovationen machen die Zukunftsfähigkeit einer Gesellschaft erst möglich.***

***In der Leibniz-Welt globaler Digitalisierung, Informations- und Wissensvermehrung schaffen nachhaltige Informationsinfrastrukturen erst die Voraussetzung für Innovationspotentiale der Wissenschaft.***

*Leibniz*