

# Künstliche Intelligenz

Prof. Dr. Dirk Krechel  
Hochschule RheinMain

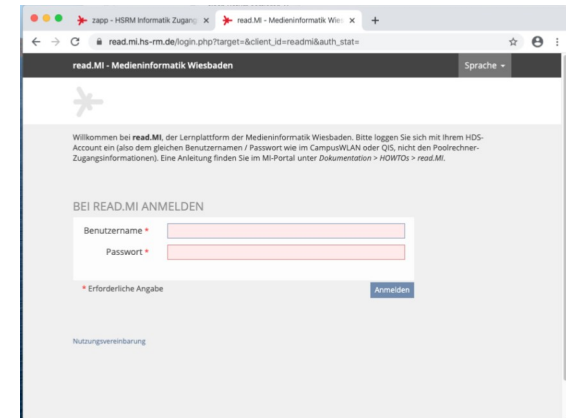


Hochschule **RheinMain**  
University of Applied Sciences  
Wiesbaden Rüsselsheim

- Aktuelle Infos, Folien, Übungsblätter:

- Read.mi

- <https://read.mi.hs-rm.de>

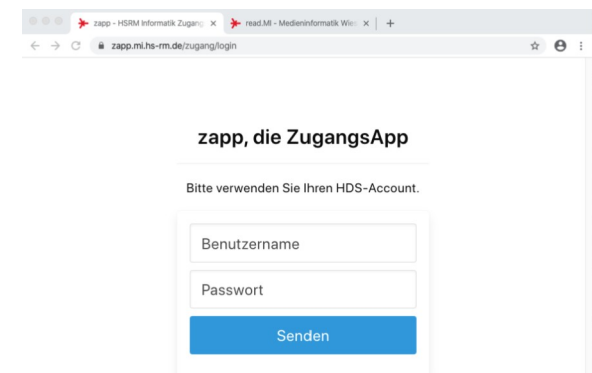


- Vorlesung und Übung:

- Zu den angegebenen Zeiten in BigBlueButton

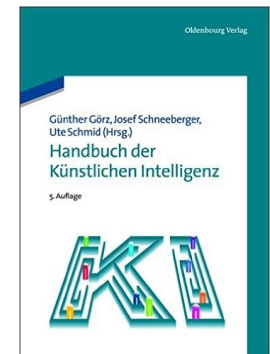
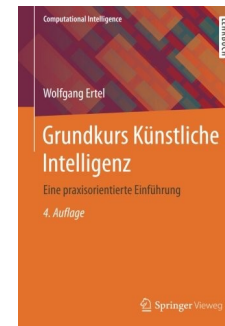
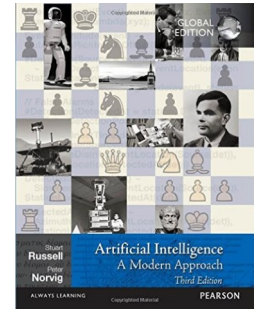
- <https://zapp.mi.hs-rm.de>

- Login bei beiden Systemen mit dem HDS (WLAN) Account



- Einführung
- Symbolische Verfahren, Logik
  - Aussagenlogik, Prädikatenlogik
  - Horn Logik, Prolog
- Suchen und Bewerten
  - Problemlösen durch Suche
    - Uninformierte Suche
    - Heuristische Suche
    - Spielbäume
- Lernen
  - Entscheidungstheorie
  - Naive Bayes
  - Entscheidungsbäume
  - Neuronale Netze
  - unüberwachtes Lernen

- Artificial Intelligence – A modern approach  
S. Russell, P. Norvig,  
Prentice Hall International,  
3rd Edition, 2016  
— Deutsche Ausgabe 2012
- Grundkurs Künstliche Intelligenz  
Wolfgang Ertl, 4. Auflage Springer, 2016
- Handbuch der Künstlichen Intelligenz  
G. Görz, J. Schneeberger, 5. Auflage  
Oldenbourg 2013
- Logik für Informatiker  
Kreuzer, Kühling  
Pearson, 2006



# \* Künstliche Intelligenz

- Künstliche Intelligenz (KI)
  - Artificial Intelligence (AI)
- Intelligentes Verhalten in künstlichen Systemen
- Beinhaltet
  - Wahrnehmen
  - Schlussfolgern
  - Lernen
  - Kommunizieren
  - Handeln in komplexen Umgebungen
- Ziele der KI als Disziplin
  - Ingenieurwissenschaftlich: Bau von Systemen
  - Erkenntniswissenschaftlich, philosophisch:
    - Was ist Intelligenz?
    - Welche Prinzipien unterliegen intelligentem Verhalten?
    - Welche prinzipiellen Einschränkungen gibt es?

# \* Künstliche Intelligenz – Definitionen

- Systeme denken wie Menschen  
The automation of activities that we associate with human thinking, activities such as decision-making, problem solving, learning.  
*Bellmann, 1978*
- Systeme denken rational  
The study of mental faculties through the use of computational models.  
*Charniak & McDermott, 1985*
- Systeme handeln wie Menschen  
The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better.  
*Rich & Knight, 1991*
- Systeme handeln rational  
The branch of computer science that is concerned with the automation of intelligent behavior.  
*Luger & Stubblefield, 1993*

# \* Operationale Definition von KI

- Turing Test

- Vorgesprochen von Alan Turing, 1950 in *Computing Machinery and Intelligence*



- <http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>

- Turing definiert

- intelligentes Verhalten als
- die Fähigkeit menschenähnliches Verhalten bei allen kognitiven Aufgaben so zu produzieren,
- dass es hinreichend ist um einen Menschen zu täuschen.

- Der Test

- Ein menschlicher Befrager interagiert mit einem rein textuellen Interface mit zwei Kommunikationspartnern. Einer ist ein Mensch der zweite eine Maschine.
- Kann der Befrager nicht entscheiden, wer Mensch und wer Maschine ist, hat die Maschine den Turing Test bestanden.

It is proposed that a machine may be deemed intelligent, if it can act in such a manner that a human cannot distinguish the machine from another human merely by asking questions via a mechanical link

*Alan Turing, 1950*

- 1956 Dartmouth Konferenz
  - Der Begriff „Artificial Intelligence“ wird von McCarthy geprägt
- Erste Systeme
  - Logic Theorist  
(Newell, Shaw, Simon, 1957):  
Beweisen von Sätzen der Aussagenlogik
  - Checker (Samuel 1959 & 1967):  
Spiel „Dame“; gewinnt gegen Menschen
  - General Problem Solver  
(Newell, Shaw, Simon 1959, 1963):  
Löst mathematische Aufgaben zur symbolischen Integration
- Probleme
  - Funktionieren nur in Spielzeugwelten, skalieren nicht auf reale Probleme
  - Einschränkungen durch Speicher/Rechenleistung der 60er und 70er

## **A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

J. McCarthy, Dartmouth College  
M. L. Minsky, Harvard University  
N. Rochester, I.B.M. Corporation  
C.E. Shannon, Bell Telephone Laboratories

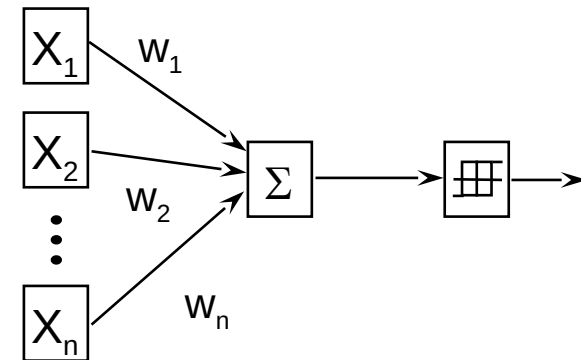
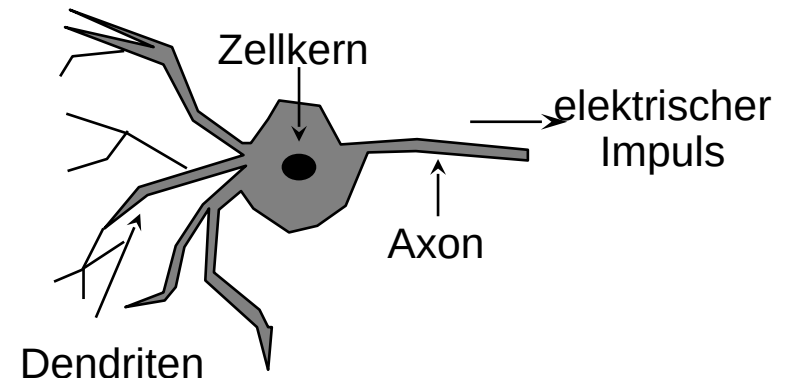
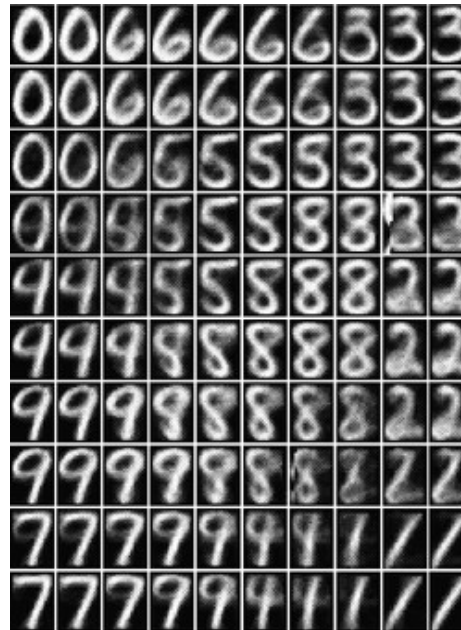
August 31, 1955





# \* Geschichte der KI / 2

- 1958 Subsymbolisch (*analog*)
  - Neuronale Modelle, z.B. Perceptron (Rosenblatt, 1958)
  - Spezielle (analoge) Hardwaresysteme
- Anwendungen
  - Mustererkennung
  - Adaptive Kontrollsysteme
- Probleme
  - Erkennen der grundsätzlichen Beschränkung des Perceptronmodells (Minsky & Papert, 1969)
  - XOR, Parität, ... nicht darstellbar



# \* Geschichte der KI / 3

- 1980 Wissensintensive Phase

- Suche allein nicht ausreichend
- Bedeutung von problemspezifischem Wissen wird erkannt
- Erste „Expertensysteme“
  - medizinische Diagnose, Konfiguration von Computern



What makes an expert's behavior so peculiar is the experience, not anything peculiar about his or her brain. We're betting that the process underlying thinking is actually very straightforward: selective search and recognition

*Herbert Simon*

- Vision

- Expertensysteme sollen menschliche Experten ersetzen
- Wissensrepräsentation überwiegend basierend auf Logik

- Hauptprobleme

- Aufwand bei der Wissensakquisition und Wartung
  - Knowledge Engineering Methodologien wurden erforscht
  - Maschinelles Lernen zur Automatisierung der Wissensakquisition
- Repräsentation von „Common Sense“
  - 1984, Projekt CYC („enCYClopedia“), Doug Lenat USA
  - heute, CyCorp ([www.cyc.com](http://www.cyc.com)) und öffentliche OpenCyc Version

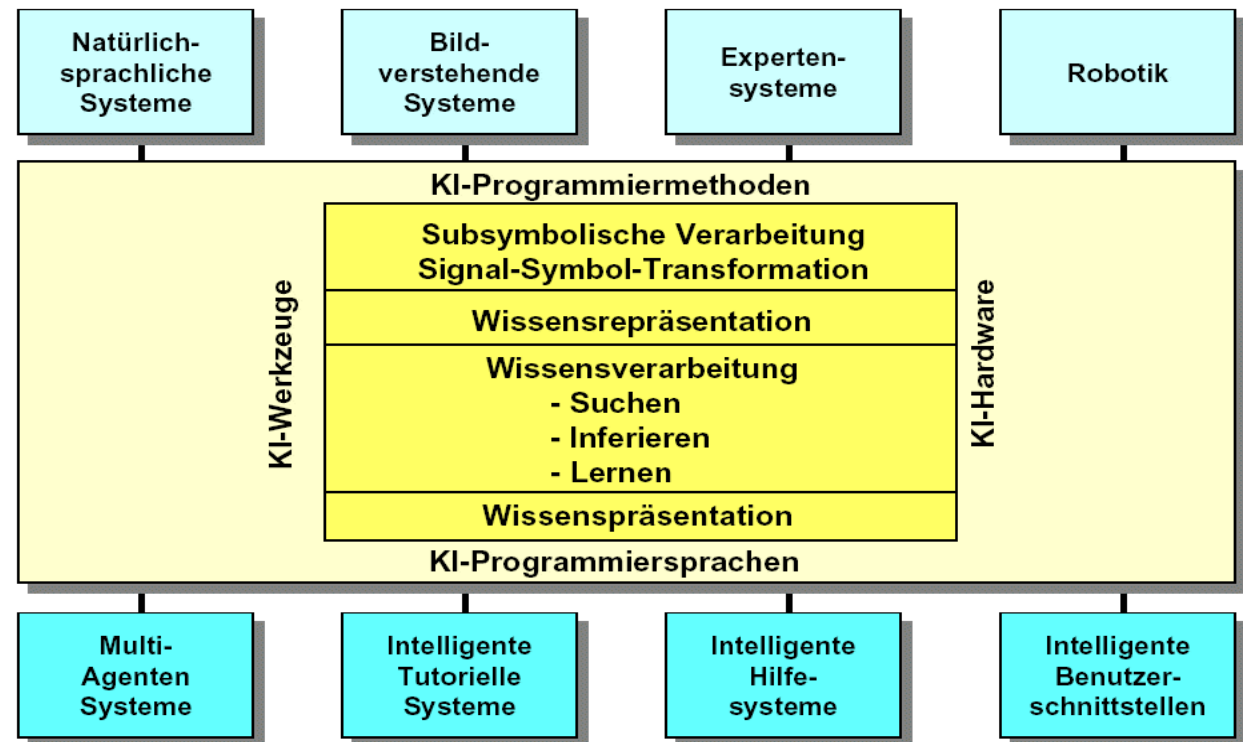
# \* Geschichte der KI / 4

- Aktuelle Trends
  - Assistenzsysteme und Wissensmanagement im Gegensatz zu klassischen Expertensystemen
  - Integration von KI-Techniken in Systeme, intelligente Systeme
  - KI in der Robotik
  - Vernetzung: Verteilte KI, Multi-Agenten Systeme
  - Internet: Semantic Web
    - Semantisch annotierte Web Inhalte; automatisches Schlussfolgern
- Erfolge (?)
  - Deep Blue gewinnt im Schach, gegen Kasparow, 1997
  - Watson gewinnt in Jeopardy, 2011



# \* Geschichte der KI / 5

- Wichtige Grundlagen
  - Symbolische Wissensrepräsentation, Schlussfolgern, Lernen, Planen
  - Subsymbolische Wissensrepräsentation, Wahrnehmen, Handeln, Lernen
  - Interaktion mit der Umwelt, Menschen, Sensoren, Internet
- KI-Kerngebiete



Quelle: W. Wahlster,  
Vorlesungsskript zur  
Künstlichen Intelligenz

# \* Symbolisch versus Subsymbolisch

	symbolisch	subsymbolisch
Performanz- element	Manipulation von Symbolen Sequentielle Verarbeitung Komplexe Wissensverarbeitung (Such- & Inferenzprozesse)	Manipulation von numerischen Werten Parallele / Verteilte Verarbeitung viele, relative einfache Verarbeitungseinheiten
Wissen	explizite Repräsentation des Wissens Entscheidungsbäume, Regeln, Fälle	verteilte, implizite Repräsentation des Wissens Vernetzung, Zustand der Einheiten
Lernen	Suche im Hypothesenraum Steuerung über Bewertung	Optimierung, Bestimmung von Gleichgewichtszuständen deterministisch, stochastisch

# \* Wissen und Wissensarten

- Wissen ist meist wertvollste Ressource eines Unternehmens
- Zugang und Bereitstellung von Wissen ist entscheidend
  - In Beratungsunternehmen
  - In der Produktentwicklung
  - In der Diagnose, z.B. in der Medizin
  - In Verkaufsgesprächen
  - Beim Customer Support, z.B. beim Troubleshooting
  - und alles global, 24x7
- Beispiele
  - Support: You have got a defect on your car in the middle of the motorway. A technician from AAA finally shows up, he realizes directly the problem. He tells you: “This problem is typical for this car model. I had another four others this week!”

The shop assistant can often estimate customer demands by his experiences made over the years. “I had a customer who was in the same situation like you. He has chosen model xyz and is very satisfied with this product.”
  - Verkauf:

# \* Was ist Wissen

- Definitionsversuche in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen:  
*Philosophie Psychologie, Kognitionswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, Informatik, Künstliche Intelligenz*
- Webster's New Encyclopedic Dictionary
  - Knowledge
    - understanding gained by actual experience
    - the state of being aware of something or of having information  
range of awareness or information
    - the act of understanding: clear perception of truth
    - something learnt and kept in mind
  - Information
    - the communication or reception of knowledge or intelligence
    - knowledge obtained from investigation, study, or instruction  
knowledge of a particular event or situation (news)  
fact, data  
a signal or mark put into or put out by computing machine
  - Data
    - factual information (as measurements or statistics) used as a basis for reasoning, discussion, or calculation

Ein sowohl subjektiv als auch objektiv  
zureichendes Fürwahrhalten

*Kant*

Evidenz davon, dass ein gewisser  
Sachverhalt gelte oder nicht.

*Husserl*



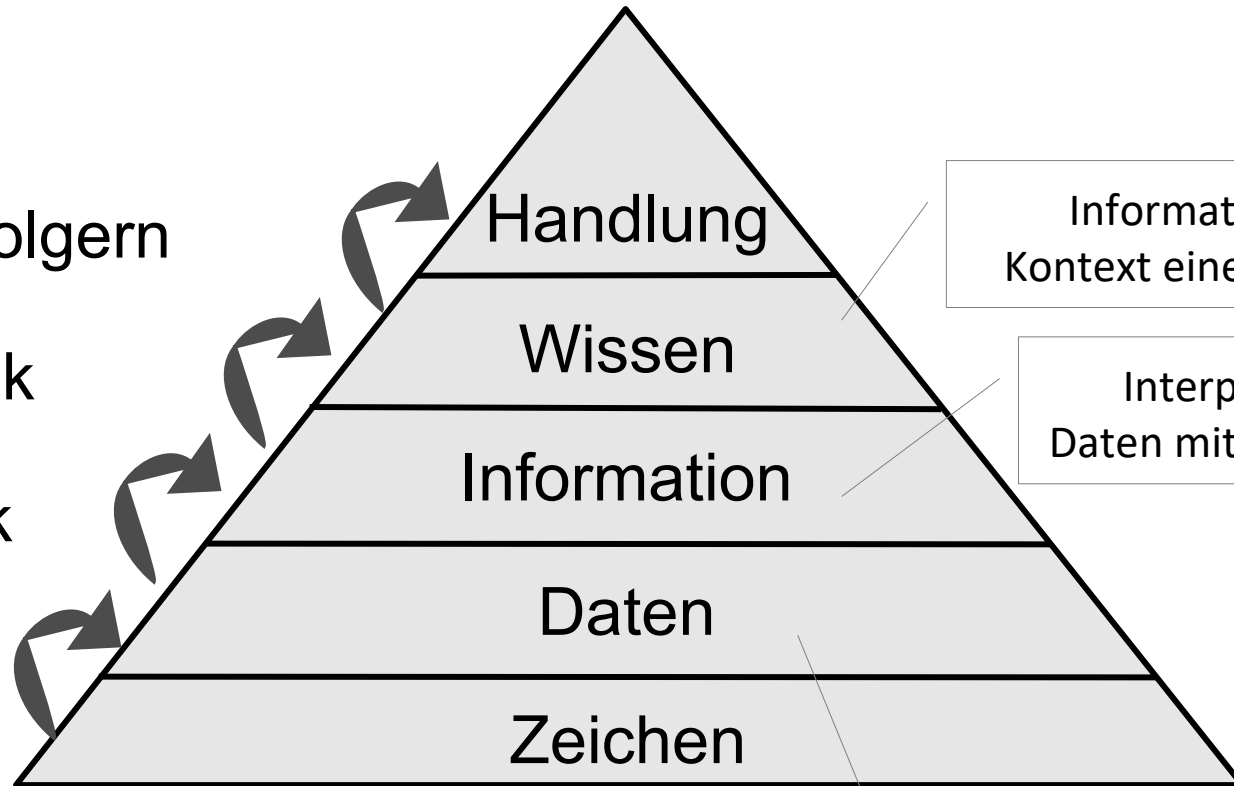
# \* Wissenspyramide

+ Schlussfolgern

+ Pragmatik

+ Semantik

+ Syntax



Information im  
Kontext einer Aufgabe

Interpretierte  
Daten mit Bedeutung

Syntax, ohne  
Bedeutung

# \* Charakterisierung von Wissen

- Verschiedene Typen von Wissen
  - Implizites                  versus                  explizites Wissen
  - Deklaratives              versus                  prozedurales Wissen
  - Allgemeines              versus                  spezifisches Wissen
  - Erfahrung

# \* Charakterisierung von Wissen

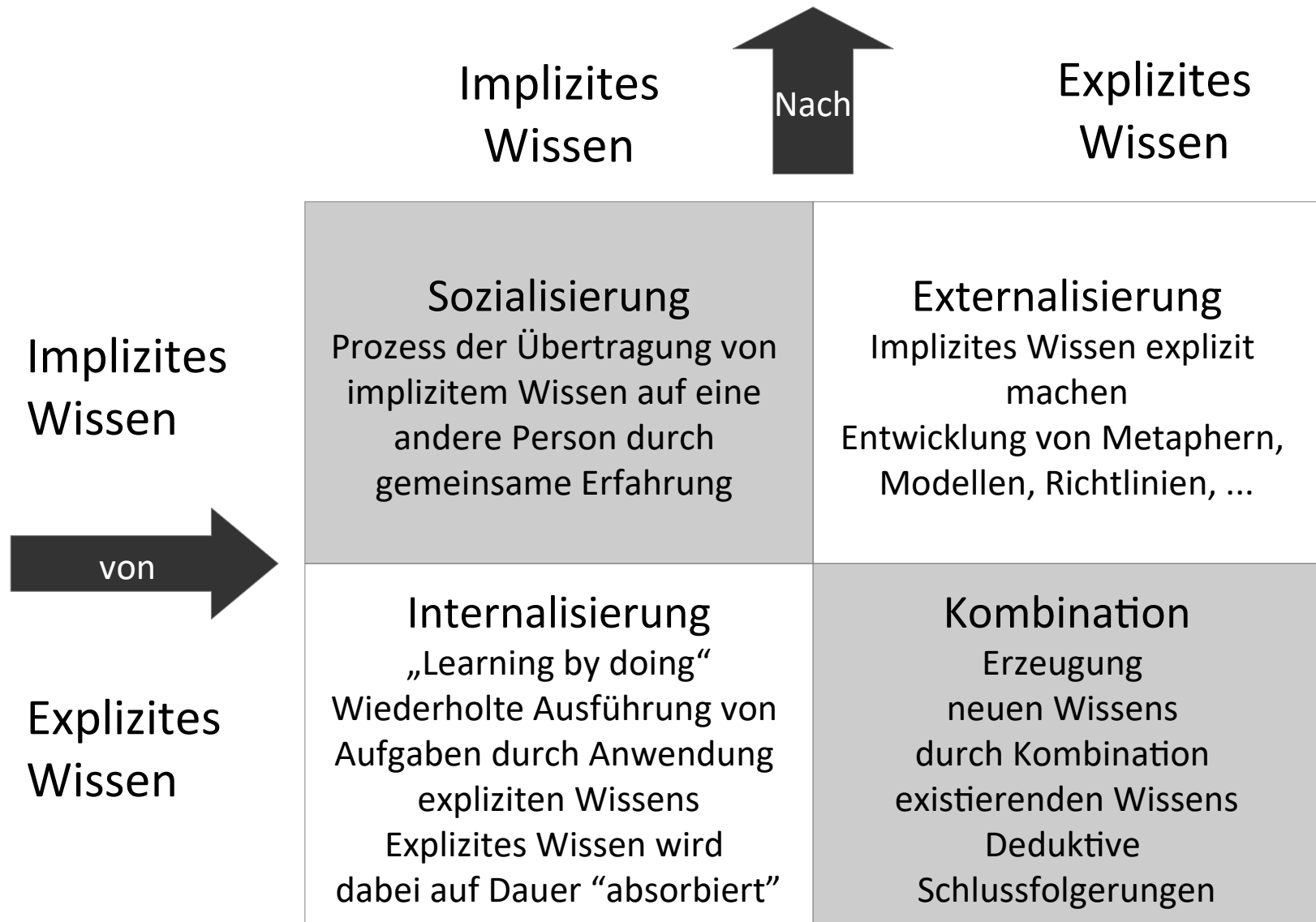
## **Implizites Wissen**

- Schwer kommunizier- & dokumentierbar
- Schwer formalisierbar
- An Gehirn des Menschen gebunden
- Kann nicht direkt verwendet werden, außer durch Person, die es besitzt.
- Formen von implizitem Wissen
  - Fertigkeiten und Prozeduren
  - Motorische Reaktionsprozesse
  - Intuitionen
  - verstecktes Wissen in großen Datenbeständen

## **Explizites Wissen**

- Kann kommuniziert werden
- Kann dokumentiert und in verschiedenen Sprachen formalisiert werden
- Kann direkt angewendet werden
- Formen von explizitem Wissen:
  - Regeln, Normen, Gesetze
  - Prozeduren, Empfehlungen
  - Naturgesetzen und Ausnahmen
  - Hierarchische Beziehungen
  - Eigenschaften und Bedingungen

# \* Wissenstransformation



# \* Deklaratives versus Prozedurales Wissen

## Deklaratives Wissen

- „Knowing what“
- Wissen über Fakten und Zusammenhänge
- Handlungen können aus deklarativem Wissen inferiert werden

## Prozedurales Wissen

- “Knowing how”
- Wissen über Problemlösen, Prozeduren, Handlungsfolgen
- In prozeduralem Wissen werden Aktionen explizit genannt  
(zum Beispiel Wissen in Form eines imperativen Programms)

# \* Allgemeines versus Spezielles Wissen

## Allgemeines Wissen

- Aussagen mit einer breiten Abdeckung in einem Diskursbereich
- Können sogar über einen Gegenstandsbereich hinaus gehen
- Zum Beispiel Regeln, Gesetze, Prinzipien

## Spezielles Wissen

- Sehr enger Gegenstand
- Begrenzte Abdeckung
- Fakten, spezielle Beobachtungen

- Spezifisches Wissen
- Aufgetreten in einem speziellen Problemlösungskontext
- Gespeichert
- Einfacher zu akquirieren und speichern als allgemeines Wissen
- Wiederverwendung vergleichsweise einfach
- Sehr wertvoll

*There was an engineer who had an exceptional gift for fixing all things mechanical. After serving his company loyally for over 30 years, he happily retired. Several years later the company contacted him regarding a seemingly impossible problem they were having with one of their multimillion-dollar machines. They had tried everything and everyone else to get the machine to work but to no avail. In desperation, they called on the retired engineer who had solved so many of their problems in the past. The engineer reluctantly took the challenge. He spent a day studying the huge machine. At the end of the day, he marked a small "x" in chalk on a particular component of the machine and stated, "This is where your problem is". The part was replaced and the machine worked perfectly again.*

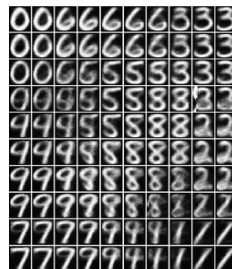
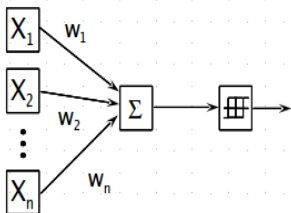
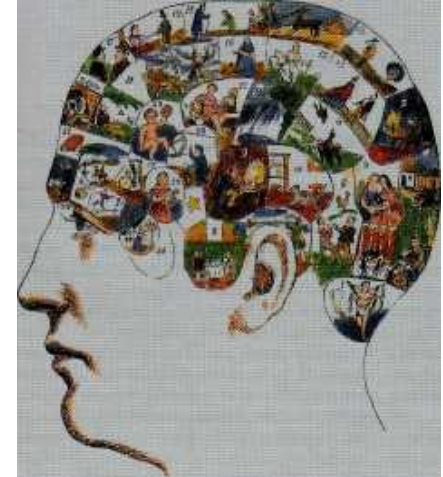
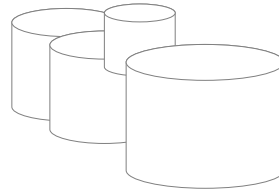
*The company received a bill for \$50,000 from the engineer for his service. They demanded an itemized accounting of his charges. The engineer responded briefly:*

<i>One chalk mark.....</i>	<i>\$1.00</i>
<i>Knowing where to put it.....</i>	<i>\$49,999.00</i>

*It was paid in full.*

# \* Speichern von Wissen

- im Gedächtnis des Menschen
- in Datenbanken
- in Büchern
  - Fachbücher
  - Handbüchern
  - Kataloge
- in multimedialer Art
  - Abbildungen
  - Graphiken
  - Videos





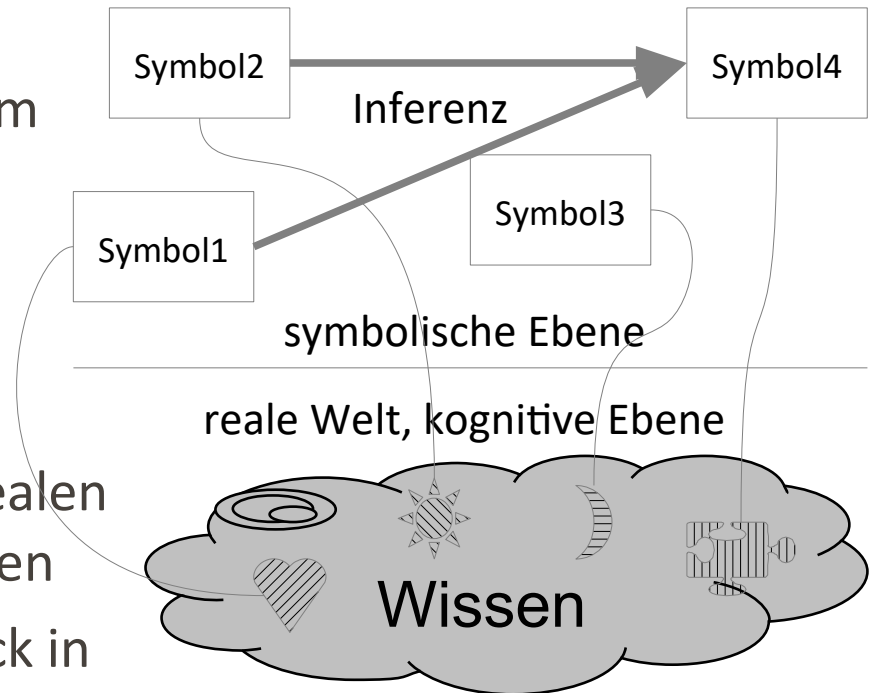
# \* Symbolische Wissensrepräsentation

- Wissensrepräsentation
  - Intelligente System basieren auf Wissen
  - Meist Fokus auf bestimmten Gegenstandsbereich
  - Wissen muss dargestellt/repräsentiert werden
  - Viele Ansätze bekannt, die meisten basieren auf **Logik**

# \* Symbolische Wissensrepräsentation

- Wissensrepräsentation basierend auf Logik

- Anforderung: Repräsentation von Wissen in einer Form, dass diese durch ein Programm verarbeitet werden kann (Suche, Schlussfolgern)
- Symbolische Repräsentation als ein Ansatz
- Formalisierung: Wissen der realen Welt in Symbole transformieren
- Interpretation: Symbole zurück in Wissen der realen Welt abbilden



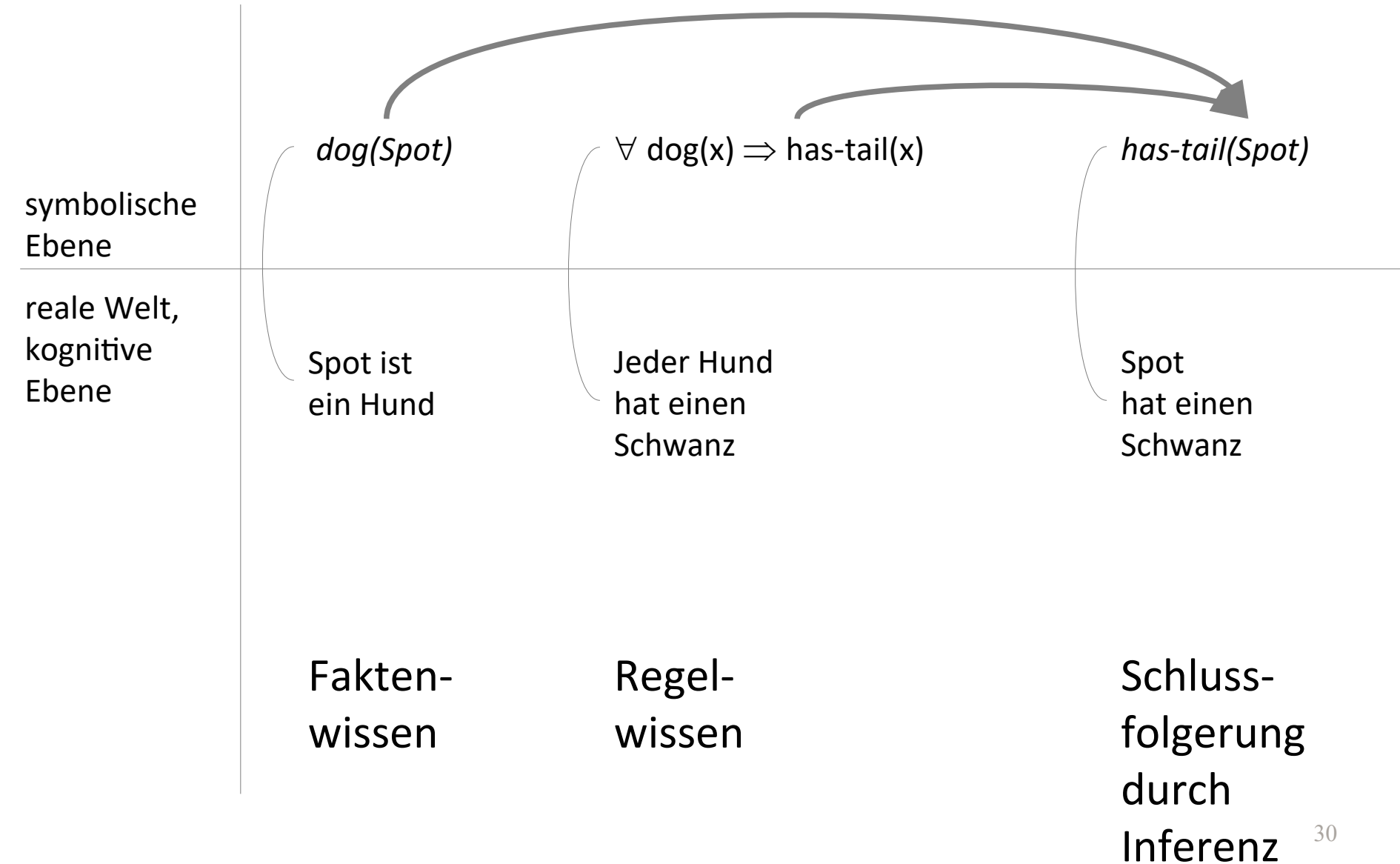
# \* Symbolische Wissensrep. – Bestandteile

- Formale Sprache
  - atomare Sprachelemente
  - Konstruktoren zur Kombination der atomaren Sprachelemente
  - zulässige Ausdrücke der Sprache
- Inferenzmechanismus
  - Ableitung von Schlussfolgerungen innerhalb der formalen Sprache
- Vokabular
  - Ausdruck der wesentlichen Konzepte der realen Welt
- Wissen/Wissensbasis
  - Sammlung von Ausdrücken der formalen Sprache unter Verwendung des Vokabulars

# \* Symbolische Wissensrep. – Anforderungen

- Adäquatheit der Repräsentation
  - Ist es möglich alles zu repräsentieren, was von Interesse ist?
- Adäquatheit des Inferenzmechanismus
  - Ist es möglich das neue Wissen abzuleiten, das von Interesse ist?
- Effizienz des Inferenzmechanismus
  - Wie schwierig ist es (aus Sicht des Berechnungsaufwandes) neues Wissen abzuleiten?
- Effizienz der Akquisition
  - Wie schwierig ist es (aus Sicht des Wissensingenieurs) Wissen zu formalisieren?

# \* Symbolische Wissensrep. – Logik



# \* Sub symb. Wissensrep. – Neuronale Netze

- Neuronale Netze
  - “Verbindungen” zwischen Neuronen (Prozessoren, Recheneinheiten) werden in den Vordergrund gestellt
  - Verbindungen übermitteln Impulse zwischen Neuronen
  - Hoher Vernetzungsgrad ermöglicht Aufbau komplexer Funktionen aus einfachen Grundeinheiten
  - Abkehr von klassischen deterministischen und algorithmischen Architekturen, z.B. logischen Regeln
- Große Anzahl von Verarbeitungselementen
  - Orientiert an statistischen Vorstellungen, z. B. Gleichgewichtszustände
  - Verzicht auf genaue Beschreibung einzelner Elemente
  - Fokussierung auf Beschreibung eines mehrheitlichen Verhaltens
- Herkunft: Neurophysiologie
  - Grundlegendes Verständnis von biologischen Neuronen
  - Biologische Neuronen komplexer als Modelle neuronaler Netze
  - Konzentration auf wesentliche Aspekte der Informationsübermittlung

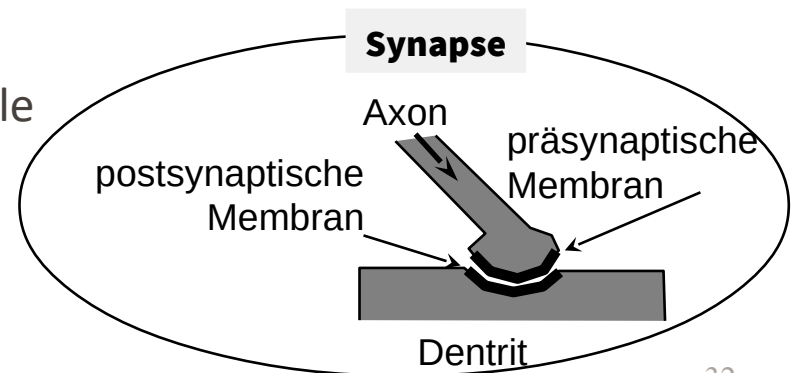
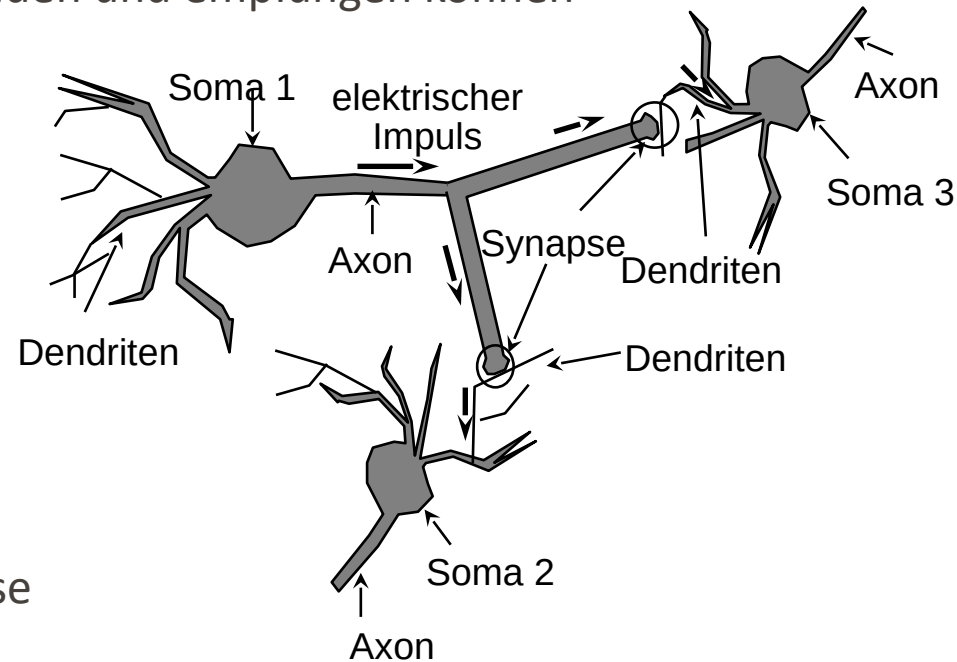
# \* Aufbau biologischer Neuronen

- **Neuronen (Nervenzellen)**

- Zellen, die elektrische Impulse aussenden und empfangen können

- Bestandteile von Neuronen

- **Zellkörper (Soma):**  
Durchmesser 5-100  $\mu\text{m}$ ,  
Zentrum des Neurons
- **Axon:** langer (bis 1m),  
dünner Zellfortsatz,  
spaltet sich auf, überträgt Impulse  
der Soma zu anderen Neuronen
- **Dendriten:** kleine, astartige Auswüchse  
der Nervenzellen leiten eingehende  
elektrische Impulse an Soma weiter
- **Synapse:** (elektro-chemische) Kopplungsstelle  
zwischen zwei Neuronen, Übertragung  
elektrischer Signale vom Axon zu den  
Dendriten mit Hilfe von Transmitterstoffen



# Lernformen biologischer Neuronaler Netze

- Modifikation bestehender Verbindungen
  - Synapsen können modifiziert werden
  - Bei häufiger Benutzung ändert sich die freigesetzte Transmittermenge
  - Sensitivierung:  
Es wird mehr Transmitter ausgeschüttet  
Verstärkung der Signale
  - Gewöhnung:  
Es wird weniger Transmitter ausgeschüttet  
Unterdrückung der Signale
- Neue Verbindungen können zwischen Neuronen entstehen