

Fachvertiefung - Computersysteme
384.139

A Cognitive Architecture in Artificial Intelligence

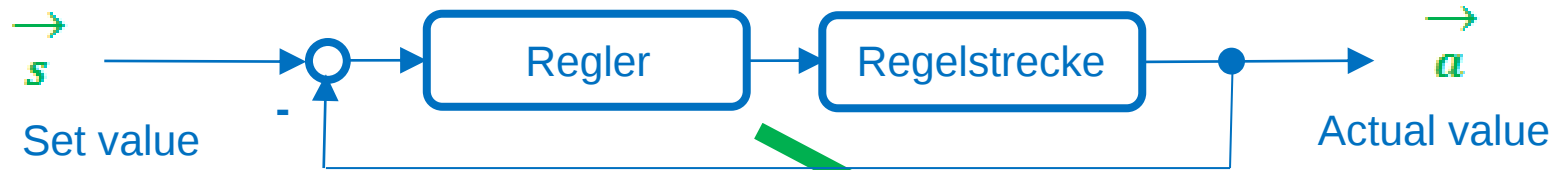
**Dietmar Bruckner, Dietmar Dietrich,
Friedrich Gelbard, Heimo Zeilinger**

Gliederung

- 1. Fragestellungen, Prinzipien + Randbedingungen** *Dietmar Dietrich*
- 2. Neurosymbolik** *Dietmar Bruckner*
- 3. Top-down-Darstellung der kognitiven Architektur ARS** *Dietmar Bruckner*
- 4. Vom Konflikt zum Code** *Friedrich Gelbard*
- 5. Datenrepräsentanz, Simulation** *Heimo Zeilinger*



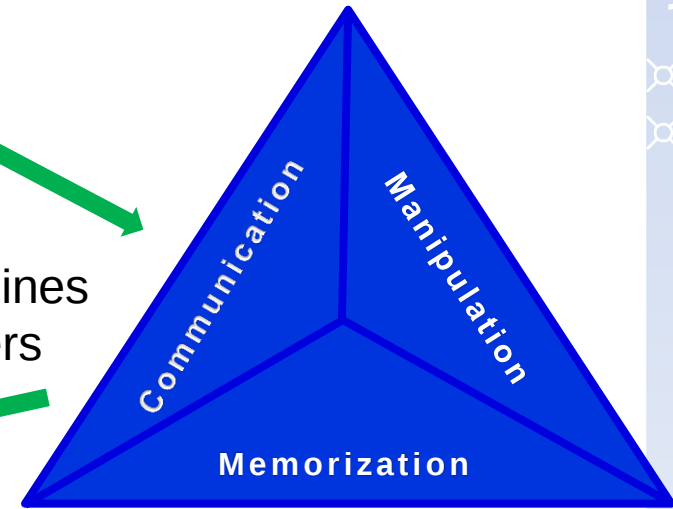
Norbert Wiener: Kybernetik / Regelkreise



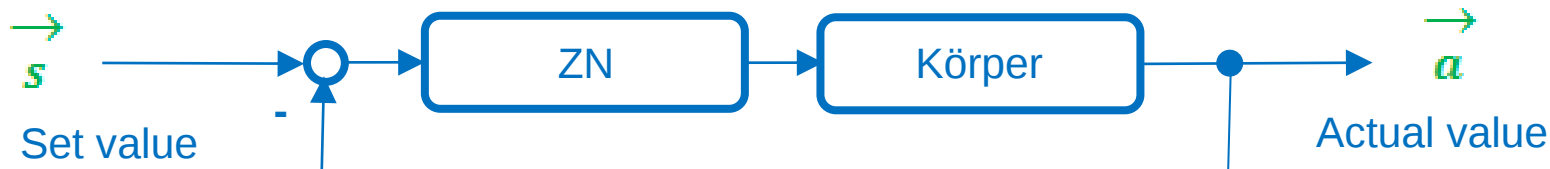
prinzipieller
Regelkreis

Regler.

Definition eines
Computers

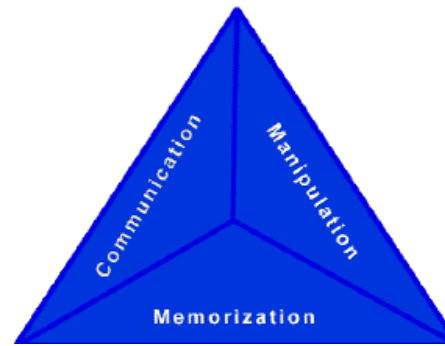


Mensch

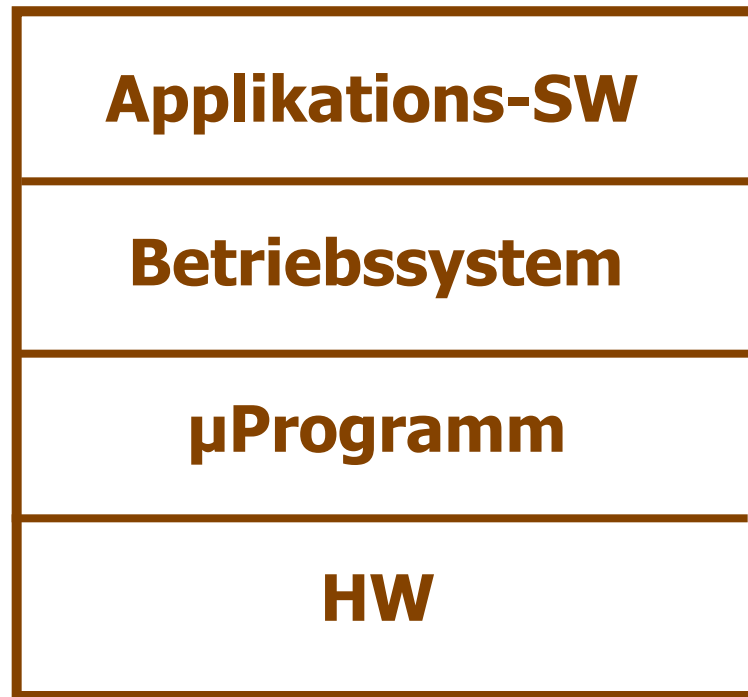


$\vec{a}, \vec{s} = f(\text{opt.}, \text{acust.}, \dots)$
 $\text{ZN} := \text{zentrales Nervensystem}$

Regler
↓
Computer



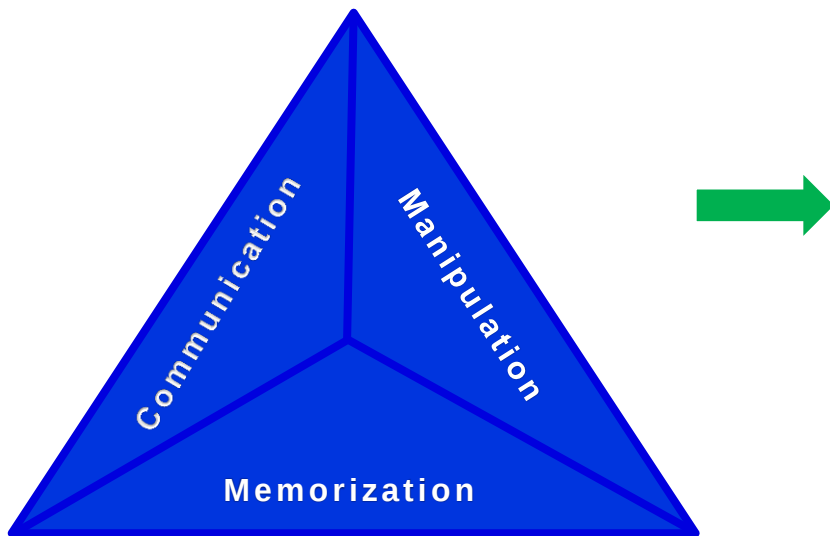
Wissen, Information

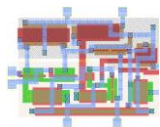


**verschiedene
Abstraktionslevel,
aber immer HW**

Grundprinzip der Computerentwicklung

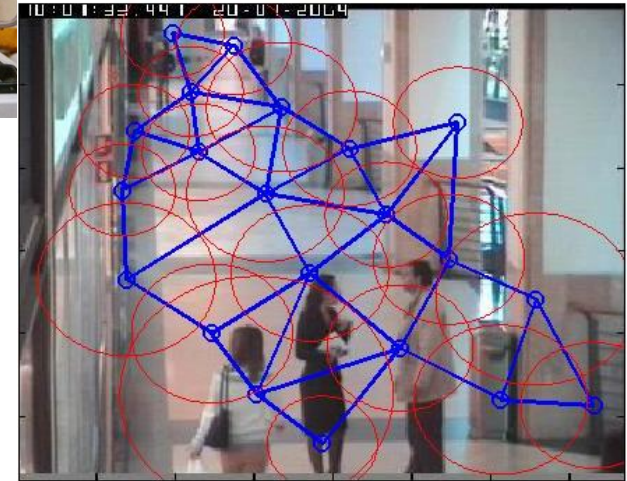
Top-Down- Entwicklung



Haus		
Zimmer		
Wände		
Komponenten		
Chip-design		

Mögliche Use cases für komplexe Prozesse

1. Kind in der Küche, kochendes Wasser auf dem Herd, kein Erwachsener dabei: ein intelligentes System soll "helfen"
2. Erkennung herumstehender Gepäckstücke auf einem Flughafen
3. optimale Regelung eines Glashauses (Orangierie)
4. ein männlicher KI-Agent + eine weibliche KI-Agentin in einem Raum, gemütlich ein Bier trinkend – ein weiterer männlicher KI-Agent kommt hinzu



Vorgehen bei der Entwicklung

Use-Case-
Spezifikation

"Top" beim Top-down-Design
(Leistungsbeschreibung)

führt zu

(Regler)
Funktion

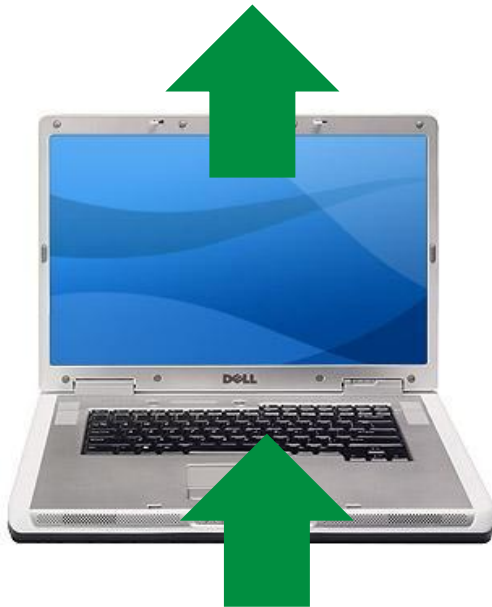
Differenzierung zw. Funktion und Daten:
Funktionsmodell + Datenmodell

führt zu

Verhalten

Verhaltensmodell

Was sind Funktionen und Daten?

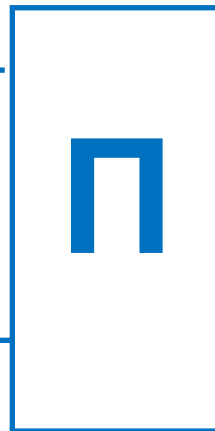


**4 Funktionen
und wo sind die
Daten?**

**Gewichts-
sensor**



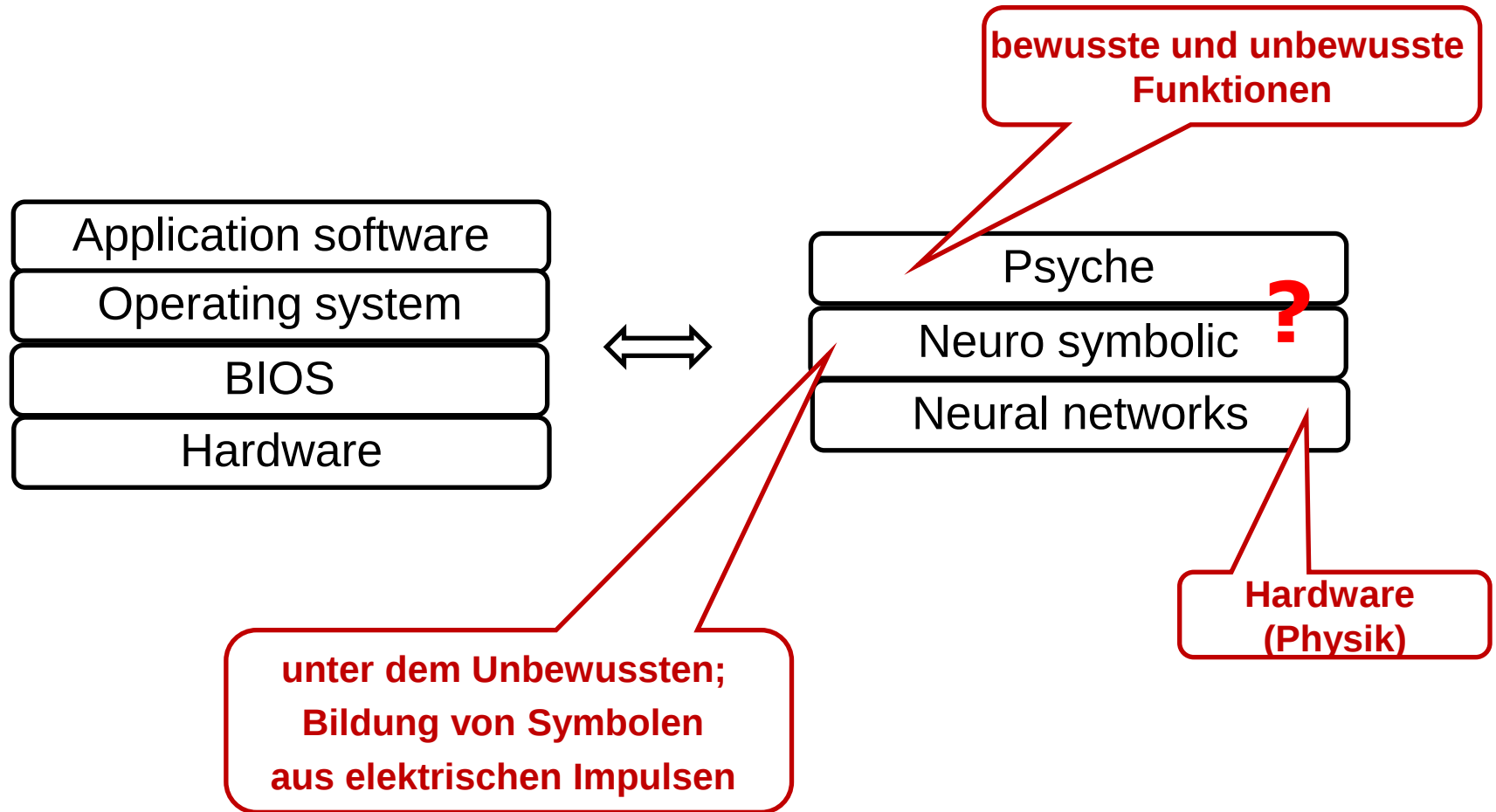
**Beschleunigungs-
sensor**



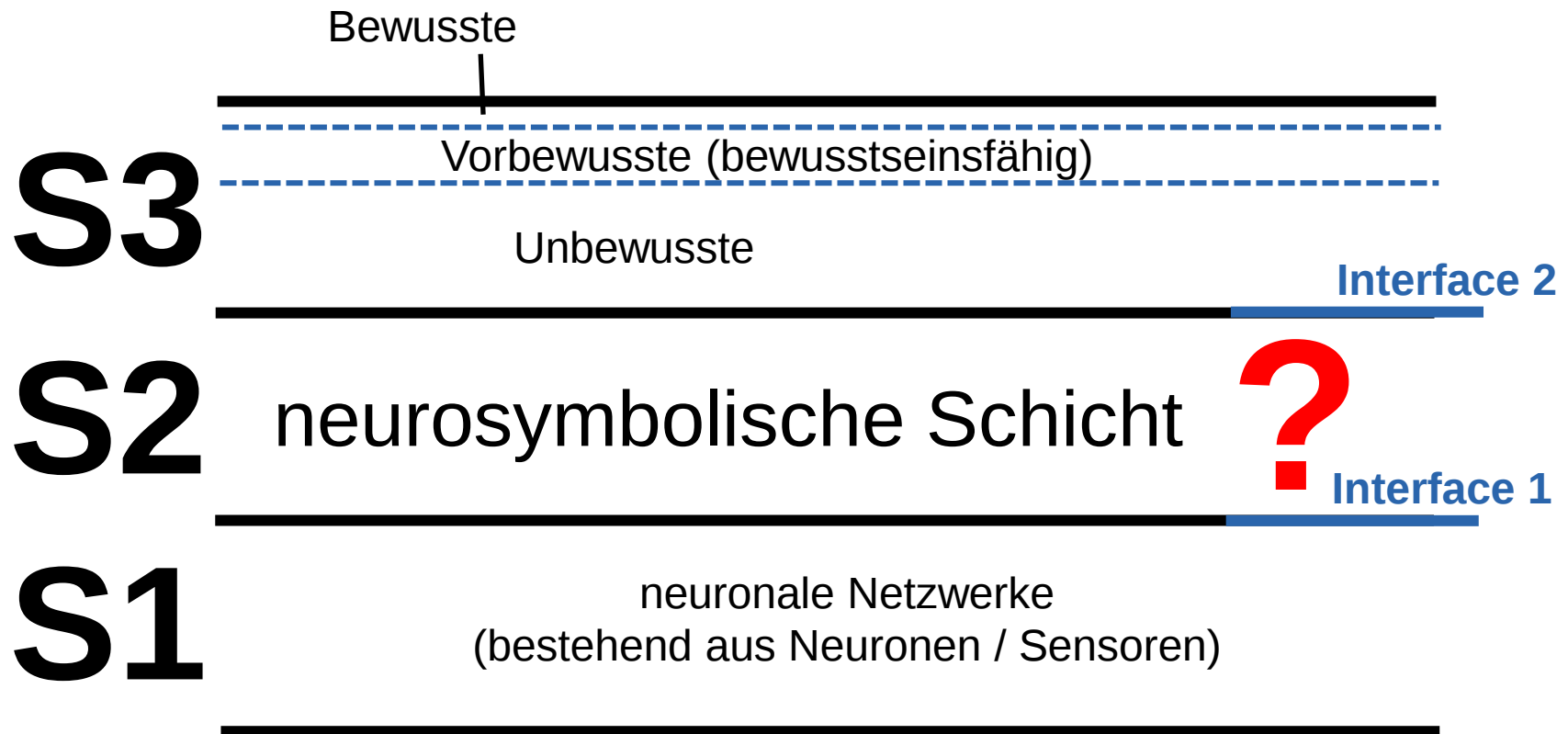
Multiplizierer (= Funktion)



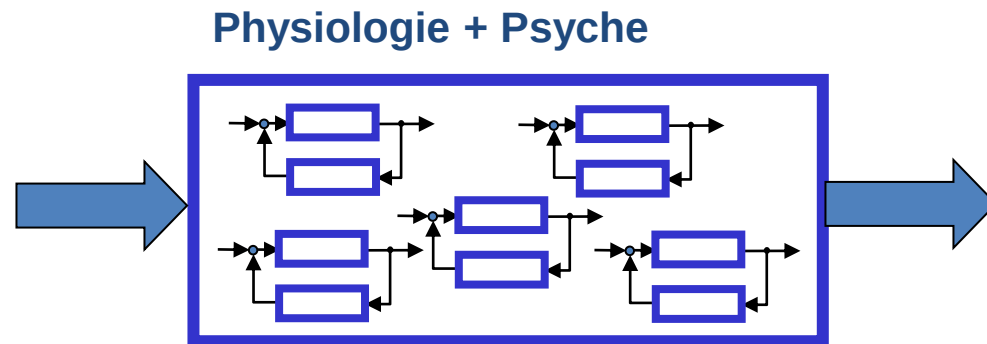
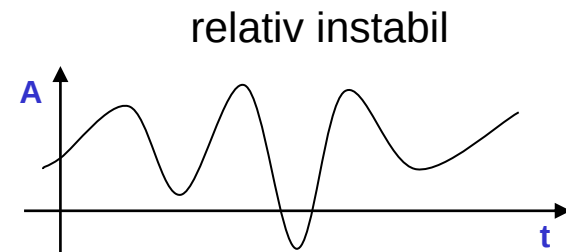
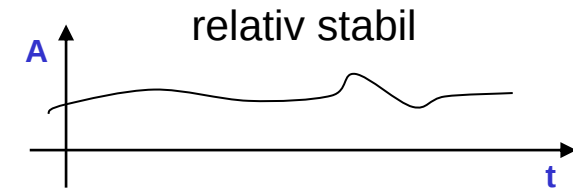
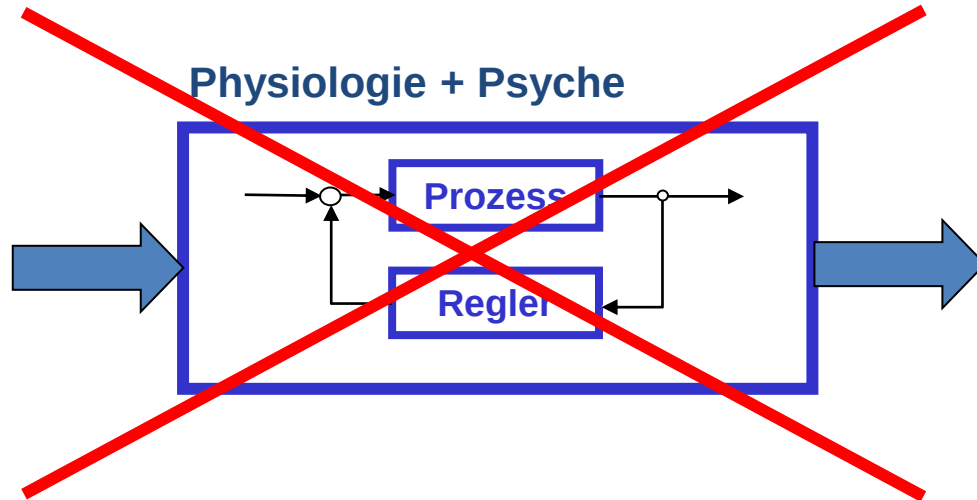
Anzeige

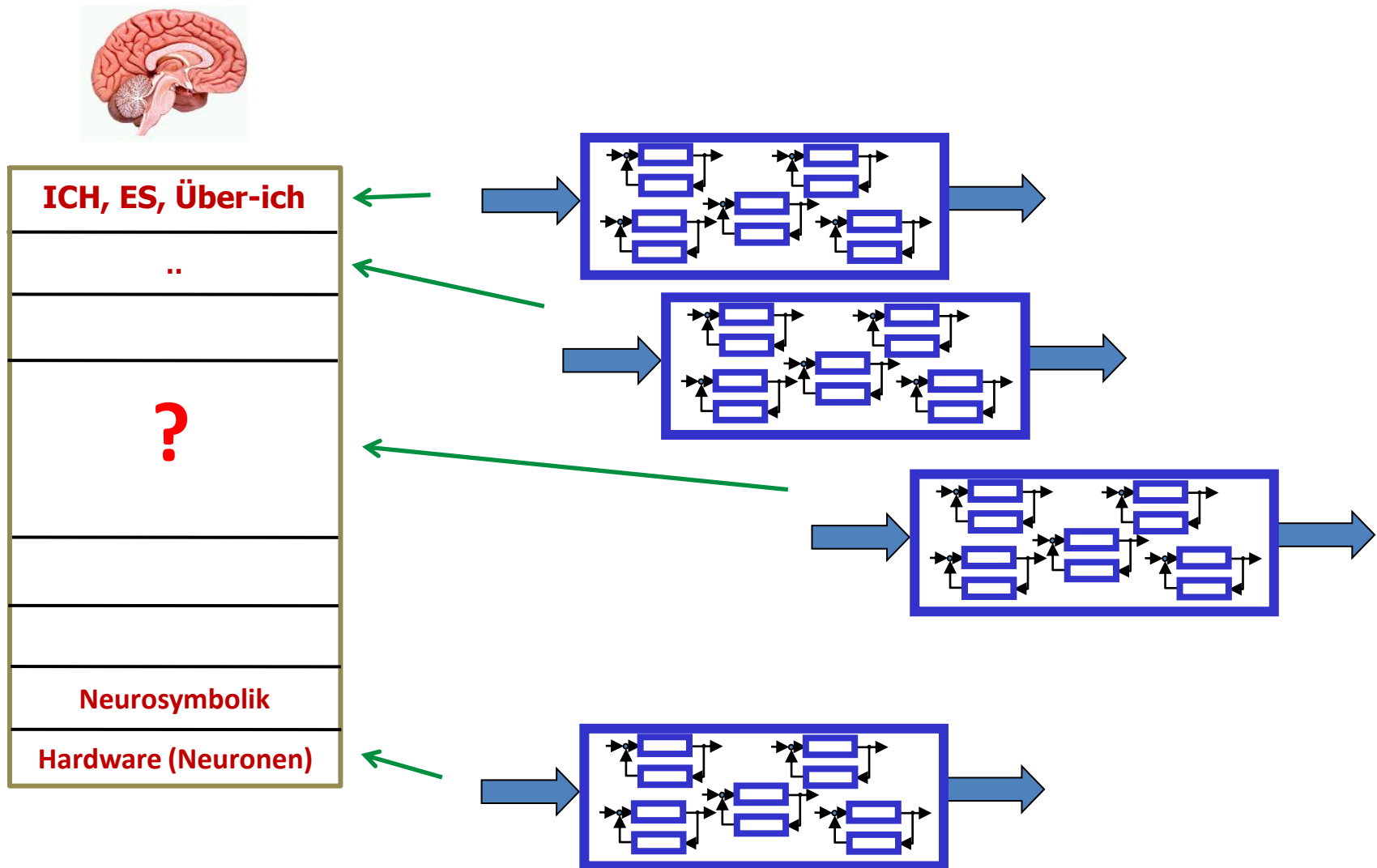


Dreischichtenmodell

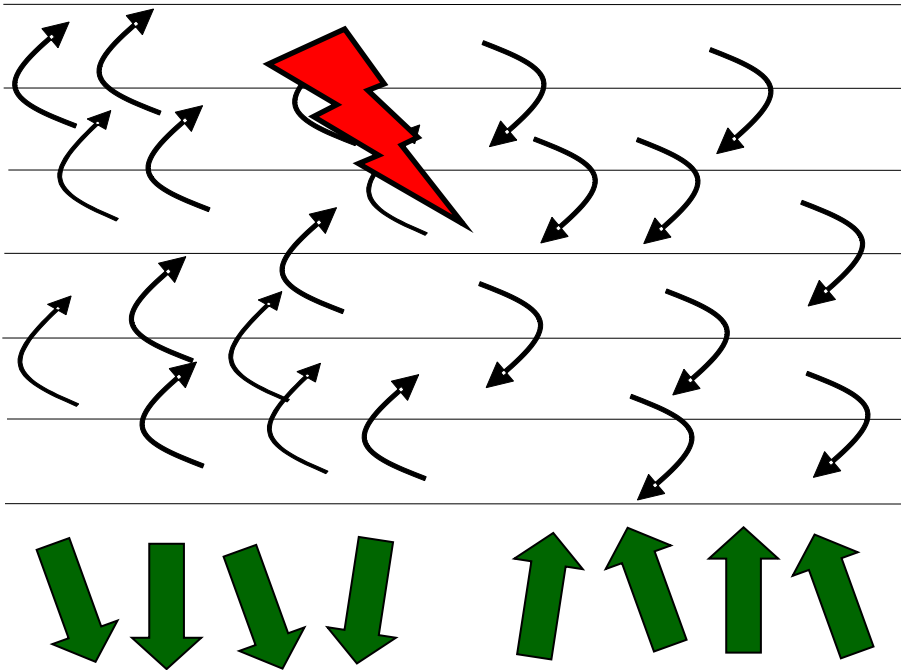


Aussagen statistischer Messungen bei einem Schichtenmodell





- ❑ viele Regelkreise in ALLEN physiologischen und mentalen Schichten
- ❑ starke gegenseitige Beeinflussung der Regelkreise



ICH, ES, ..

Neurosymbolische Ebene

Neuronale Ebene

Verhalten

Zusammenfassung von Kap. 1

Vorgehensweise

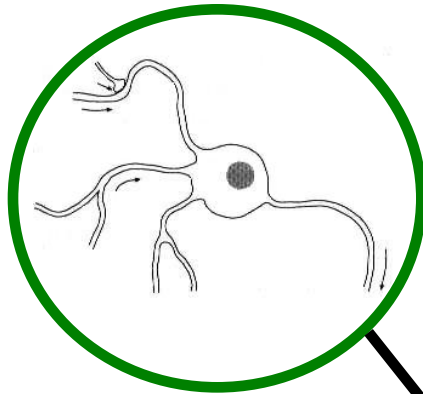
- 1. Definition des Zieles:** **bionische, intelligente Einheit zur Steuerung, Regelung**
- 2. Methoden:** **Schichtenmodell
Top-down Design
Differenzierung zw. Funktionen, Daten, Verhalten
keine Statistik für Synthese**
- 3. Herausforderung:** **Schicht 2 nicht "einsehbar"**
- 4. Statistik:** **nicht hilfreich zur Synthese für Computertechniker**

Gliederung

1. Fragestellungen, Prinzipien + Randbedingungen *Dietmar Dietrich*
2. **Neurosymbolik** *Dietmar Bruckner*
3. Top-down-Darstellung der kognitiven Architektur ARS *Dietmar Bruckner*
4. Vom Konflikt zum Code *Friedrich Gelbard*
5. Datenrepräsentanz, Simulation *Heimo Zeilinger*



künstliches Neuron

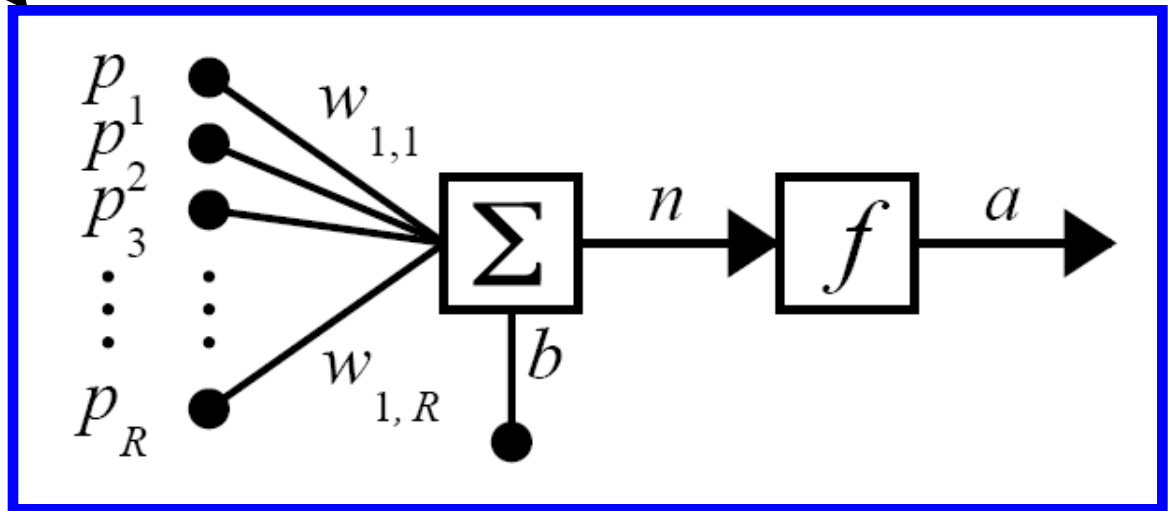


biologisches Neuron

Abstraktion

$$a = f\left(\sum_{i=1}^n w_i p_i + b\right)$$

künstliches Neuron



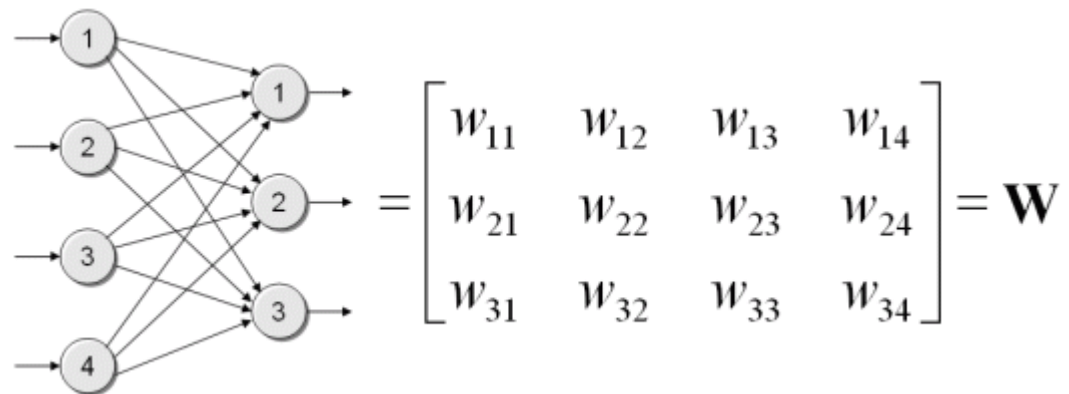
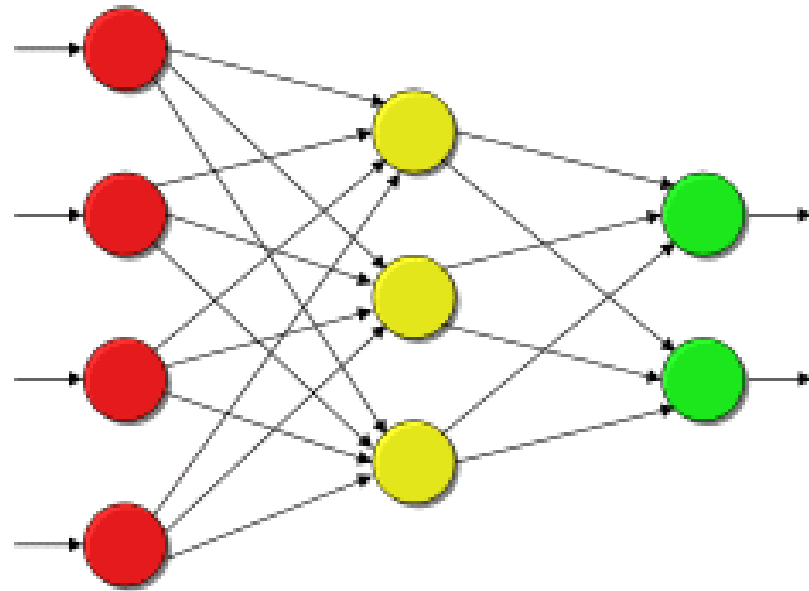
p_i ... reeler Eingangswert
 $w_{i,j}$... Gewichtung der Eingänge
 f ... Aktivierungsfunktion
 b ... Bias

künstliches neuronales Netz

● Input-Units

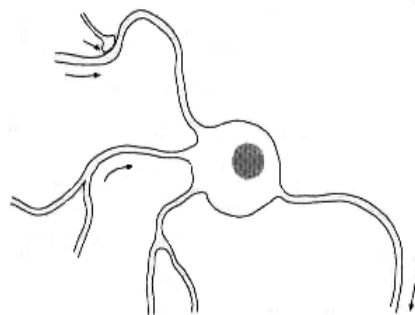
● Hidden-Units

● Output-Units

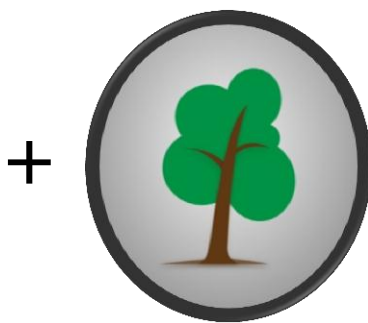


Neurosymbolisches Netz

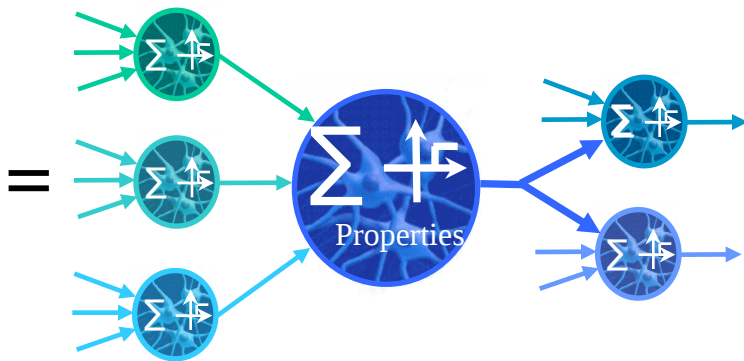
Neuronen



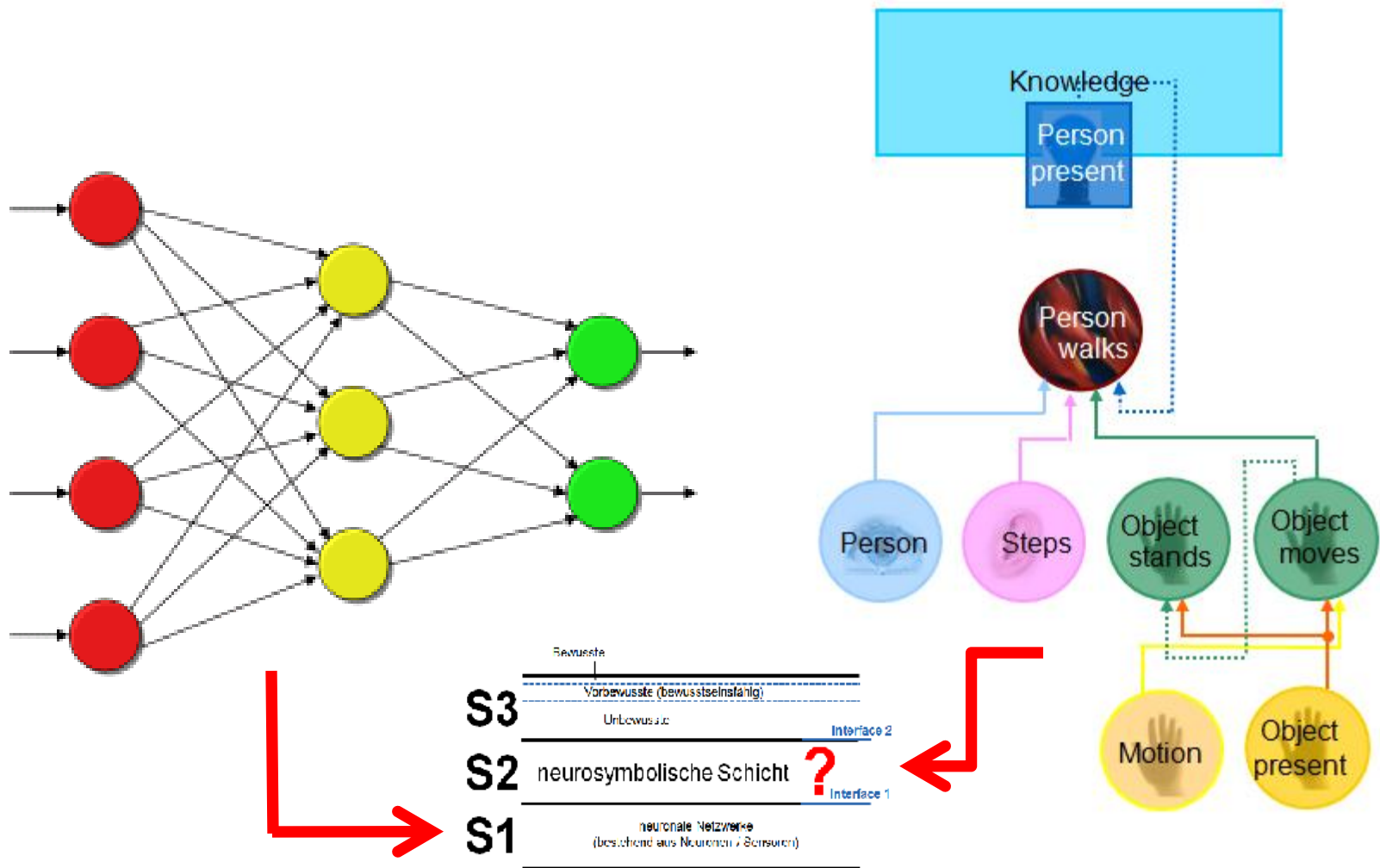
Symbole



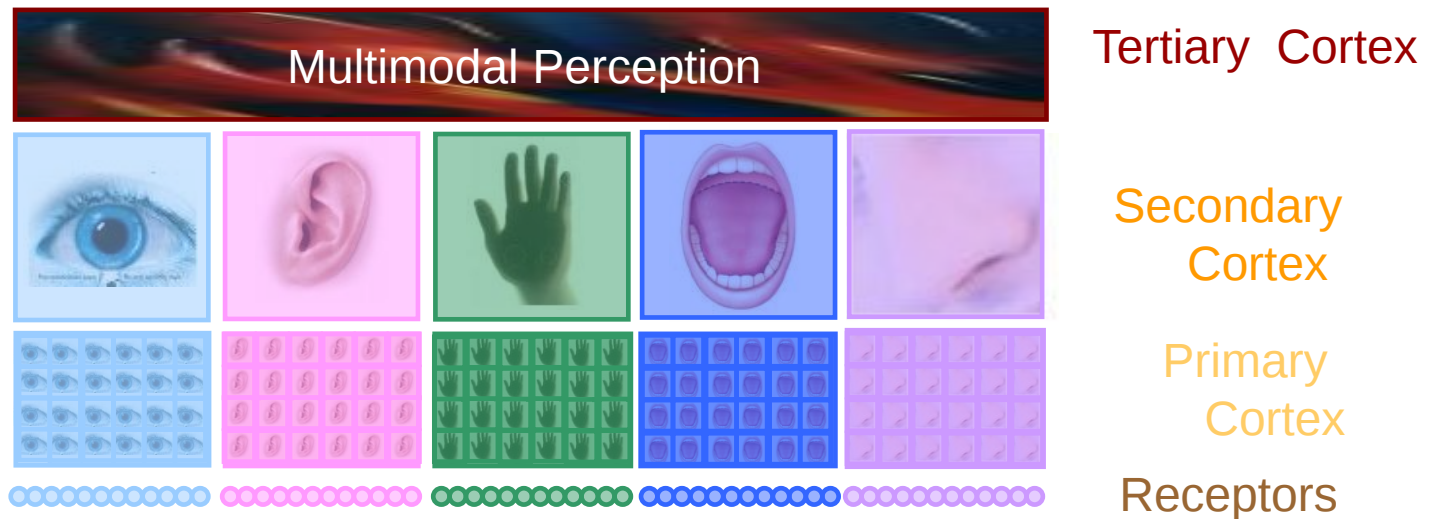
Neurosymbole



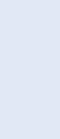
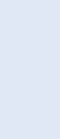
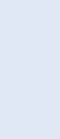
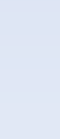
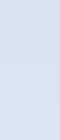
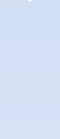
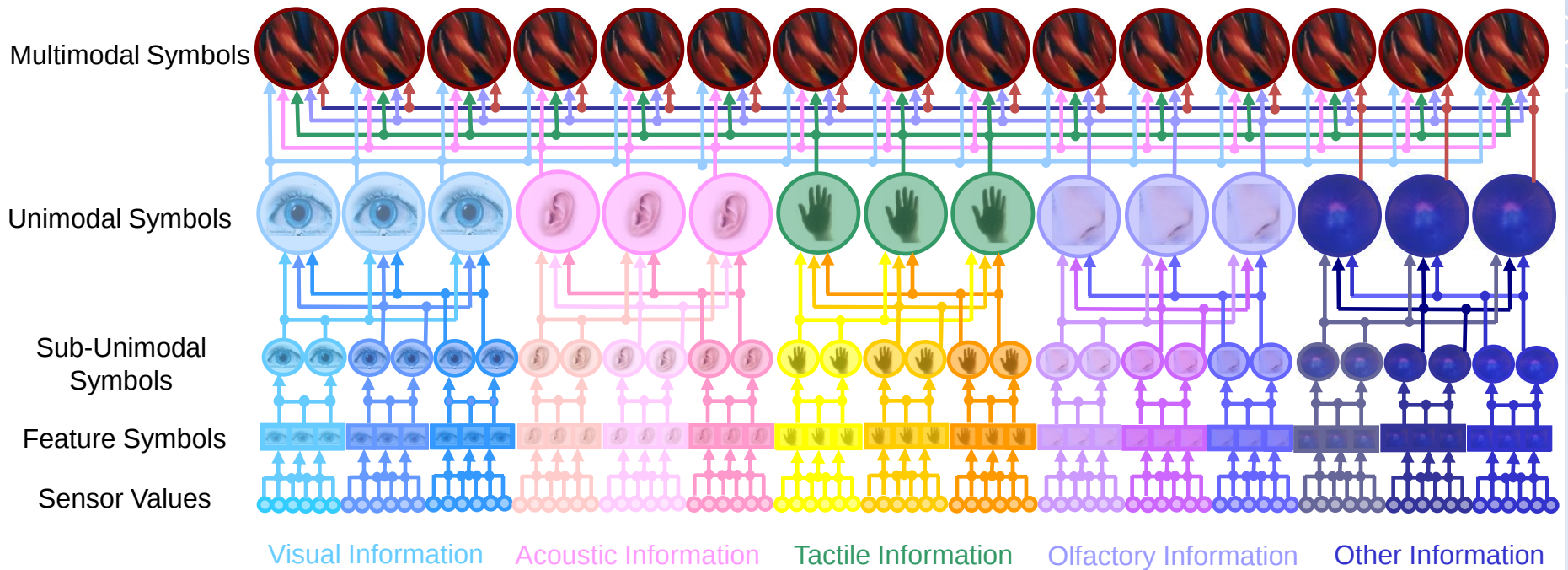
Gegenüberstellung NN – Neurosymbolisches Netz



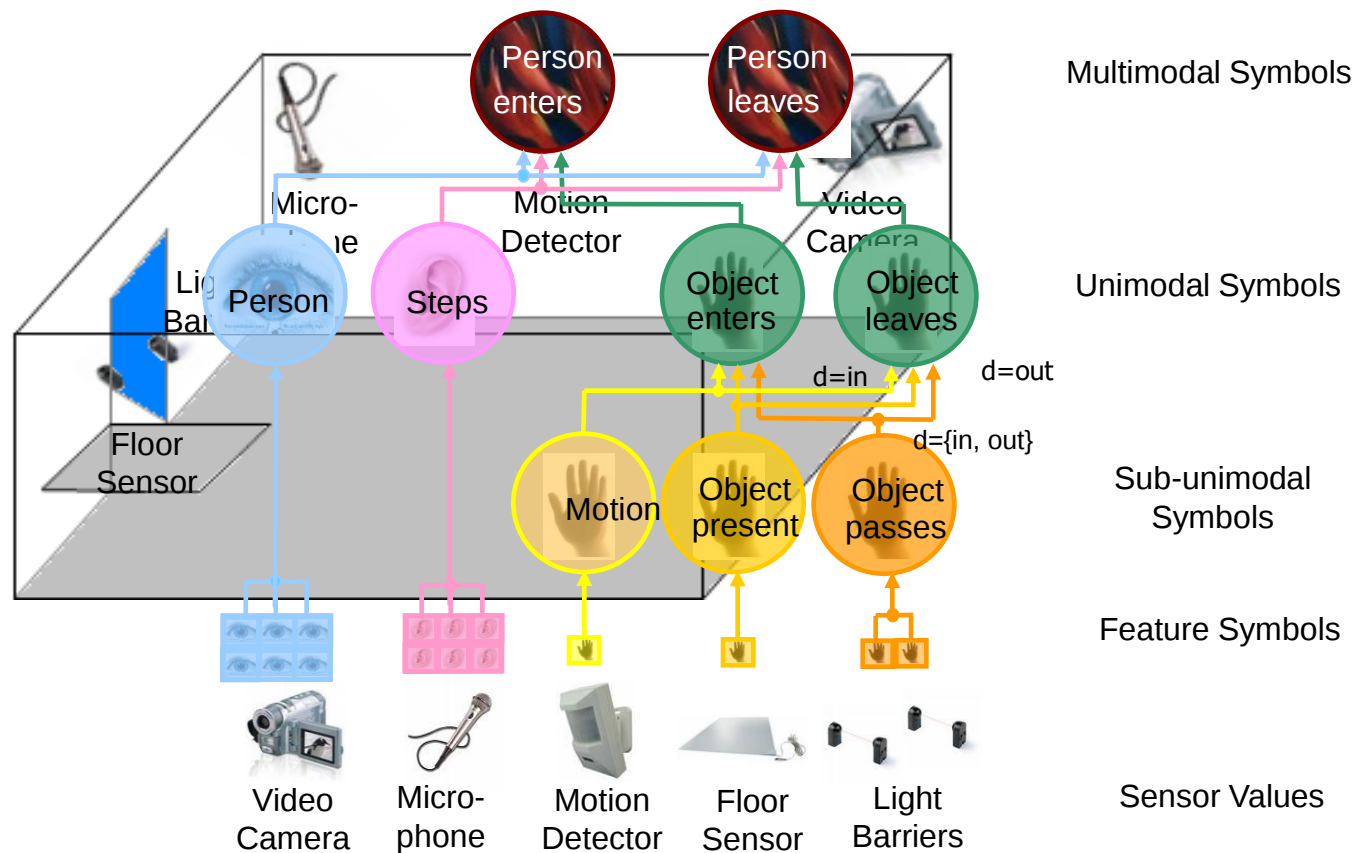
Neurosymbolik - Wahrnehmung im Gehirn



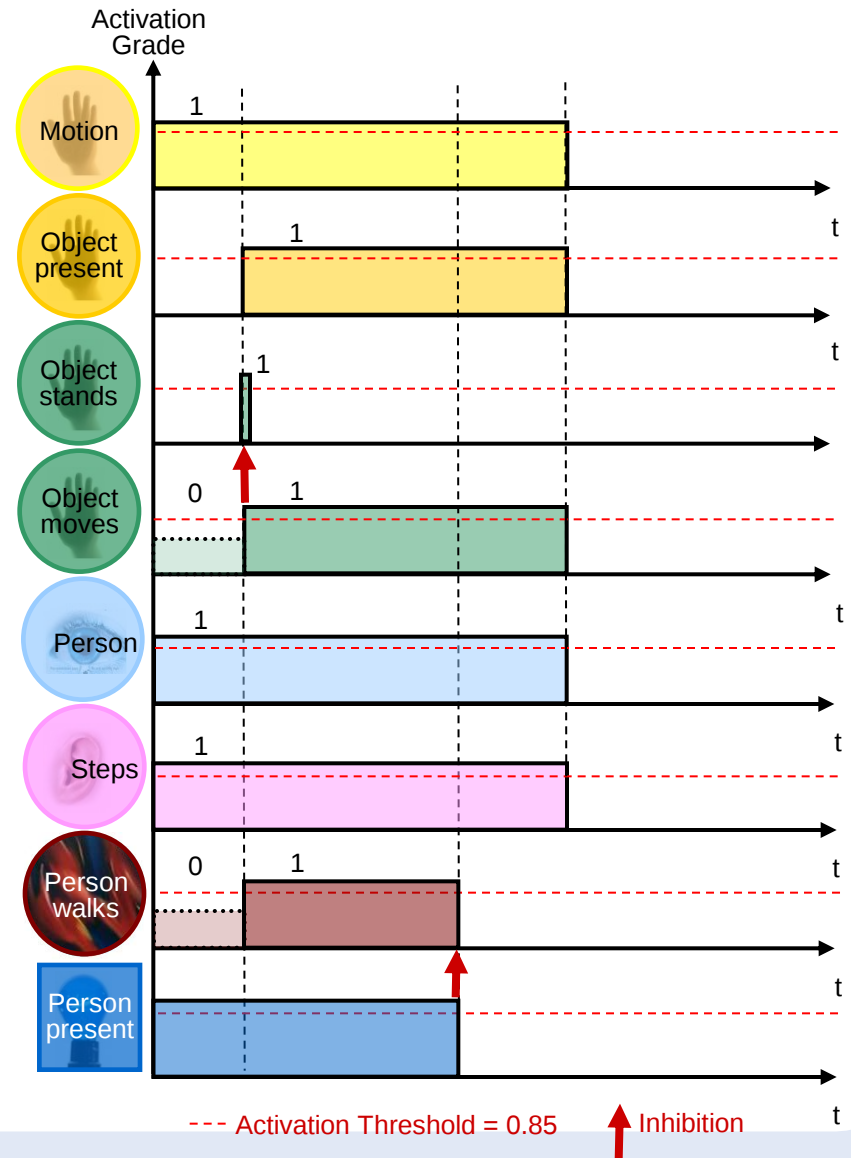
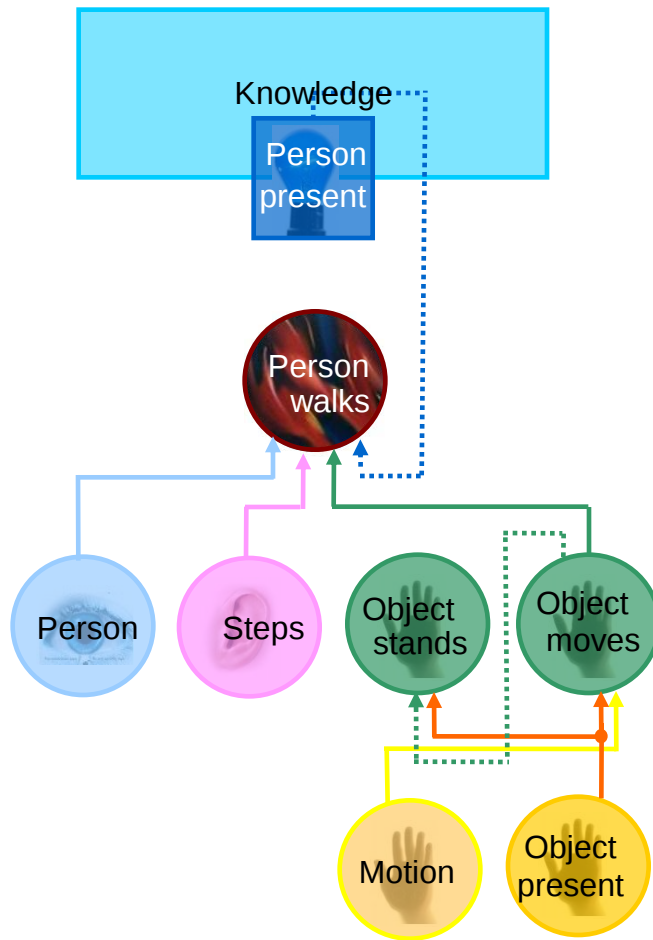
Neurosymbolische Netze



Neurosymbolik - Beispiel



Neurosymbolik - Informationsfluss im Beispiel



Gliederung

1. Fragestellungen, Prinzipien +
Randbedingungen

Dietmar Dietrich

2. Neurosymbolik

Dietmar Bruckner

3. Top-down-Darstellung der
kognitiven Architektur ARS

Dietmar Bruckner

4. Vom Konflikt zum Code

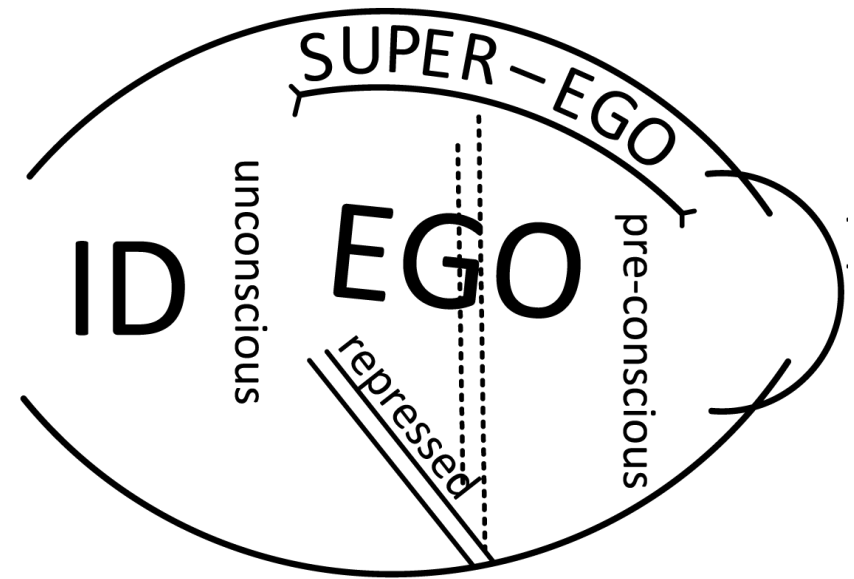
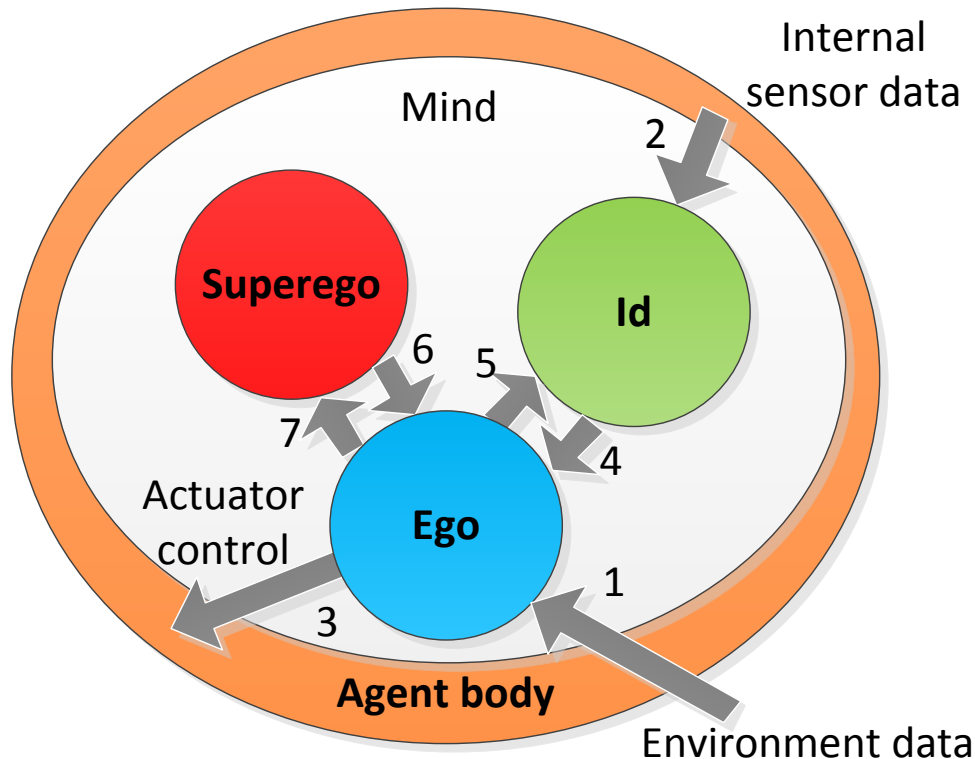
Friedrich Gelbard

5. Datenrepräsentanz

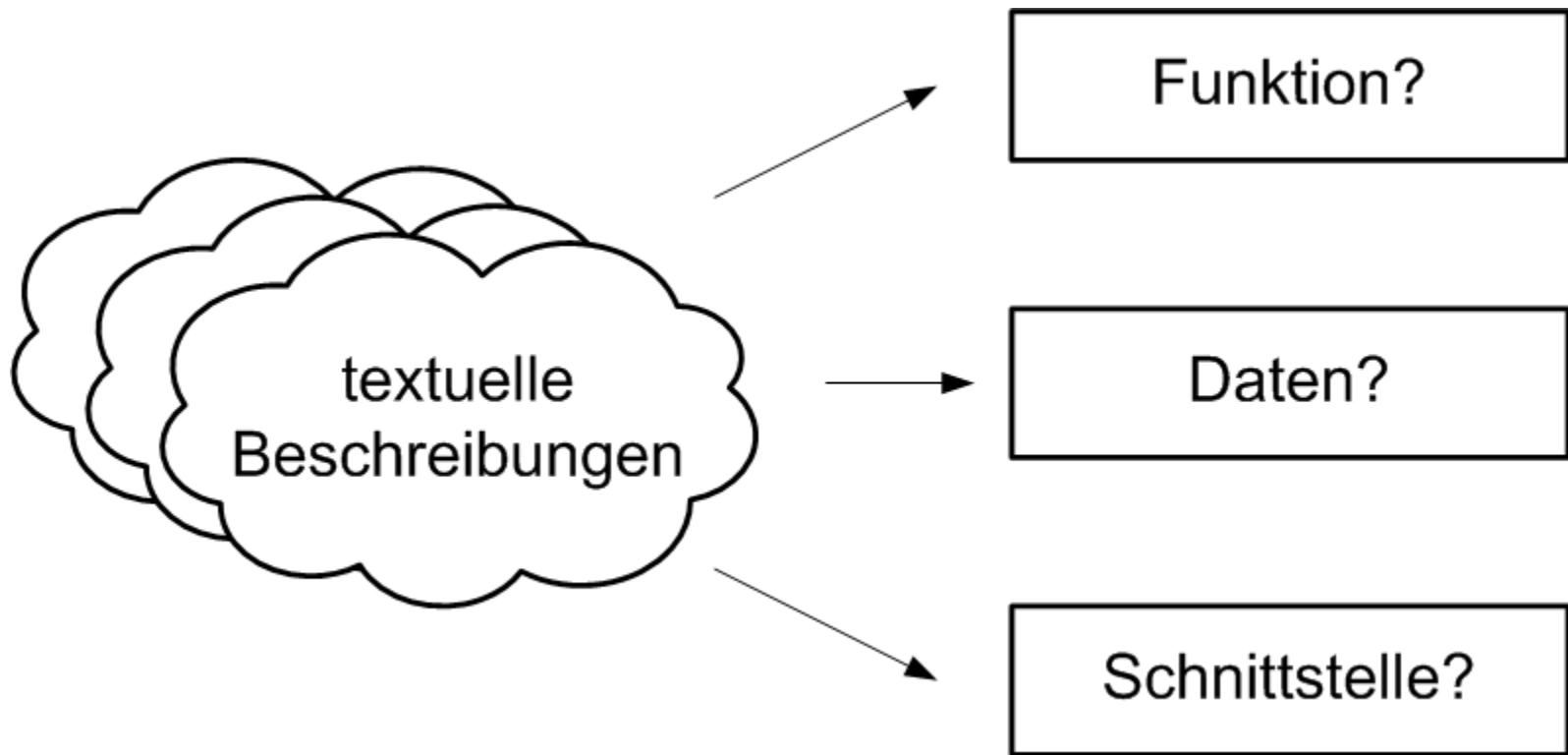
Heimo Zeilinger



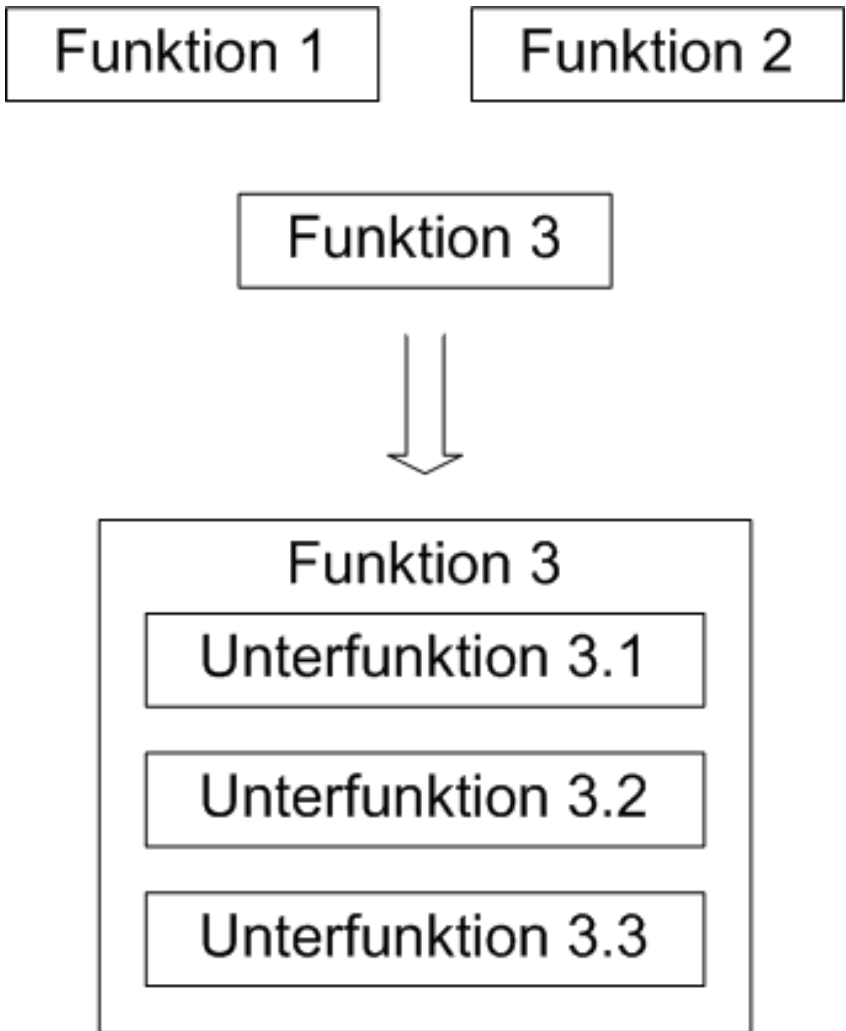
2nd Topographical Model



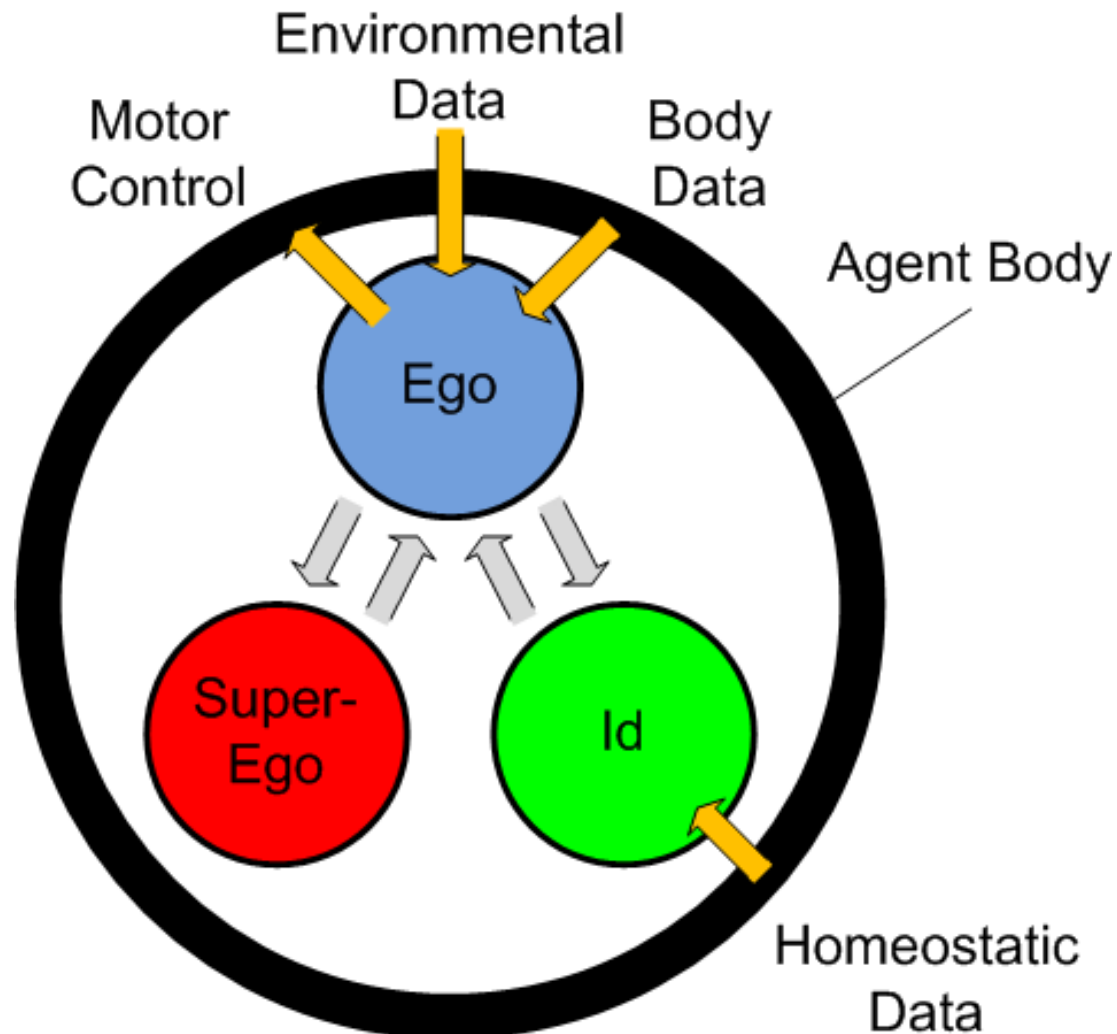
Funktionsanalyse 1



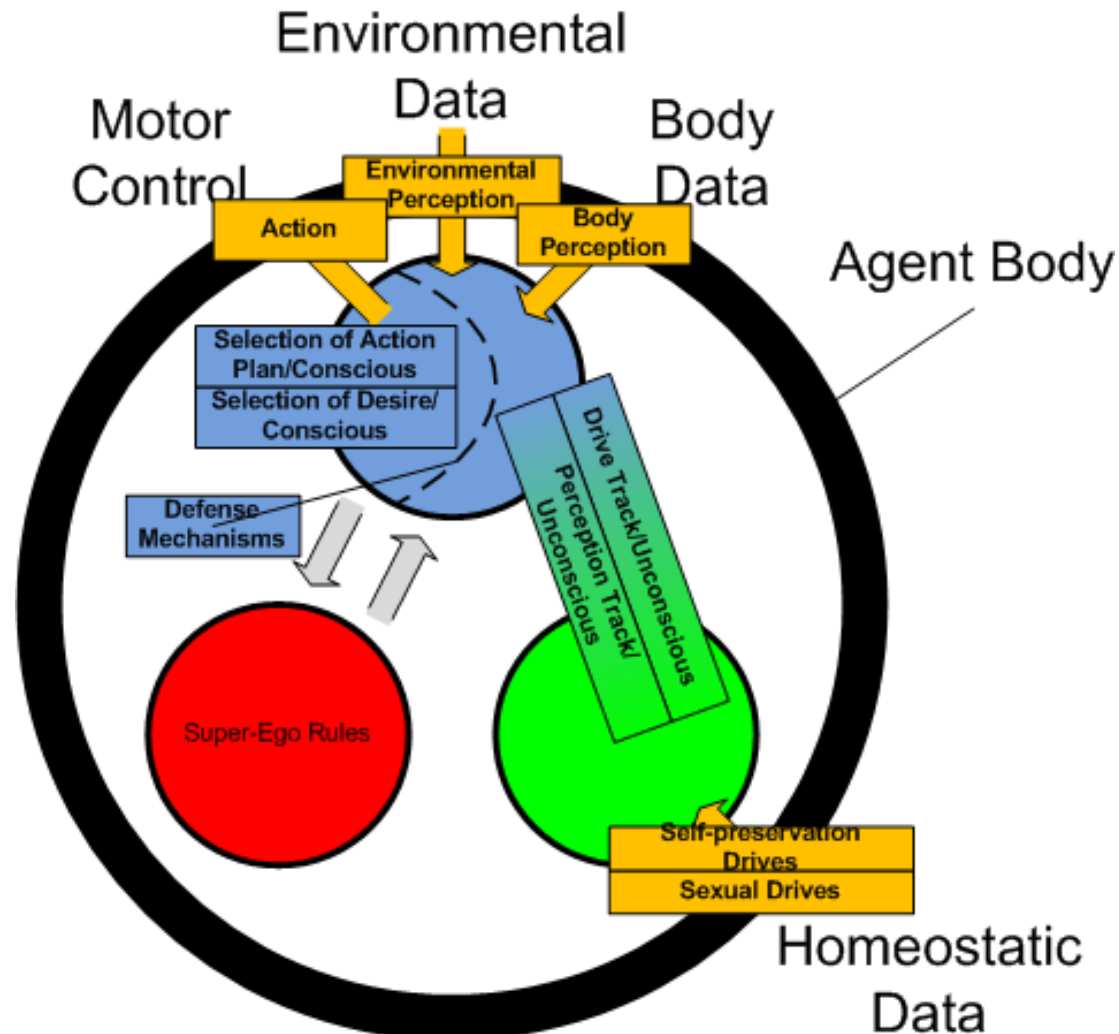
Hierarchische Detaillierung



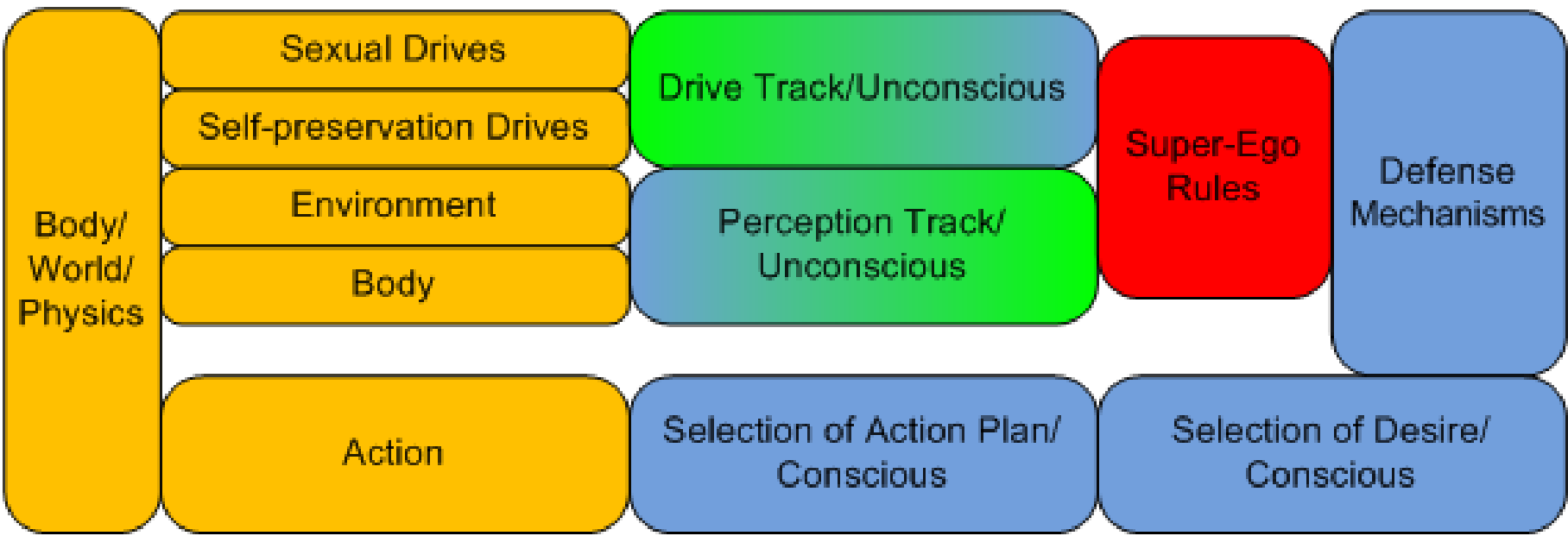
ARS Model Top level



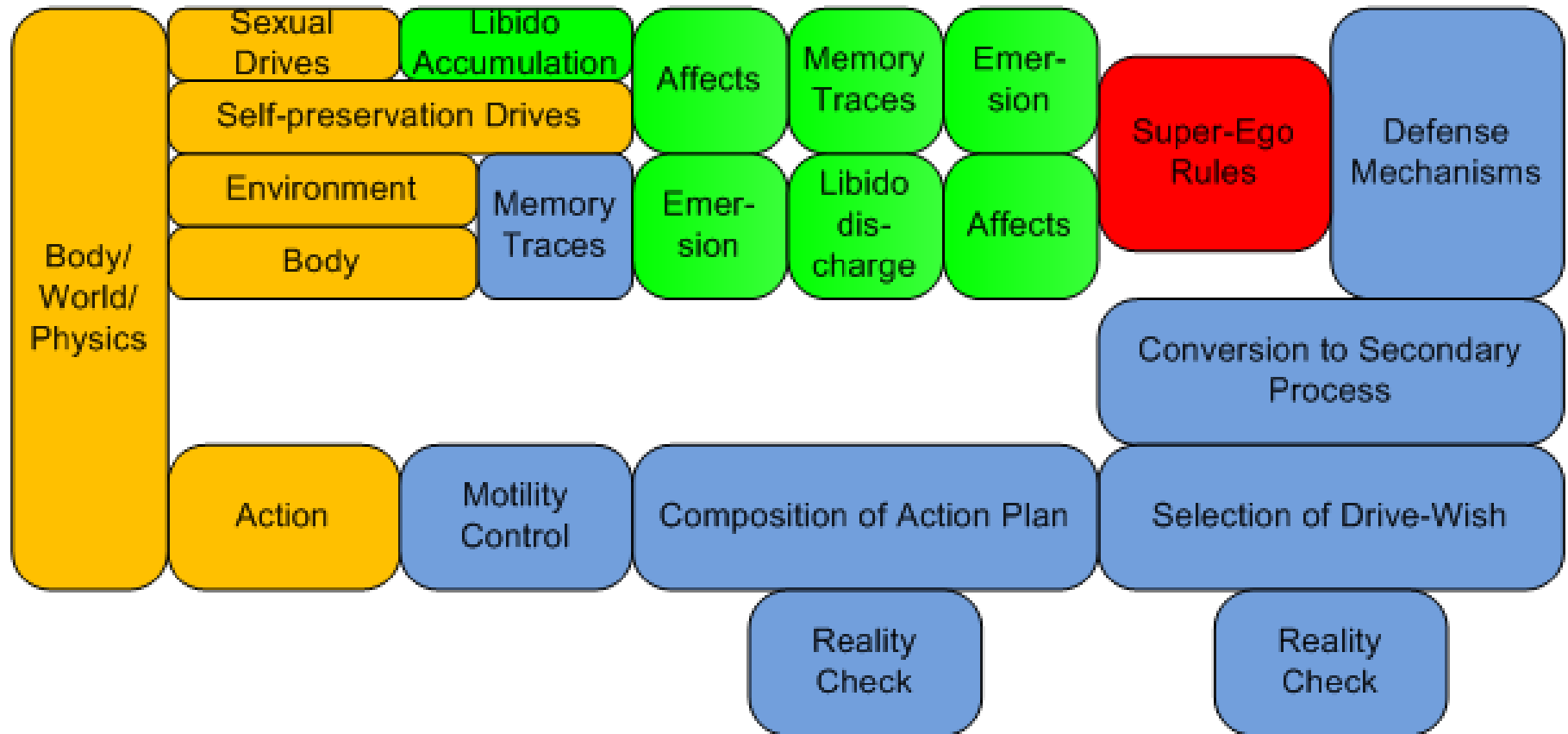
ARS Model level 2



ARS Model level 2 – control loop



ARS Model level 3 – control loop



World/Body/Physics

Projection Field

Projection-Association Field

Zones of Overlapping

Primary process
(thing presentations, unconscious)

Secondary process
(thing + word presentations, (pre)conscious)

Pleasure principle

Principle of reality

Legend:

- Organs for perception & action, neural and neurosymbolic information processing
- Id: unconscious: thing presentations and affects
- Ego: partly unconscious, mostly pre- and conscious: thing + word presentations
- Access to static data base
- Interface between functions
- Interface to temporal data base
- Access to parameter's data base

Gliederung

1. Fragestellungen, Prinzipien + Randbedingungen *Dietmar Dietrich*
2. Neurosymbolik *Dietmar Bruckner*
3. Top-down-Darstellung der kognitiven Architektur ARS *Dietmar Bruckner*
4. **Vom Konflikt zum Code** *Friedrich Gelbard*
5. Datenrepräsentanz, Simulation *Heimo Zeilinger*



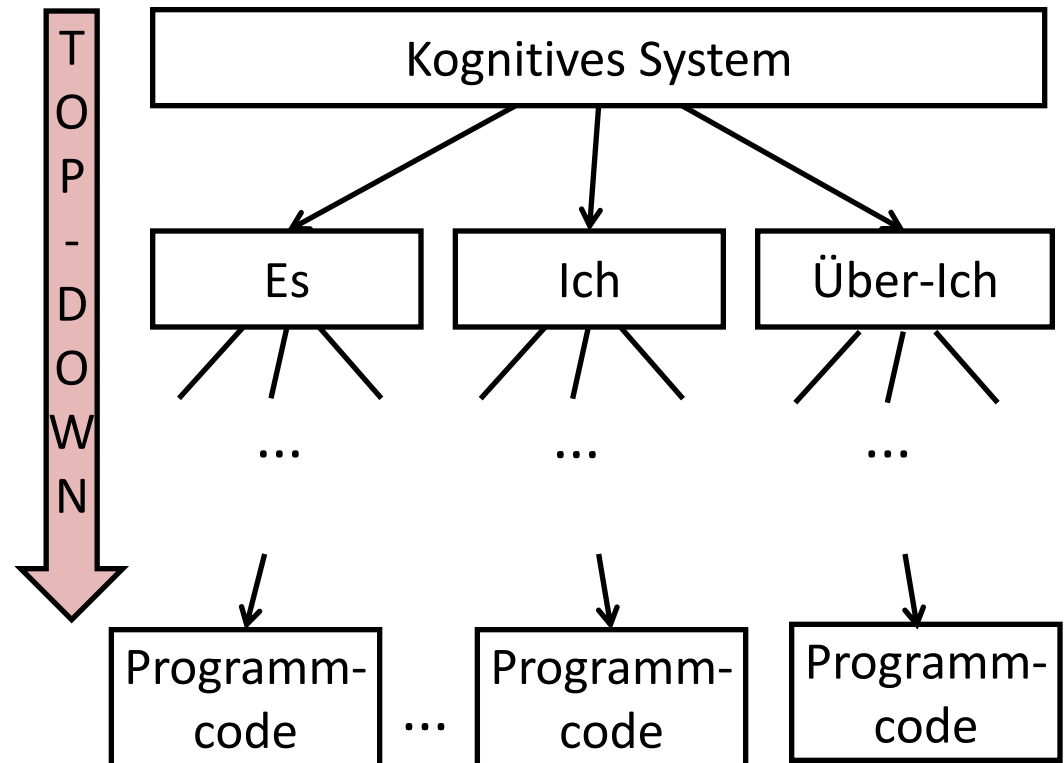
In Cognitive Science neue Ideen gefragt

- menschliche Denk- und Handlungsprozesse in die künstliche Intelligenz übertragen
- Latein cognoscere: wissen, erkennen
- neue Ideen gefragt in Cognitive Science
- Ziel: psychoanalytische Ideen in die Cognitive Science bringen
- Modell des menschlichen Denkens
- nach psychoanalytischen Grundsätzen



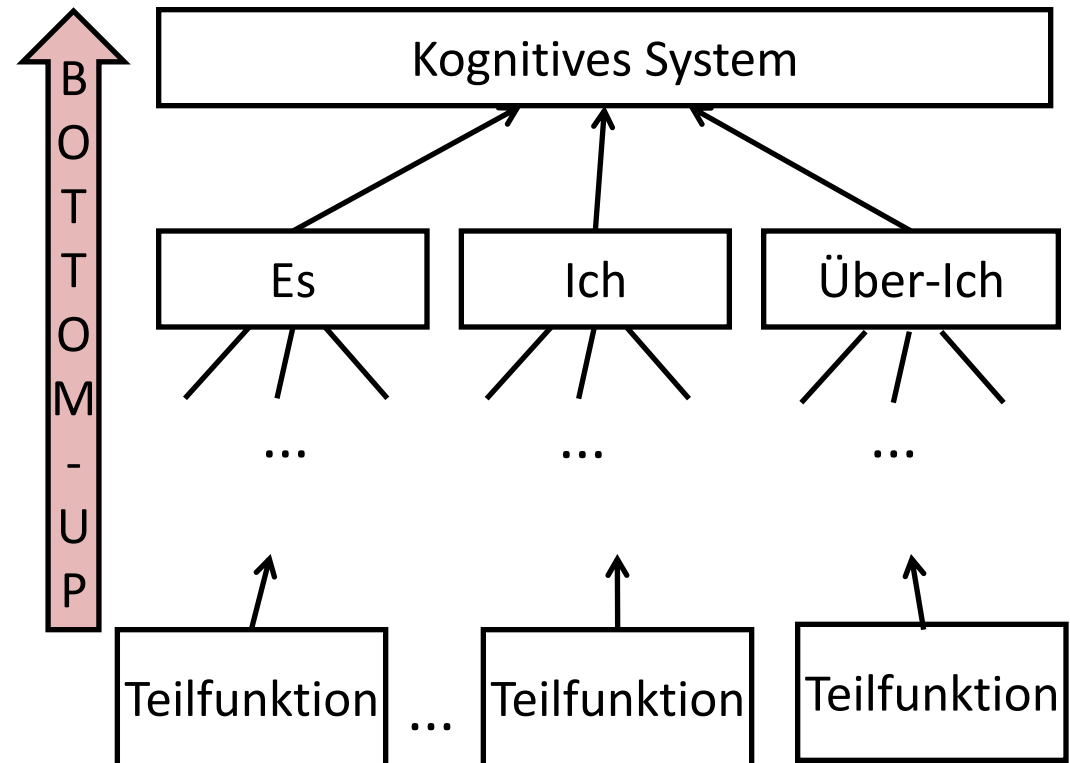
Vorgehensweise: Top-Down-Modellierung

- **Beginn mit dem Ganzen: z. B. Kognitives System**
- **Unterteilung in Funktionen: Es, Ich, Über-Ich**
- ...
- **bis Programmcode**



Bottom-Up-Modellierung

- **Beginn mit Teilfunktionen von unten**
- **Teilfunktionen verschmelzen zu komplexeren Funktion**
- **bis zur obersten Ebene - Gesamtsystem**

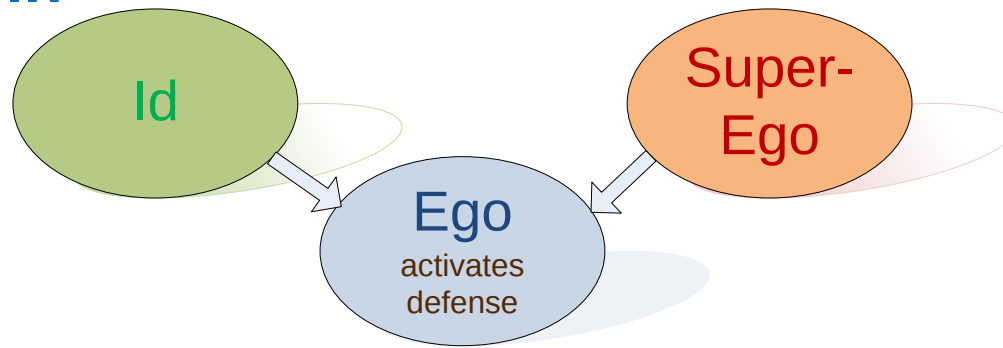


Vorteile von Top-Down-Modellierung

- **Computertechnik: Top-Down-Modellierung**
- **Vorteil**
 - **Gesamtsystem zu Beginn: definiert**
 - **Funktionalität des Gesamtsystems: von Anfang an bekannt**

Zusammenspiel: Es, Über-Ich, Ich

- nach Sigmund Freuds Psychoanalyse
- Es (englisch Id): Triebe
- Über-Ich (englisch Super-Ego): internalisierte Regeln (die mahnende Stimme im Hintergrund)
- Ich (englisch Ego): Vermittlung zwischen Es und Über-Ich, wenn Konflikte zwischen Trieben und Über-Ich-Regeln

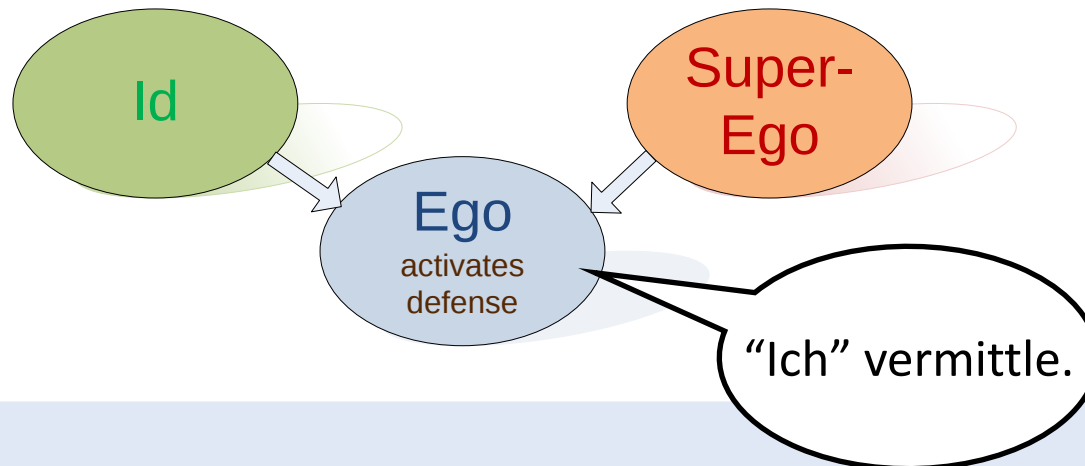


Konflikt

- Triebansprüche des Es und internalisierte Regeln des Über-Ich häufig widersprüchlich
- z. B. Es-Triebanspruch Lust auf Süßigkeiten, Über-Ich-Regel „Süßigkeiten sind ungesund!“

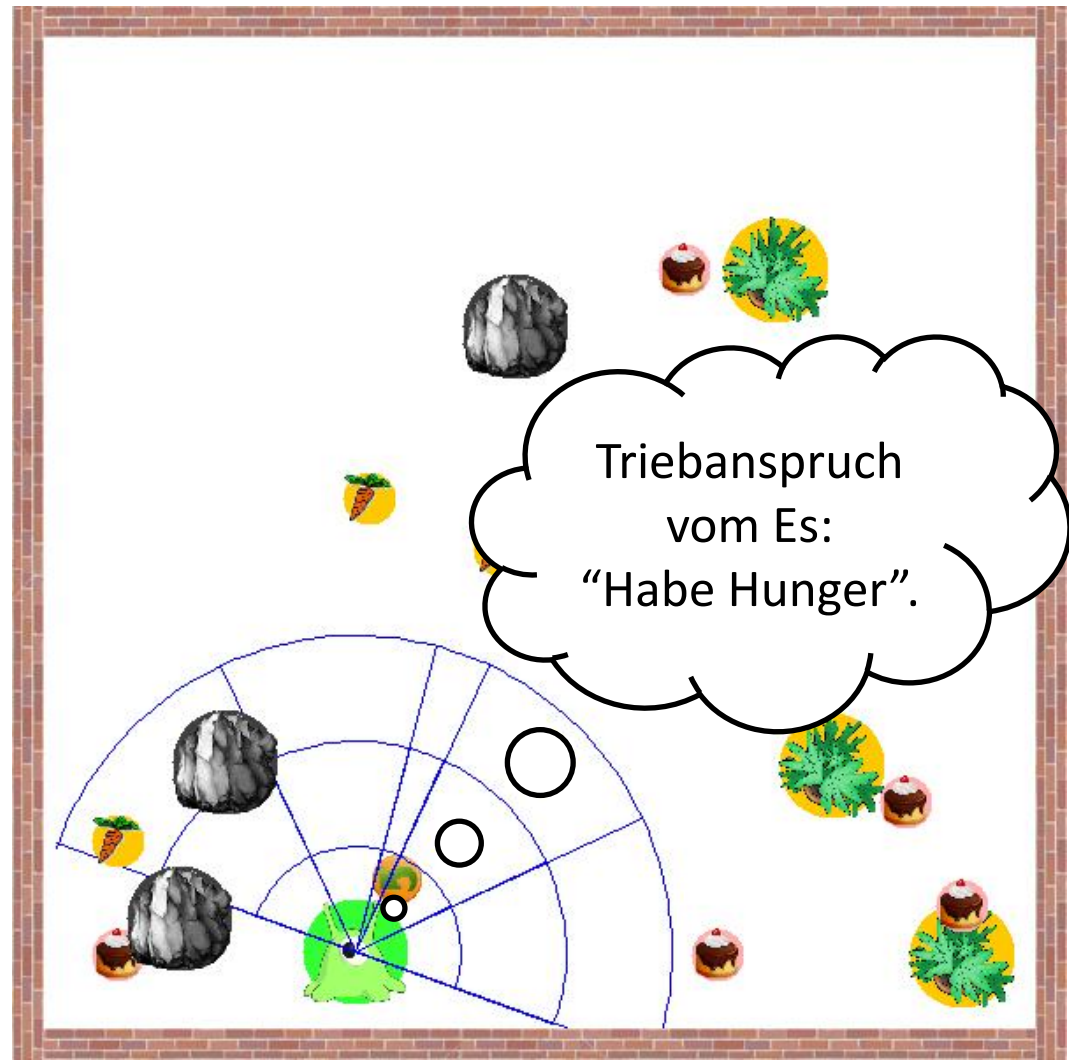
→ Konflikt

- Ich verwendet Abwehrmechanismen, um Konflikt zu lösen

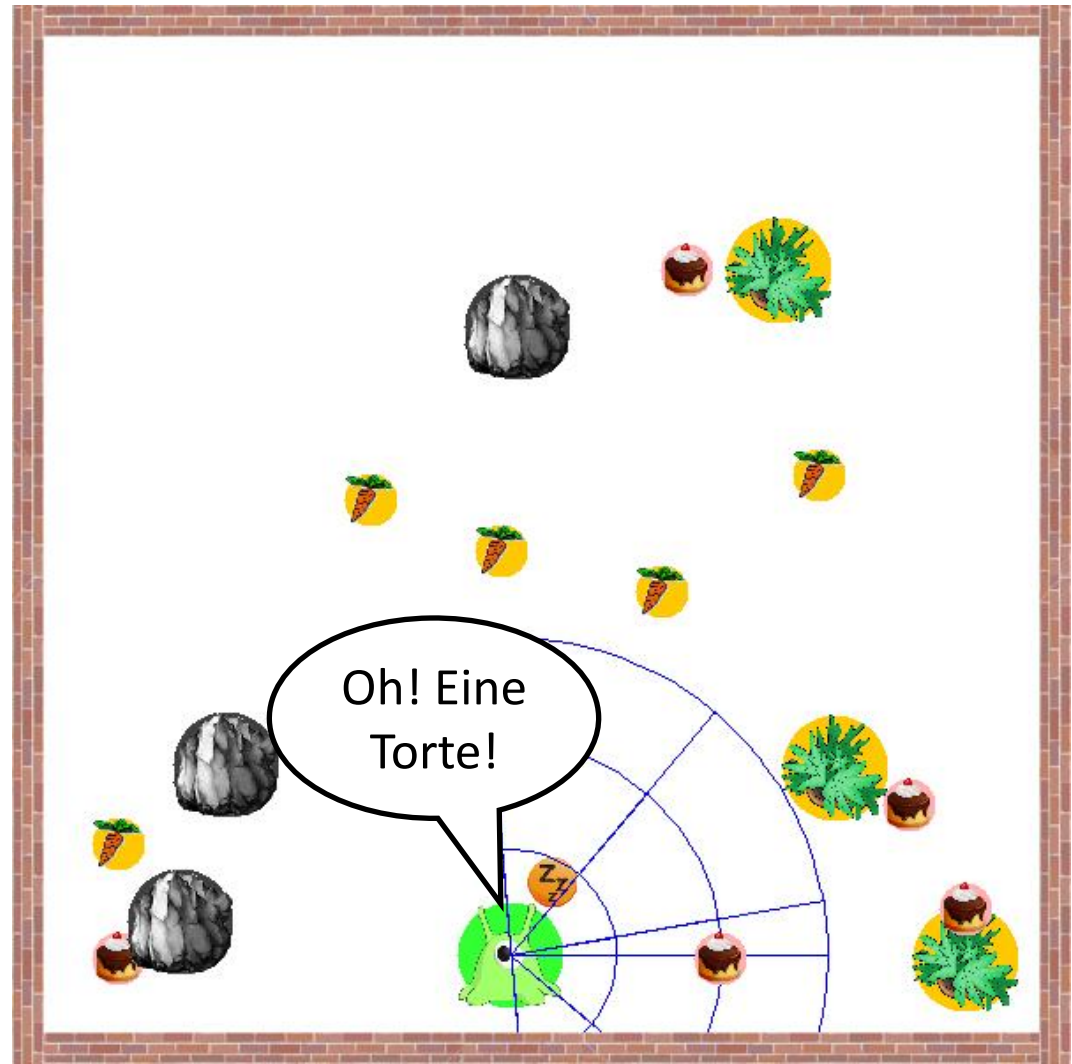


Simulator - Ausgangssituation

- grüner ARSIn
hat Hunger
- generell: Triebe
zugehörig zum
Es



grüner ARSin
sucht nach
Nahrung und
findet Torte

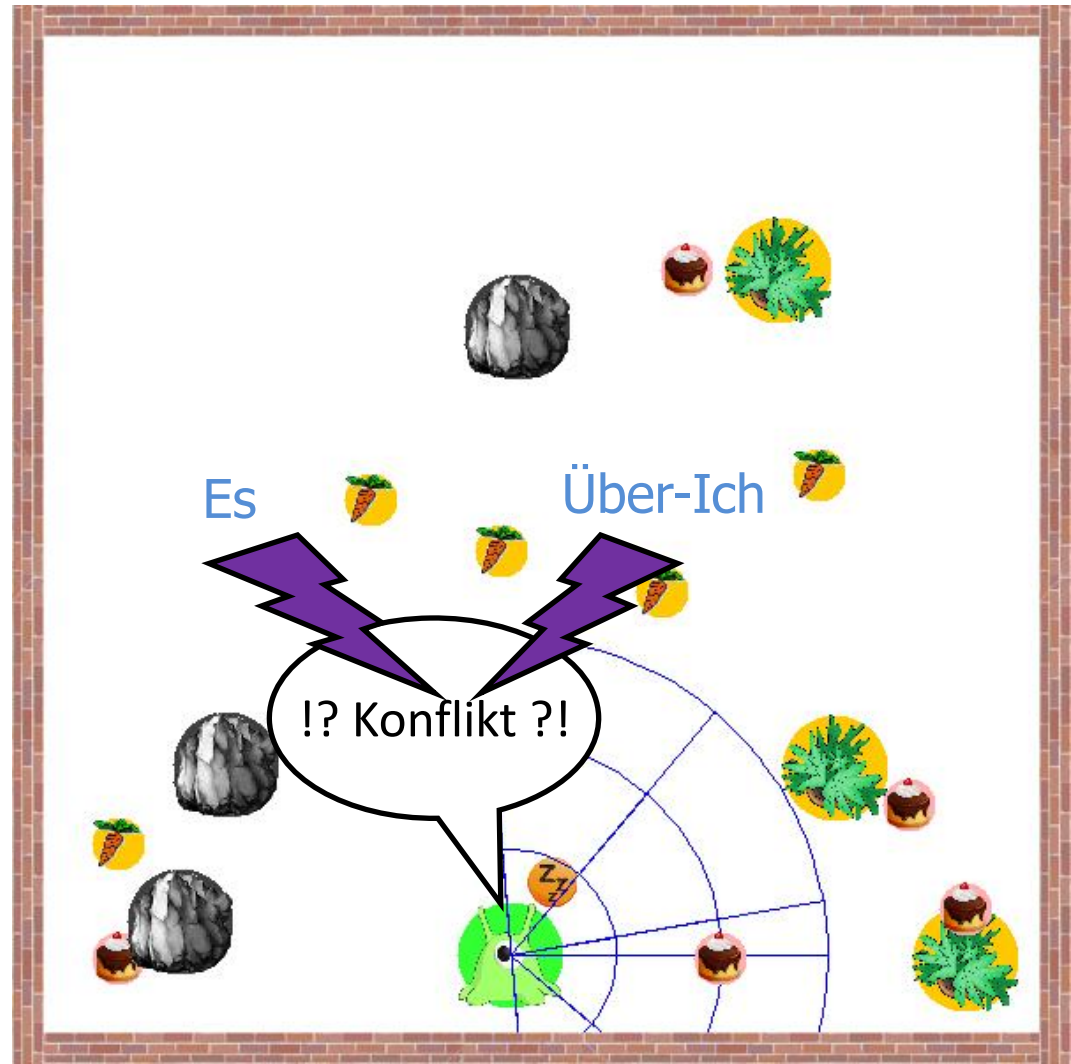


Abwehrmechanismen - Konflikt

- Über-Ich Regel aus der Kindheit: „Süßes ist ungesund!“

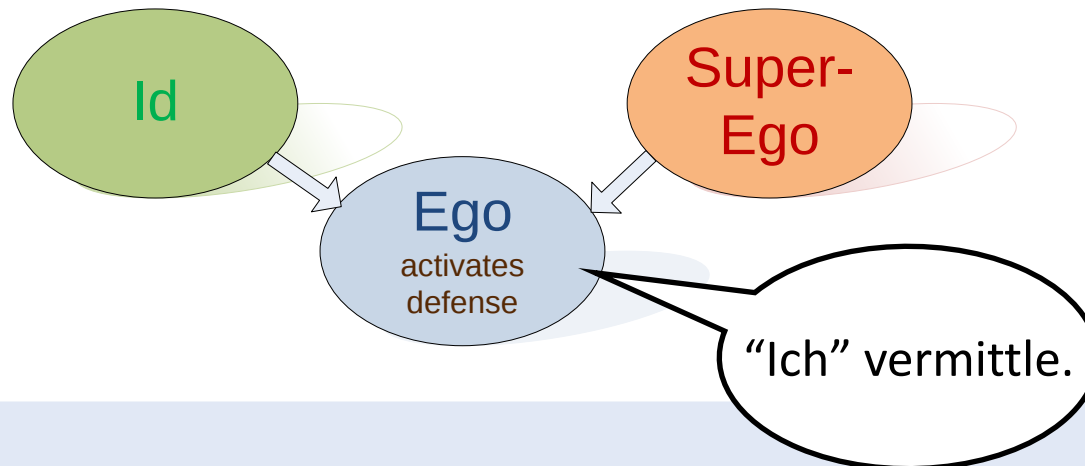
→ Konflikt !!!

- Soll ich die Torte essen?
- Soll ich sie nicht essen?



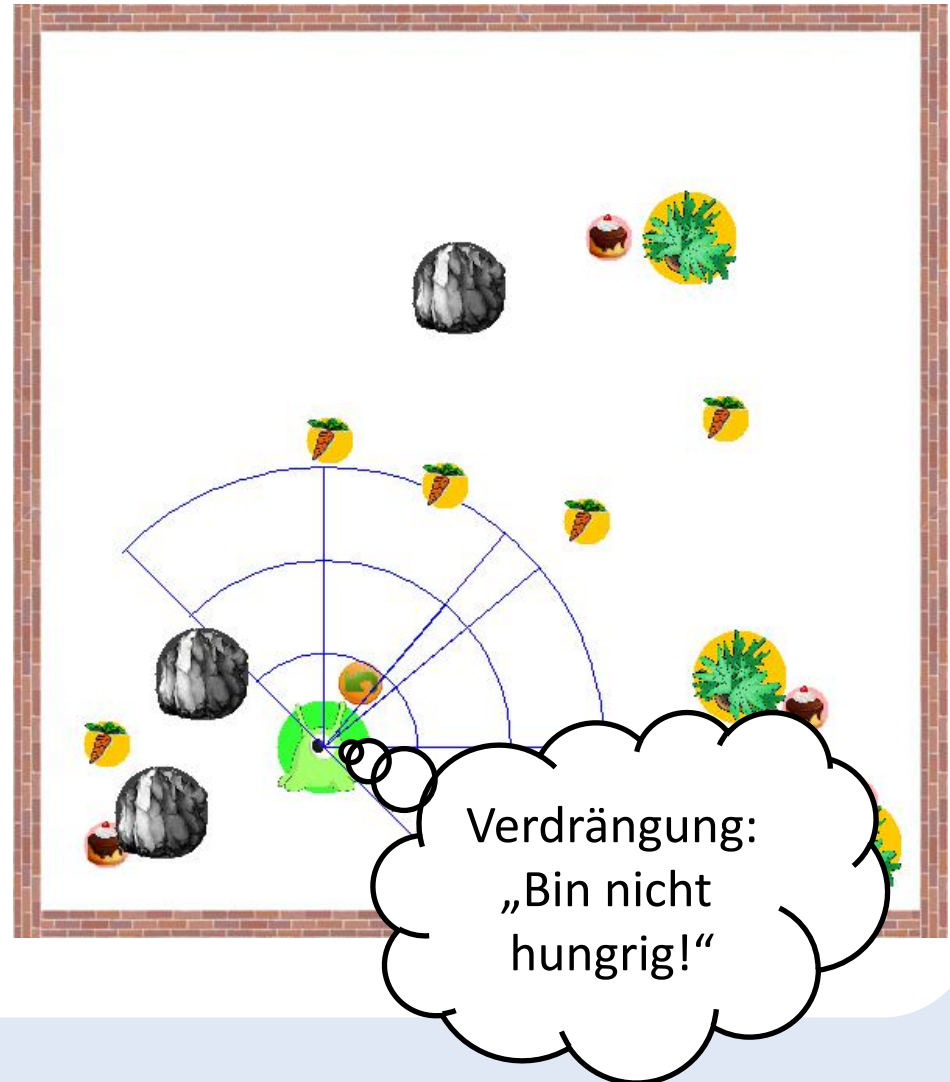
Ich vermittelt zwischen

- Es (Triebe, z. B.: Hungertrieb) und
- Über-Ich (internalisierte Regeln, z. B.: „Süßes ist ungesund!“)
- Ich verwendet Abwehrmechanismen



Abwehrmechanismus Verdrängung

- Verdrängung
(englisch:
Repression)
 - Trieb gelangt nicht
ins Bewusstsein
 - Ich verspürt Hunger
nicht, nimmt Hunger
nicht bewusst wahr
 - Triebanspruch
Hunger verdrängt
- ARSin isst gar nichts



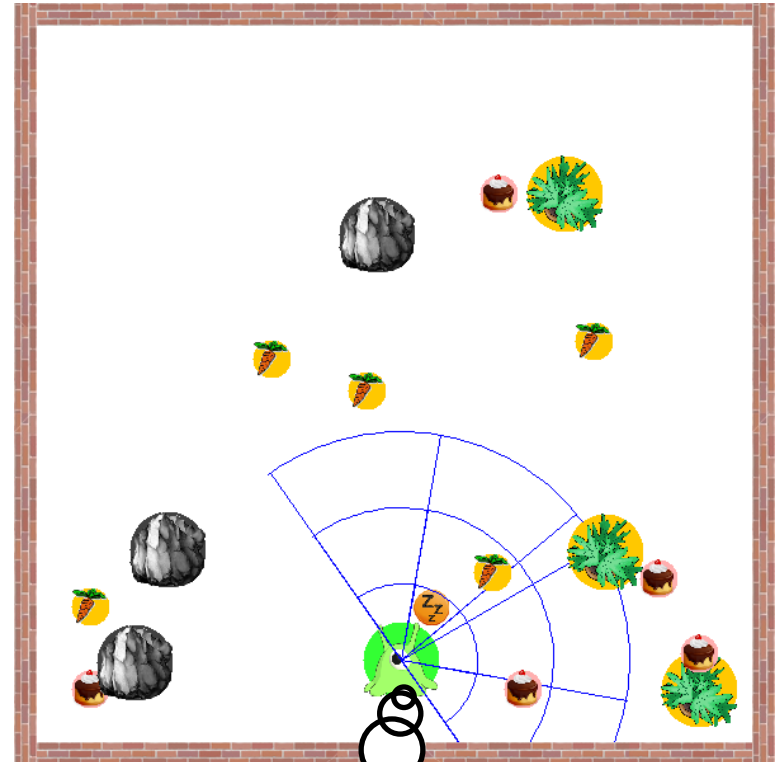
Abwehrmechanismus Verleugnung

- Verleugnung
(englisch: Denial)
 - Wahrnehmungsinhalte verleugnet
 - Ich nimmt die Torte nicht mehr als Essbares wahr
 - Wahrnehmung der Torte als Essbares verleugnet
- ARSin isst gar nichts



Abwehrmechanismus Verschiebung

- Verschiebung (englisch: Deferral)
- Besetzung des Triebobjekts verschoben
- *Besetzung* = Aufmerksamkeit, Fokus
- Ich verschiebt Aufmerksamkeit auf gesunde Karotte
- Aufmerksamkeit von Torte auf Karotte verschoben



Verschiebung:
„Meine Aufmerksamkeit
gilt der Karotte“

Alle 3 Abwehrmechanismen

- **Verdrängung**
 - „Ich bin nicht hungrig!“
- **Verleugnung**
 - nimmt die Torte nicht mehr als Essbares wahr
- **Verschiebung**
 - mehr Aufmerksamkeit für gesunde Karotte



Psychoanalytischer Konflikt

- System kommt zum Stillstand bis Konflikt gelöst
- Es und Über-Ich stehen gegeneinander
- mehr psychische Energie aufgewendet, je länger der Konflikt dauert
- psychische Kräfte werden immer größer
- bis sie durchbrechen (Über-Ich Regeln nicht mehr befolgt) oder
- Konflikt wird vom Ich mit Abwehrmechanismen gelöst

Zones of Overlapping

Primary process
(thing presentations, unconscious)

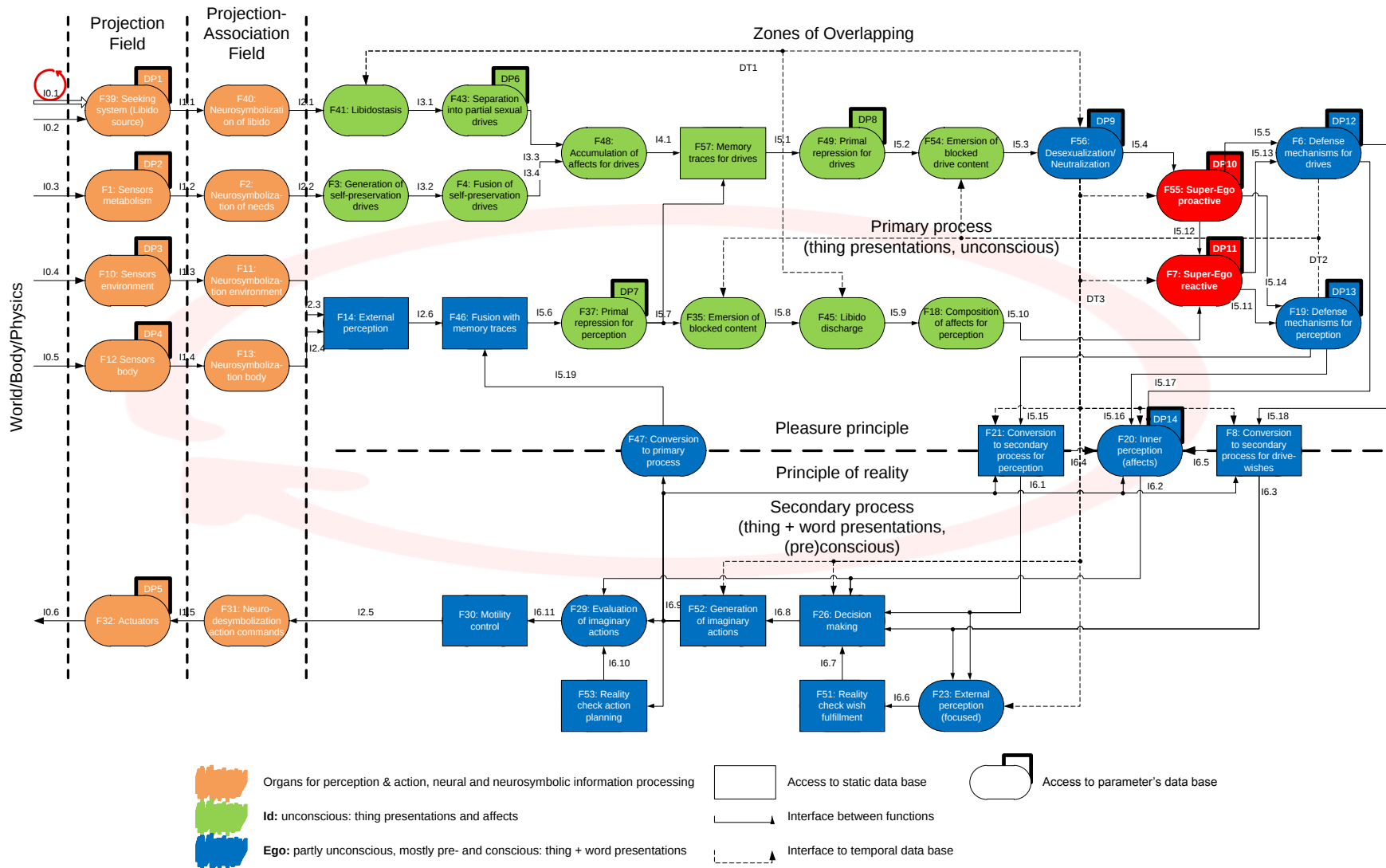
Pleasure principle

Principle of reality

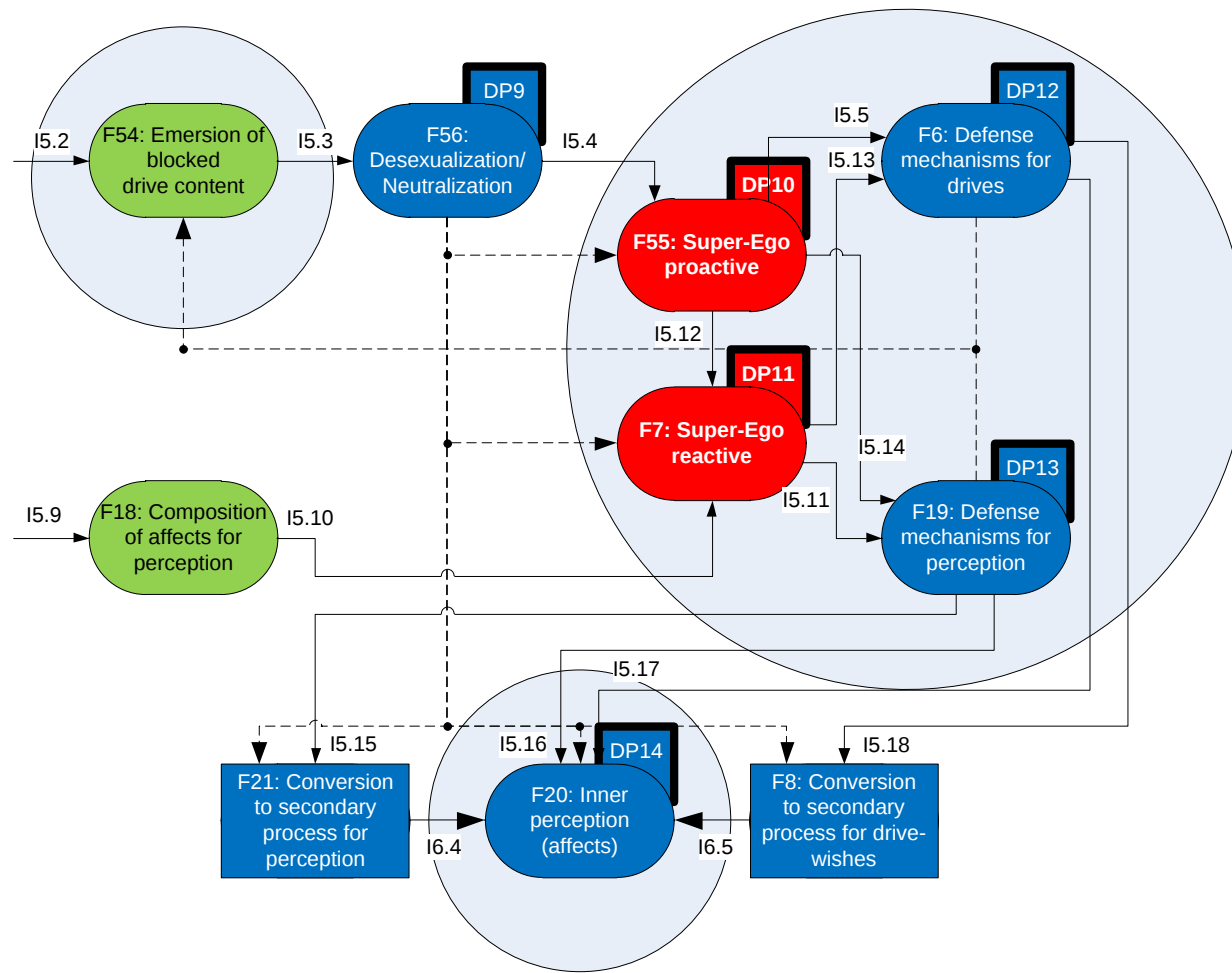
Secondary process
(thing + word presentations, (pre)conscious)

Legend:

- Access to static data base
- Interface between functions
- Interface to temporal data base



Abwehrmechanismen im ARS-Modell



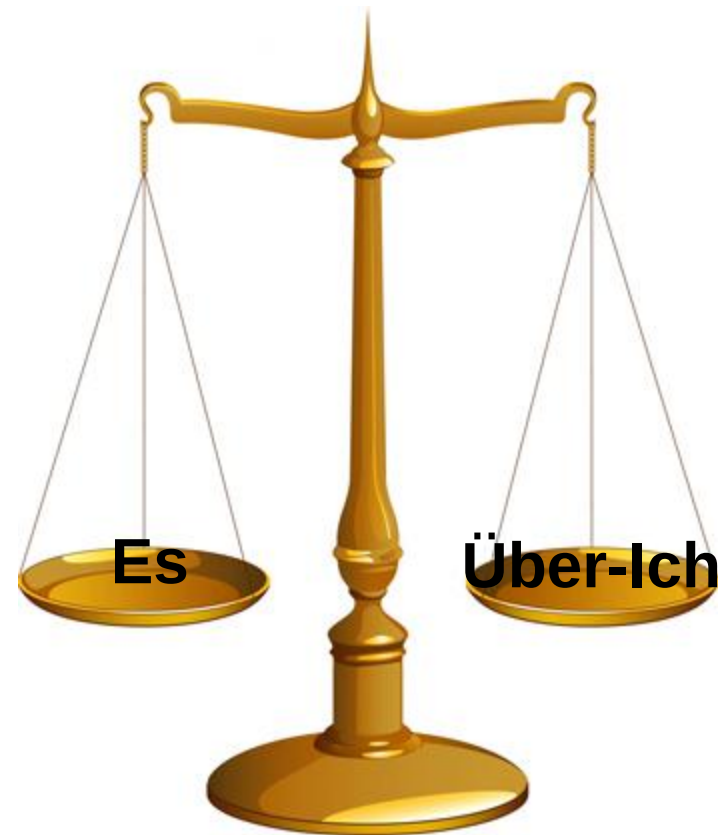
Konflikte in technischen Systemen

mögliche Anwendungen von Konflikten in technischen Systemen

- z. B. Konflikt in einer Firewall: Soll ich Daten durchlassen oder nicht?
- Es: Ja, lasse die Daten durch.
- Über-Ich: Nein, die Daten könnten gefährlich sein.
- Ich: Prüfen wir die Daten oder verdrängen wir die Daten.



- durch Konfliktauflösung bleibt Handlungsfähigkeit des Systems erhalten
- System bleibt nicht stecken
- System bleibt auch bei Konflikt stabil



- zu viele Triebansprüche unterdrückt → Angst entsteht
- im Modell: Verbindung von Abwehrmechanismen zum Decision Making
- Angst von Abwehrmechanismen zu Decision Making weitergegeben



Angebote Bachelorarbeiten Vertiefungen Masterarbeiten

- einen Abwehrmechanismus implementieren
- Merkmale des Konflikts implementieren
 - z. B. Konflikt verbraucht Energie
 - Konflikt verzögert zeitlichen Ablauf
 - ...
- Initialisierung des Speichers für unterdrückte Triebe
- Email an gelbard@ict.tuwien.ac.at



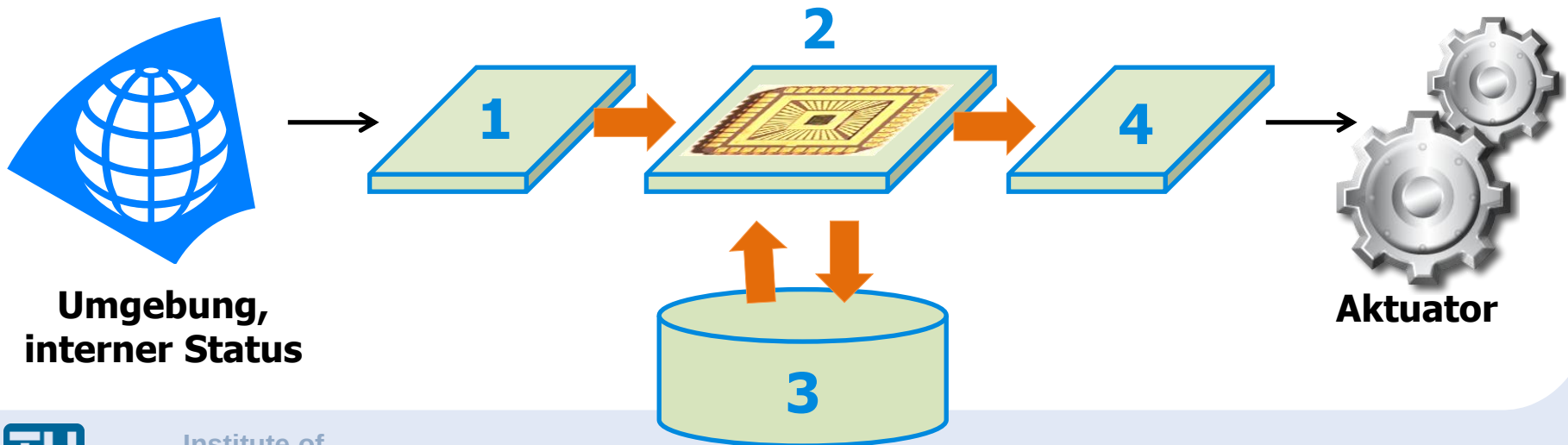
Gliederung

1. Fragestellungen, Prinzipien + Randbedingungen *Dietmar Dietrich*
2. Neurosymbolik *Dietmar Bruckner*
3. Top-down-Darstellung der kognitiven Architektur ARS *Dietmar Bruckner*
4. Vom Konflikt zum Code *Friedrich Gelbard*
5. **Datenrepräsentanz, Simulation** *Heimo Zeilinger*



Informationsaustausch und Speicherung

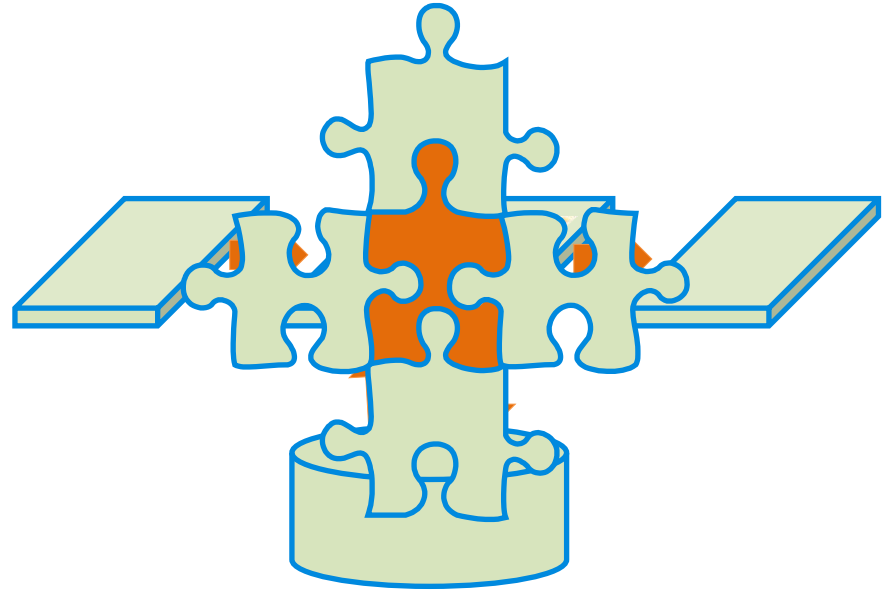
1. Wahrnehmung und Verarbeitung von Sensordaten
2. Entscheidungsfindung
3. Speicherung von Information
4. Motorik



Informationsaustausch und Speicherung

Biologische Systeme

- Cognitive Science
- Artificial Intelligence



Nachteil

- Bottom-up
- Interpretation durch Techniker
- Verhaltensbeschreibung
- bionischer Patchwork

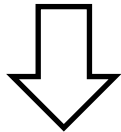
Alternative Lösung

- Top-down Ansatz
- interdisziplinärer Ansatz
- funktionale Beschreibung
- konsistentes Modell

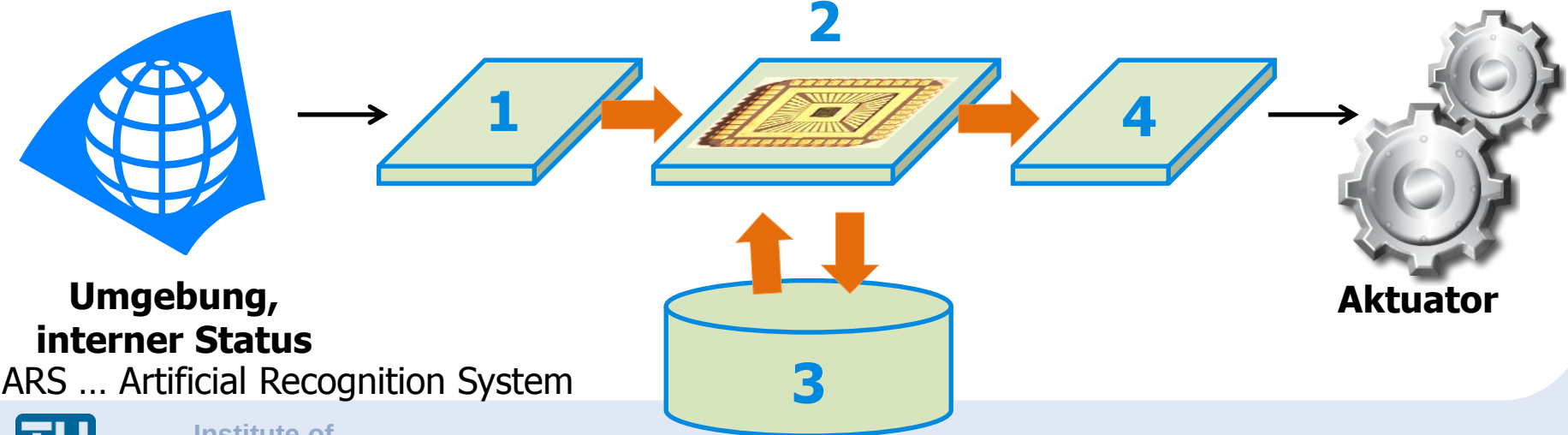
Informationsaustausch und Speicherung

ARS Modell

- menschliche Informationsverarbeitung
- neuropsychanalytischer Ansatz

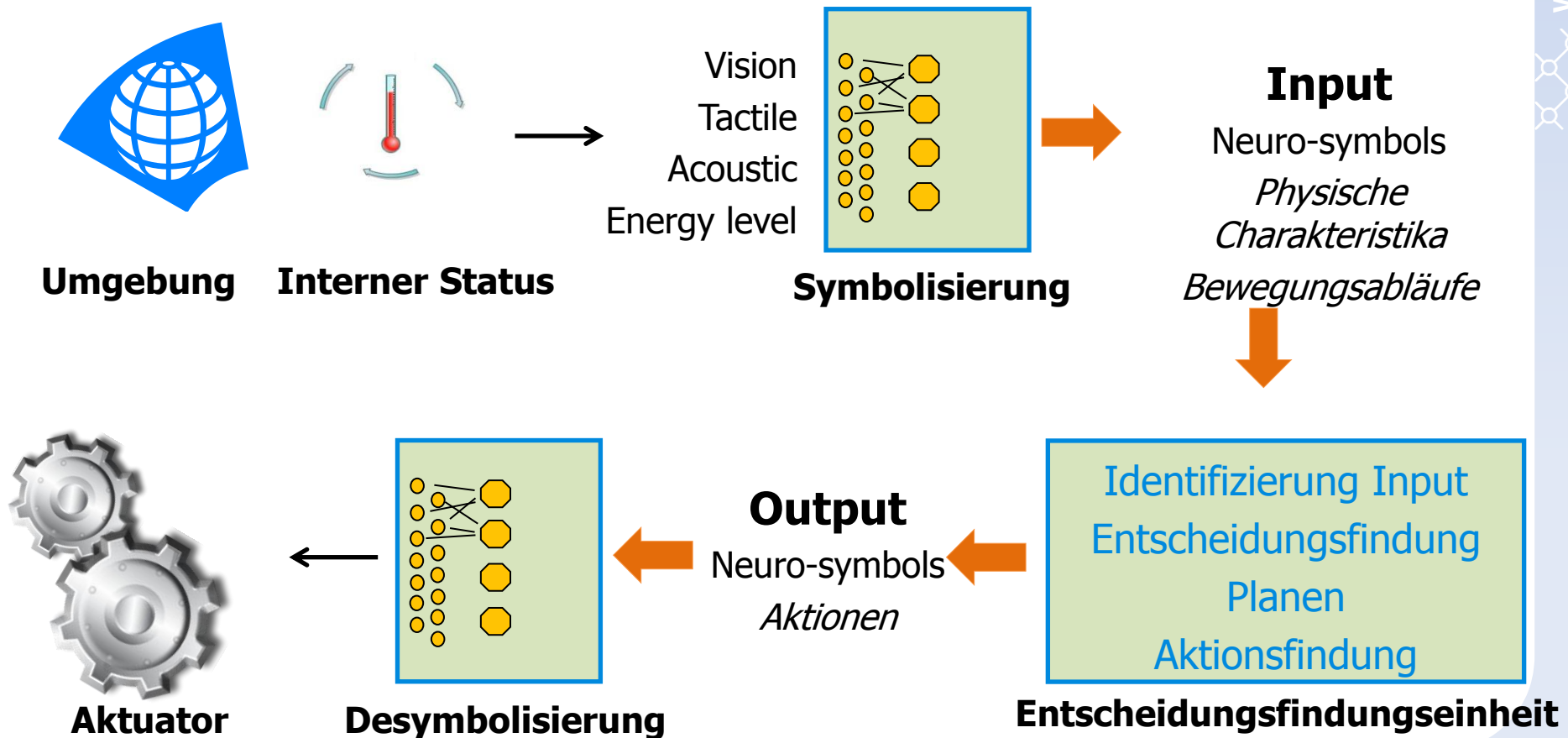


- Datenstrukturen



Informationsaustausch und Speicherung

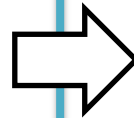
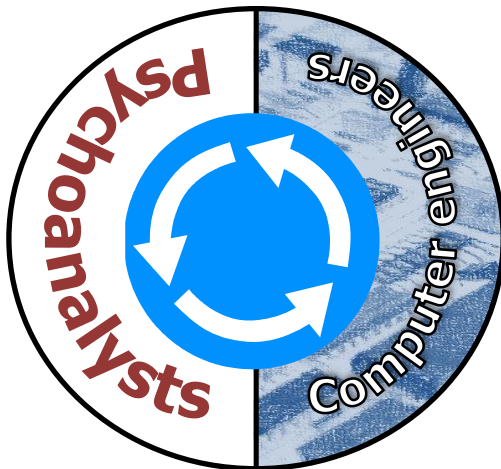
Datenverarbeitung



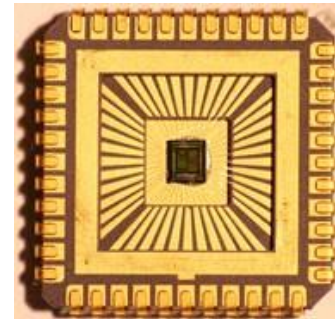
Modellbildung

1. Spezifikation

- Analyse von psychoanalytischen Konzepten
- Definition von Termini
- iterative Entwicklung



2. Implementierung



Techniker

Beispiel: Datenstrukturen

<u>Psychoanalytisches Konzept</u>	<u>Technische Beschreibung</u>
Sachvorstellung	- Repräsentation interner und externer Sensordaten - Bewegungsabläufe
Affekt	Intensität eines “Bedürfnis”
Assoziation	Zusammenhänge
Wortvorstellung	Zeichensatz

Identifizierung Input

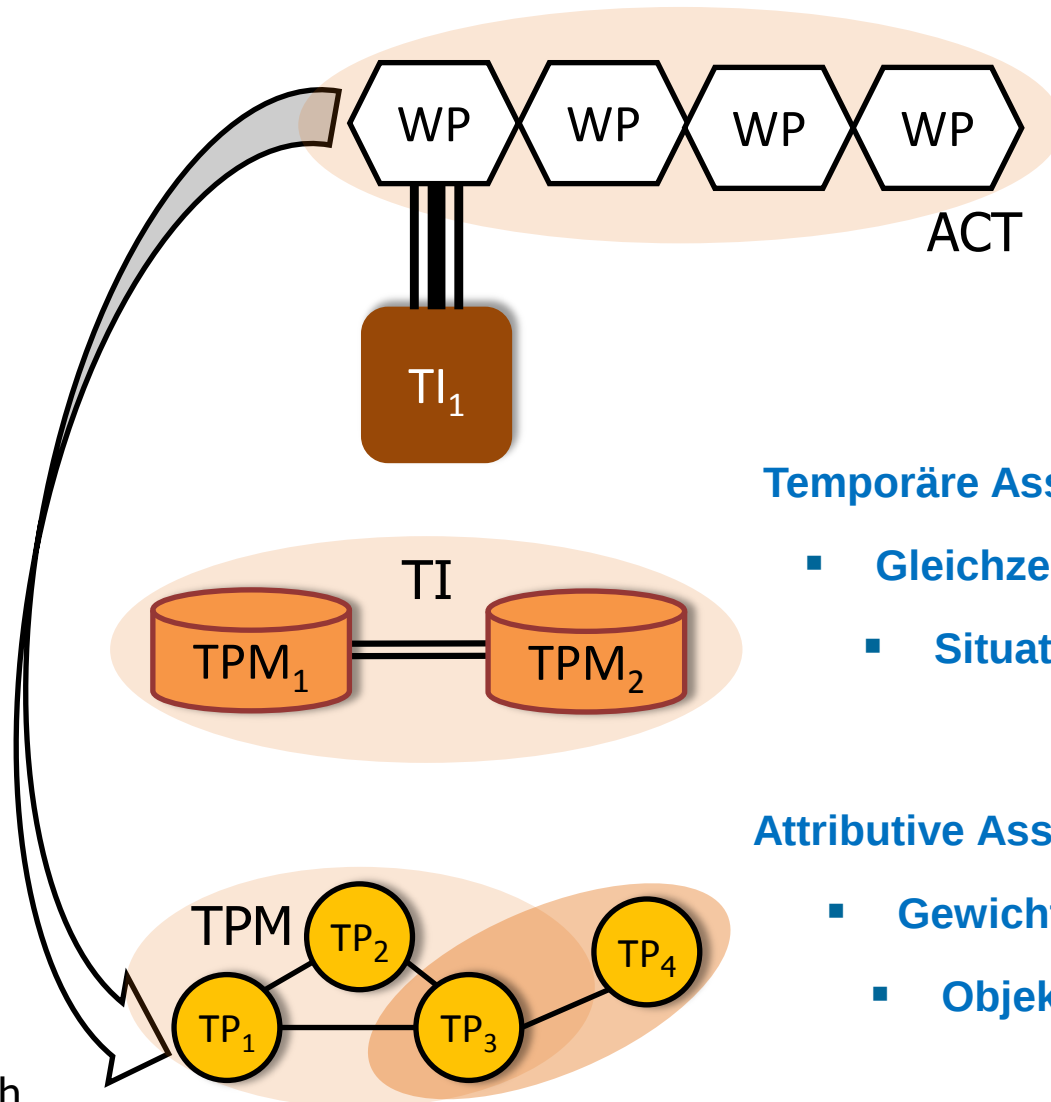
Entscheidungsfindung

Planung

Aktionsfindung

Beispiel: Datenstrukturen

Aufbau



Temporäre Assoziation

- Gleichzeitigkeit
- Situation

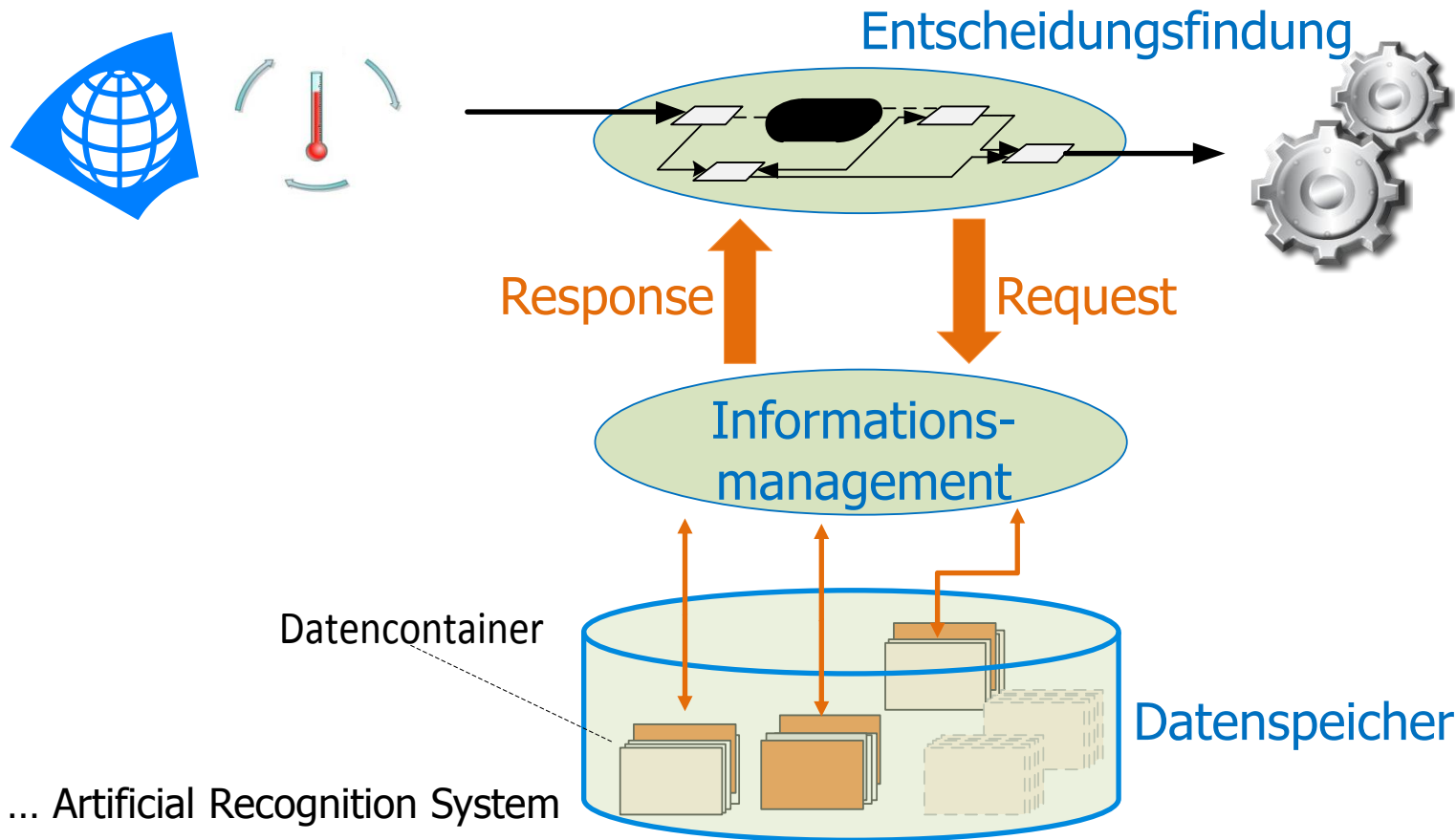
Attributive Assoziation

- Gewichtung
- Objekte

TI ... Template image
 TP ... Thing presentation
 WP ... Word presentation
 TPM ... Thing presentation mesh

Umsetzung

ARS Überblick

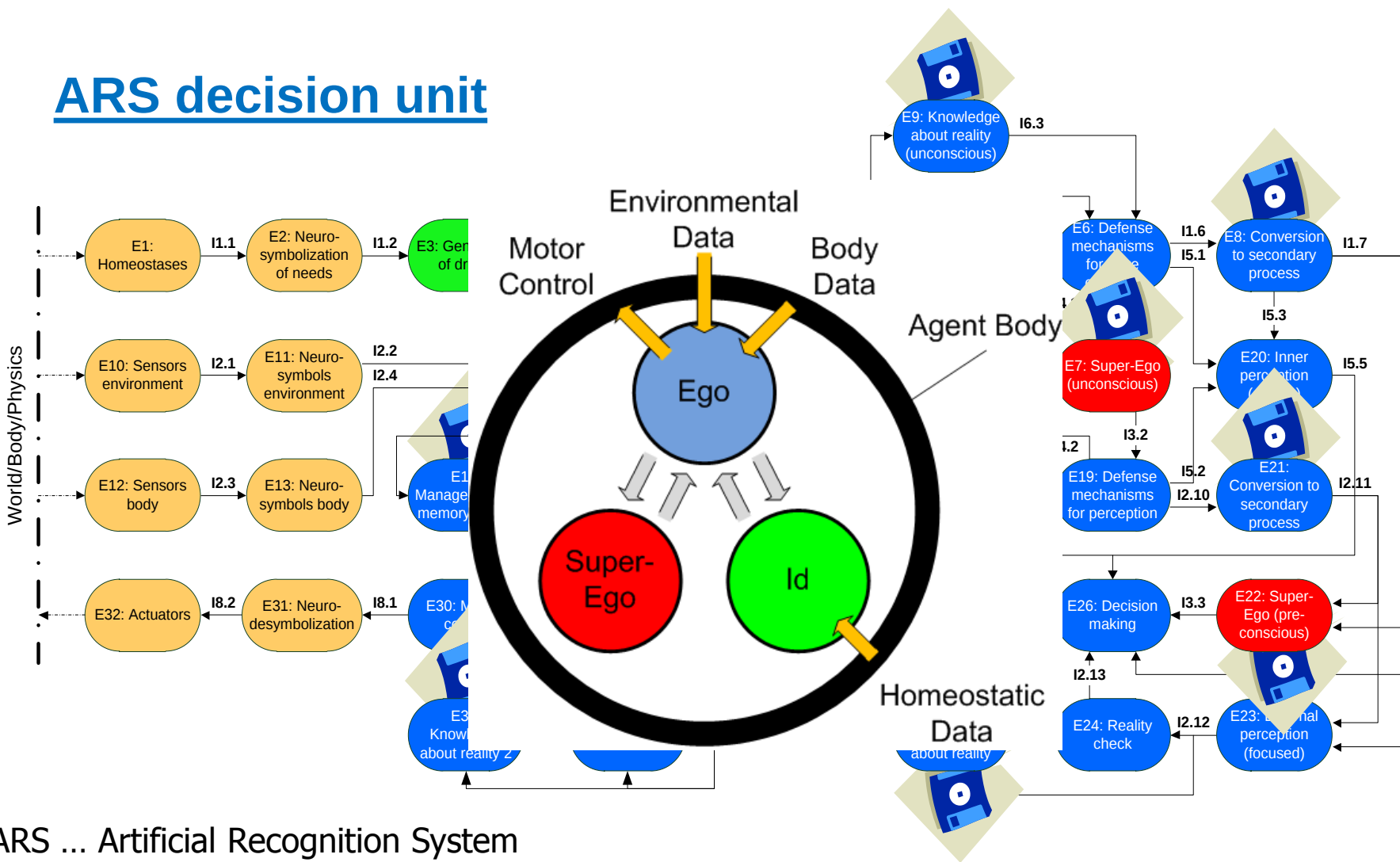


ARS ... Artificial Recognition System

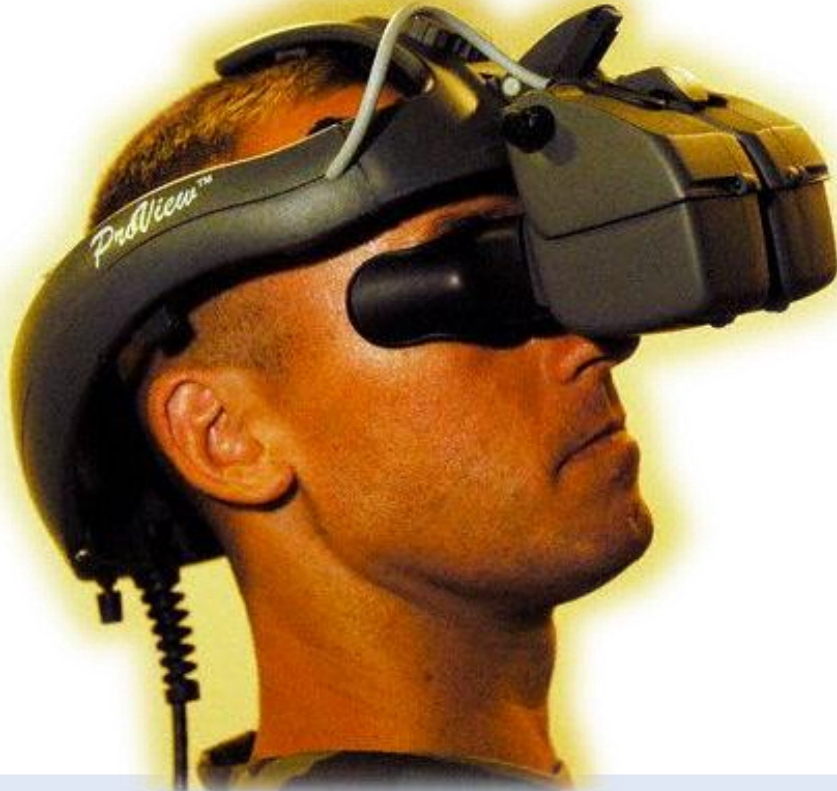
ARSi10 ... ARS implementation version 10

Umsetzung

ARS decision unit



ARS ... Artificial Recognition System



Simulation

Simulation

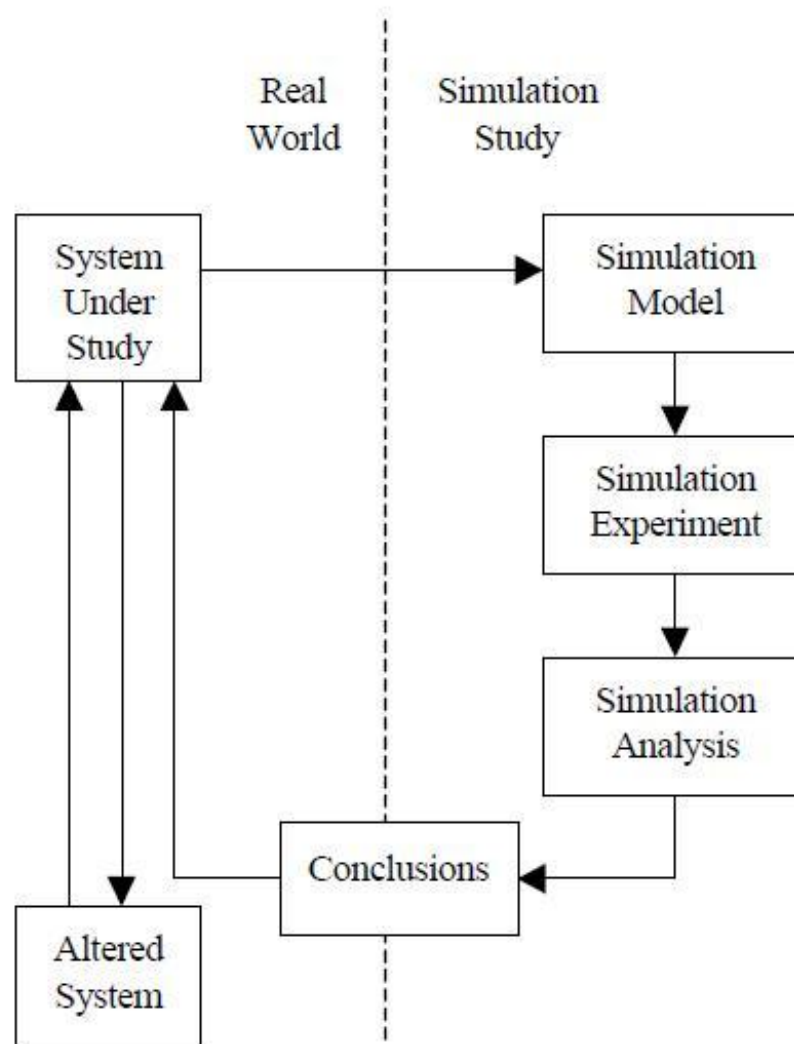
Nachbildung von Vorgängen mit Hilfe eines Computers

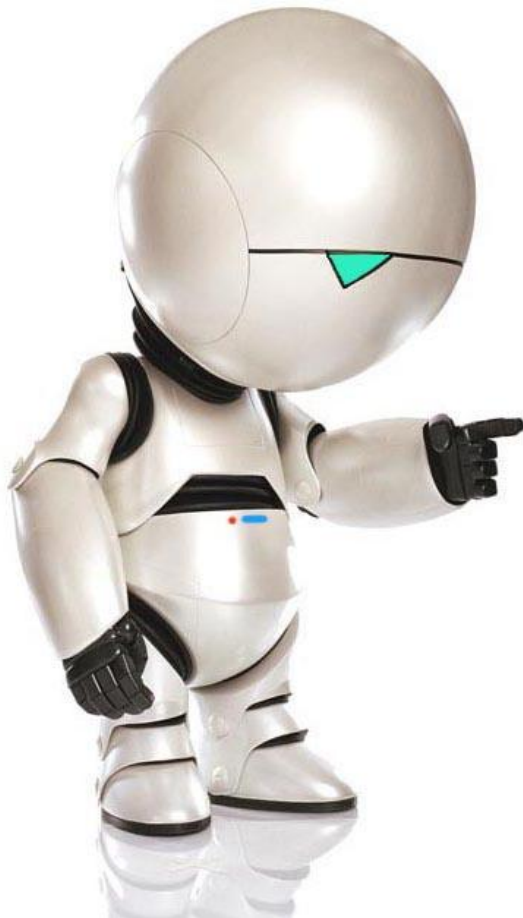
Wozu Simulationen?

- reale Untersuchung zu aufwendig, teuer oder gefährlich
- System nicht existent
- System ist nicht direkt beobachtbar
- System ist zu komplex
- Ausbildung



Simulation





Agenten

Agentendefinition

„An *agent* is a computer system that is *situated* in some *environment*, and that is capable of *autonomous action* in this environment in order to meet its delegated objectives.“

M. Wooldridge



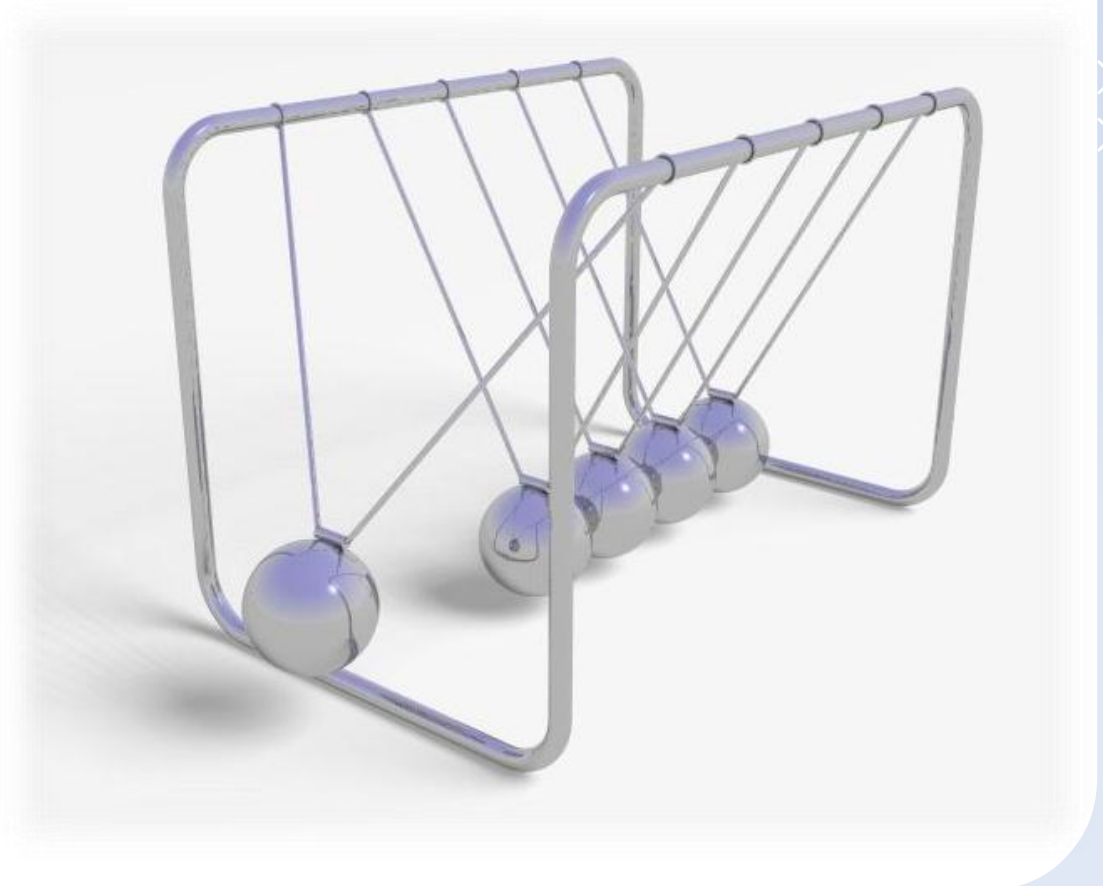


Charakteristika von Agenten?

Freiheit der Entscheidung



Wahrnehmen und Handeln



Zielgerichtet die Initiative ergreifen



Interaktion



Beispiele für Agenten

- Agent Smith
- Robocup
- Raumsonde

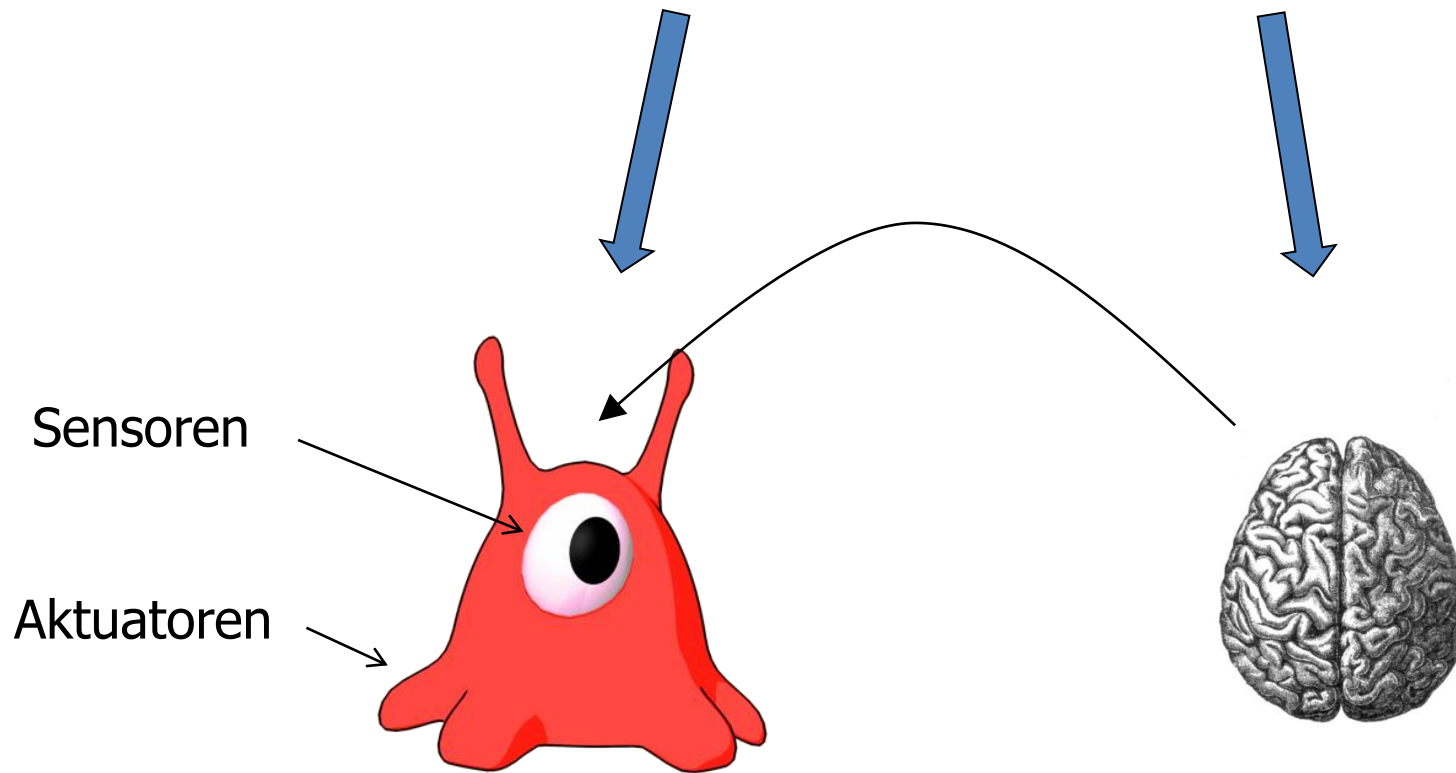
Keine Agenten

- Software Dämon
- Thermostat



Agentenstrukturen

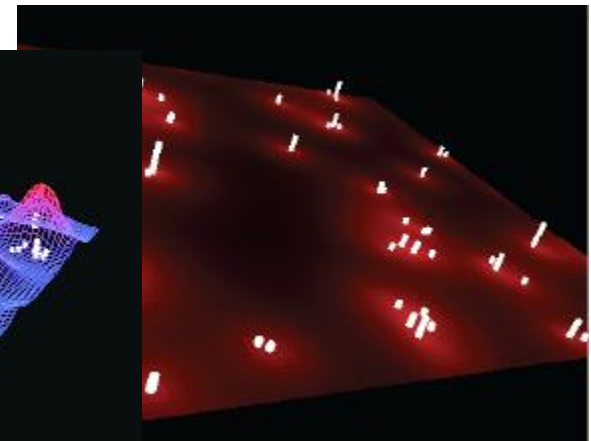
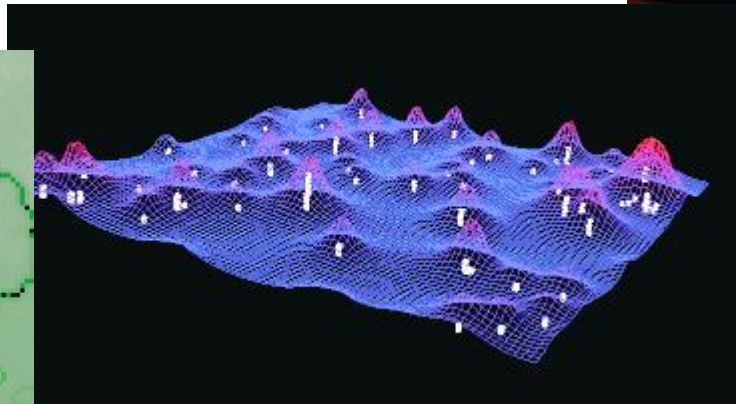
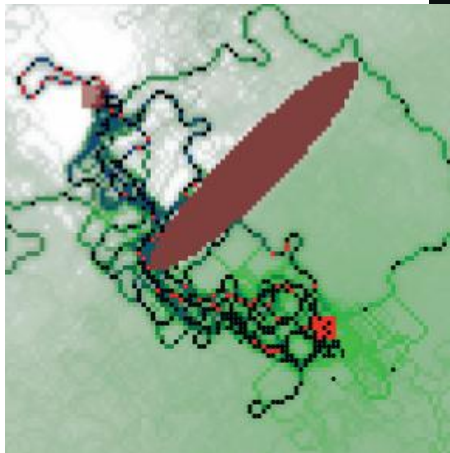
Agent = Architektur + Programm



Multiagentensysteme

- Ein Multiagentensystem besteht aus mehreren Agenten, die miteinander interagieren.
- Für erfolgreiche Interaktion
 - Kooperation
 - Koordination
 - Verhandeln
- Multiagentensysteme beinhalten daher Agenten, die...
 - durch Kommunikation interagieren
 - in ihrer Umgebung agieren
 - unterschiedliche Einflussbereiche haben (die überlappen können)
 - durch andere (organisatorische) Beziehungen verbunden sind.

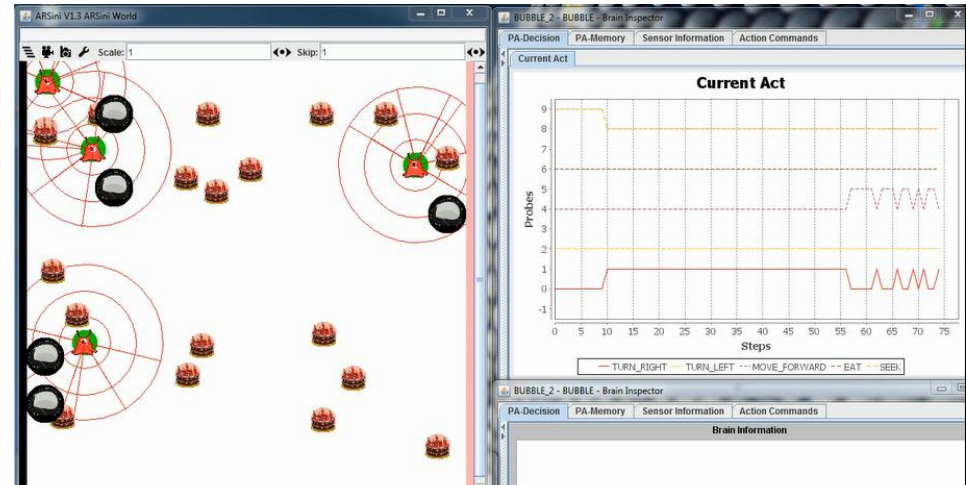
- Developed by: a joint effort between George Mason University's Evolutionary Computation Laboratory and the GMU Center for Social Complexity
- MASON was built to do many simultaneous simulations of many agents on cluster computers, while visualizing the results on front-end machines.



Sean Luke et al., „A Java Multi-agent Simulation library,“ 2003

ARSIN World

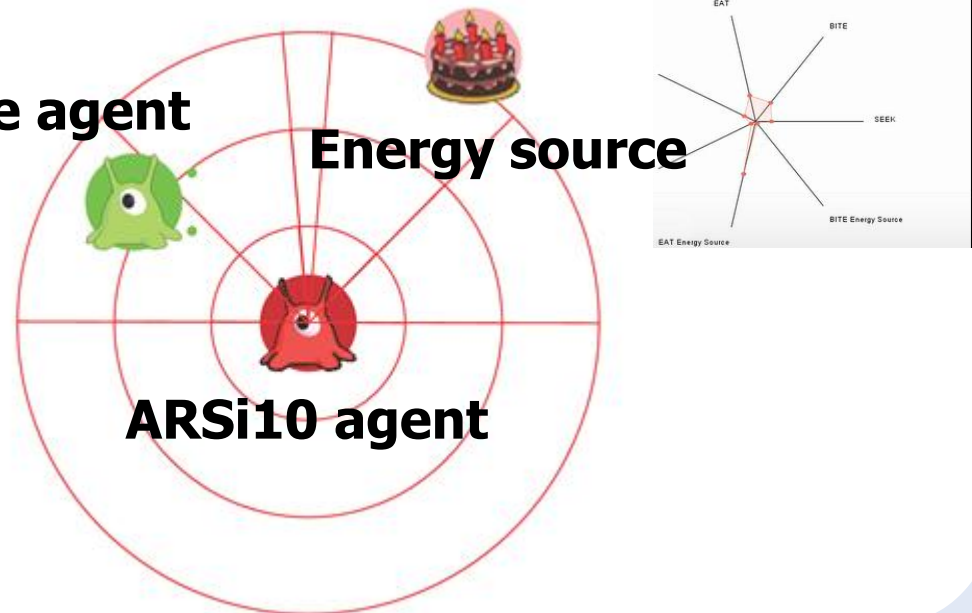
- Umgebung
- Körper
- Entscheidungsfindung



Remote agent

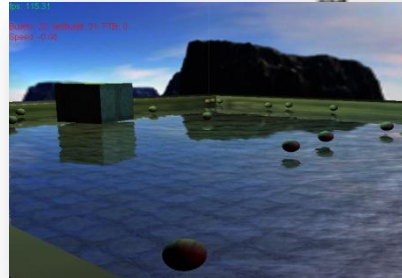
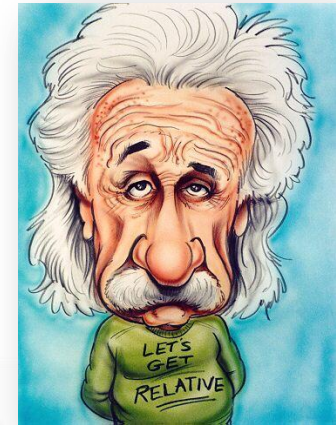
Energy source

ARSi10 agent



Student Work

- Einbindung einer Physics Engine
- Refactoring: Sensorik, Inspektoren
- 3D Visualisierung
- Mason v15



- D. Dietrich et. al, 2009. *Simulating the Mind - A Technical Neuropsychanalytical Approach*. Springer Wien
- ARS Web-Seite, <http://ars.ict.tuwien.ac.at/>

