

Seelen bauen

oder

Eine Einführung in neuronale Programmierung



Markus Rudolph



/ Lotes

Inhalt

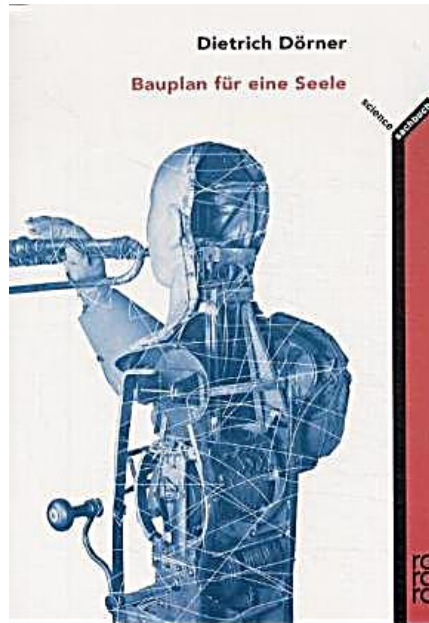
- Motivation
- Literatur
- Klassische Theorien
- PSI-Theorie
 - Grundlagen
 - Gedächtnisschemata
 - Verhaltensprogramme
 - Komplexe Algorithmen
- Feedback? Angefixt?

Motivation

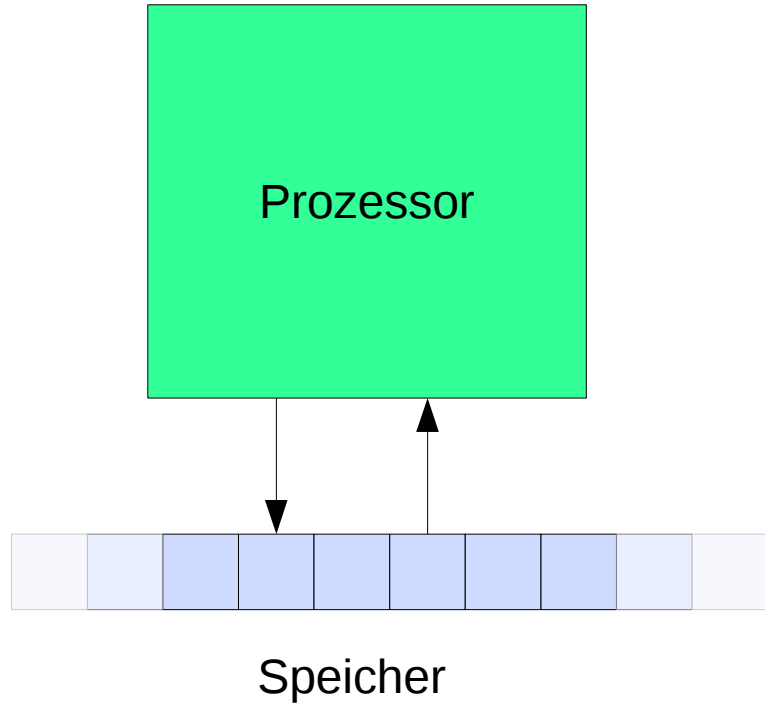
- Eine neuronale Rechentheorie, sowie Vor- und Nachteile dieser, erforschen.
- Hoffnung: Neurale Netze können intuitiv zusammengesetzt werden und Ergebnisse können erklärt werden

Literatur

- Diese Theorie wurde erstmals von Dietrich Dörner formalisiert.
- Unter PSI-Theorie betitelt, ist sie in folgenden Büchern erörtert.



Klassische Rechnerarchitektur



- Der typische Rechenzyklus eines Prozessors:
 - Lese Befehl aus Speicher
 - Dekodiere Befehl
 - Führe Befehl aus
 - Schreibe Ergebnis in den Speicher

Neuronale Netze

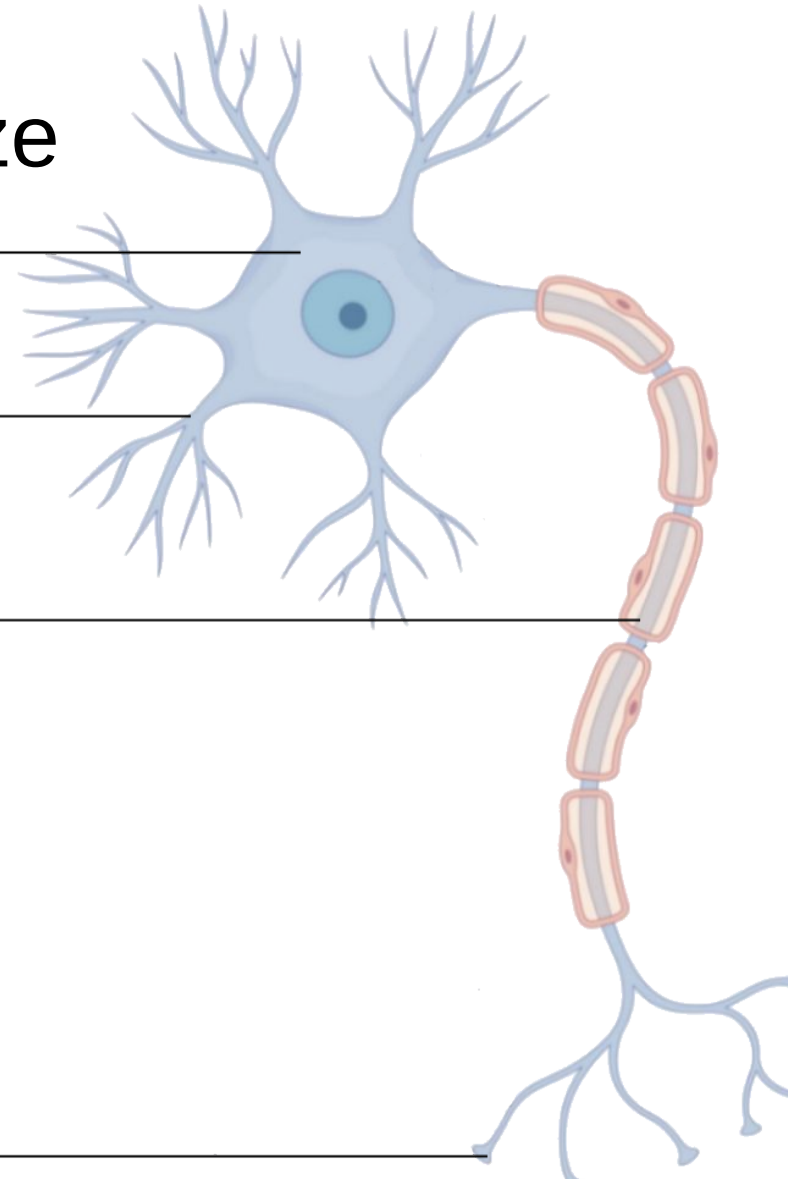
- Neuronen können Signale über ihr Axon feuern
- Dieses verteilt sich über seine Synapsen an andere Neuronen
- Ist die Summe der Eingangssignale größer als ein Schwellwert wird das Signal überhaupt gefeuert
- Synapsen gewichten das Signal und hängen sich an Dendriten der Nachbarneuronen

Neuron

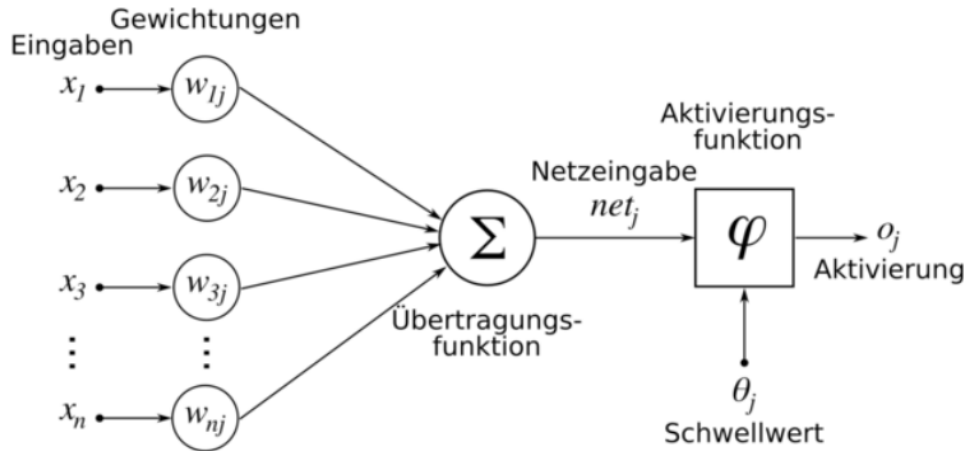
Dendriten

Axon

Synapsen



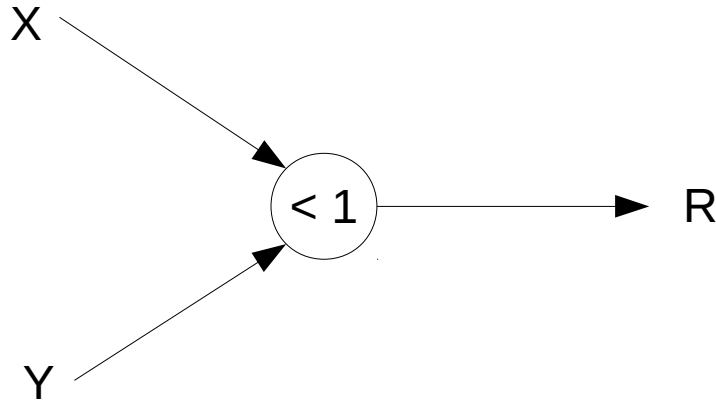
Künstliche neuronale Netze



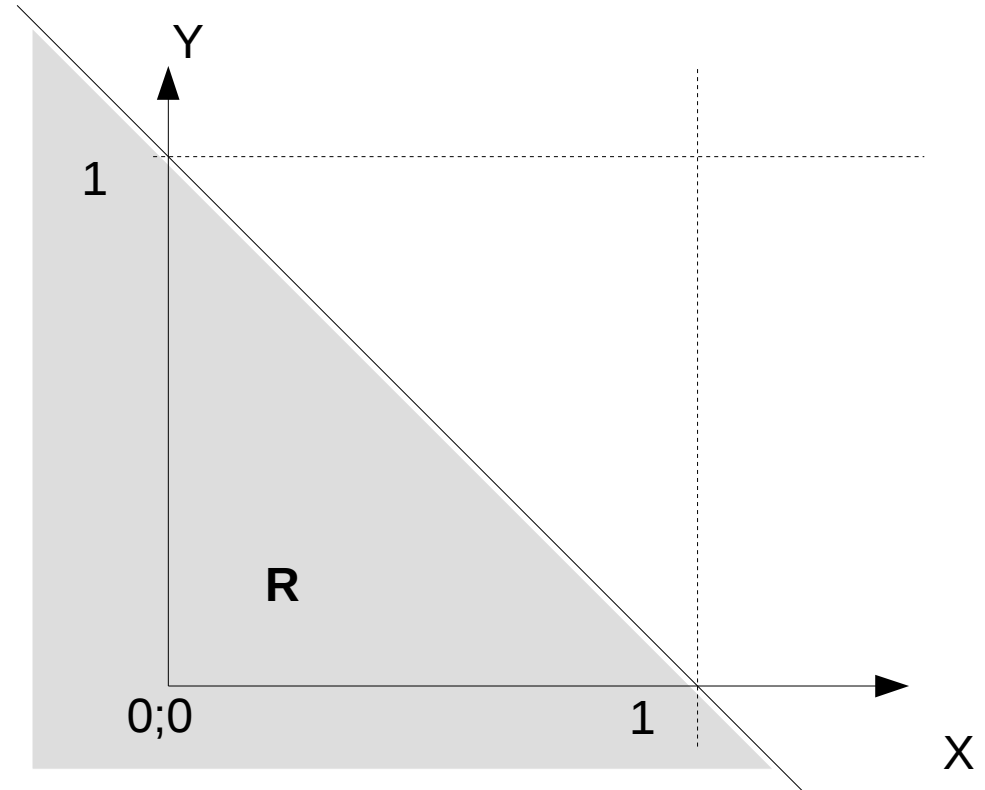
- Die Eingaben x_i für $1 \leq i \leq n$ werden mit dem Gewicht w_{ij} der i -ten Eingangssynapse von Neuron j multipliziert.
- Die Produkte werden addiert.
- Liegt die entstandene Summe über dem Schwellwert vom Neuron, wird das Neuron aktiv und feuert
- Sonst nicht

Künstliche neuronale Netze

Geometrische Interpretation

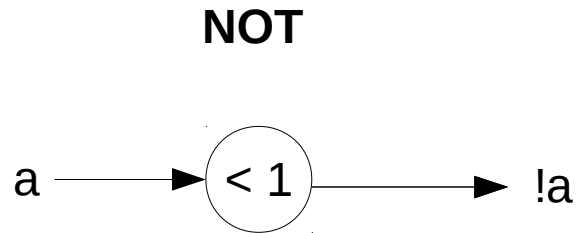
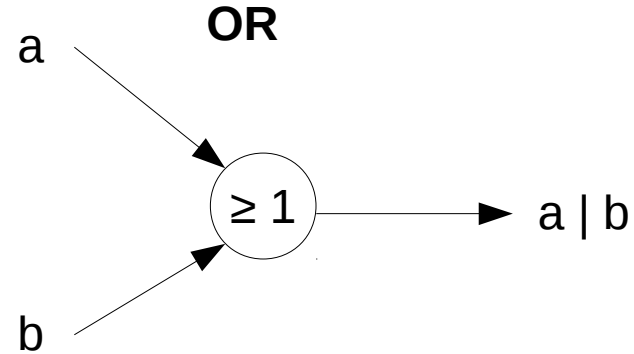
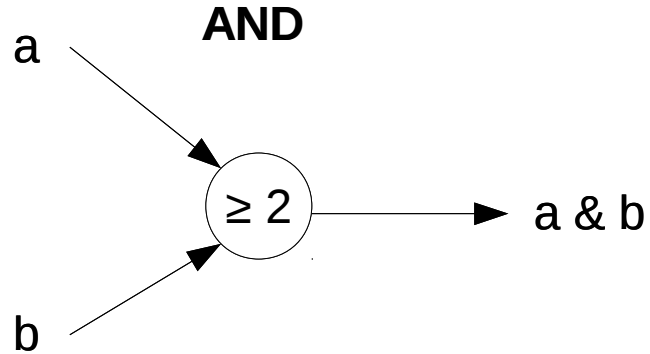


- zwei Eingaben X, Y; eine Ausgabe R
- entspricht der **Spaltung eines 2-dim. Raumes in zwei Halbräume**
- K Eingänge = K Dimensionen!



Logische Schaltungen

mit Neuronen*

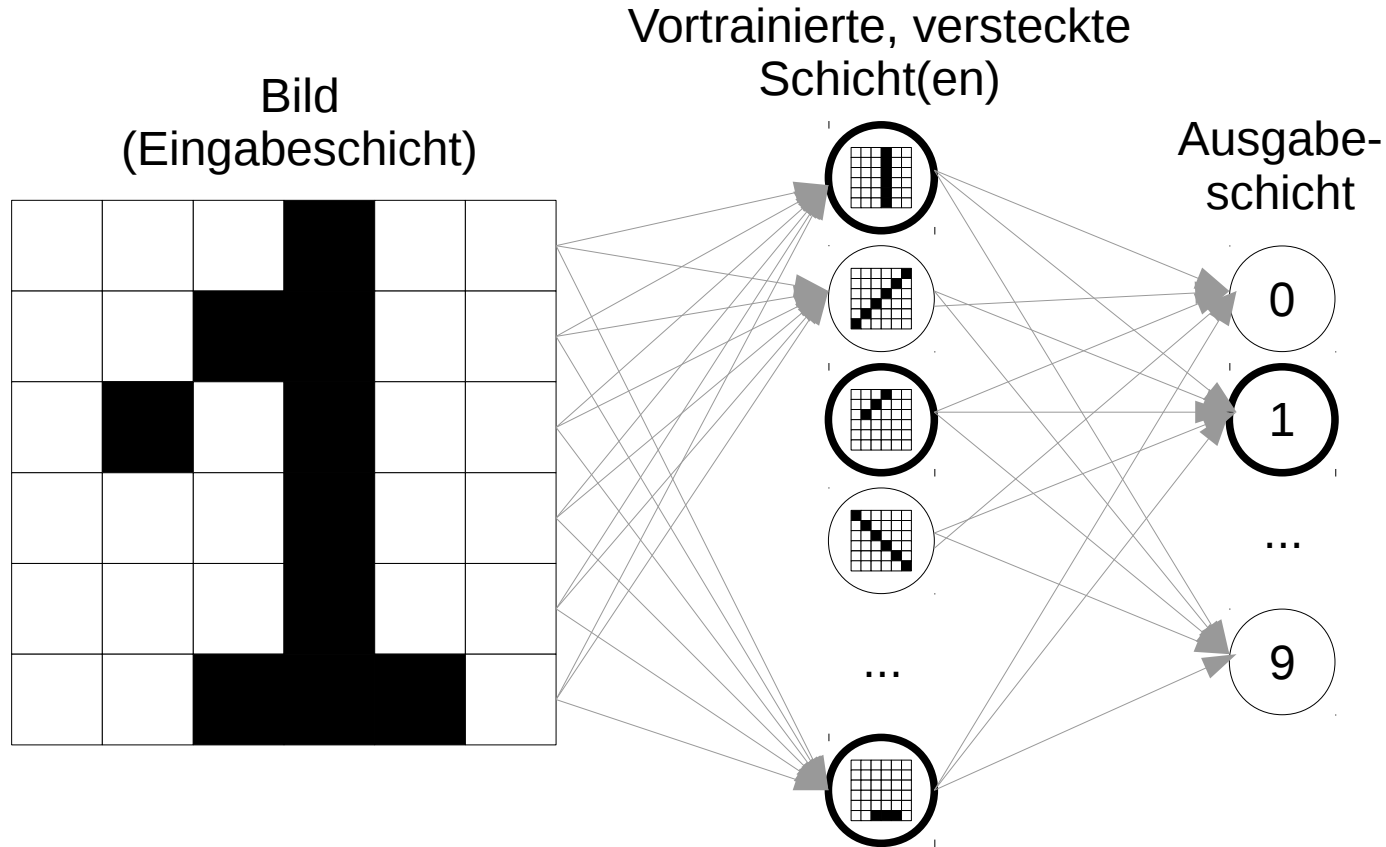


Turingvollständig! Obergeil!

* Natürlich unter der Annahme, dass Ein- und Ausgaben nur 0 oder 1 sind.

Klassische Anwendung

Mustererkennung



Typisches Vorgehen

- künstliche neuronale Netze werden zuerst trainiert und dann benutzt
- Beim Training werden Eingaben durch das Netz propagiert (Netz wird angewendet).
- Wenn die Ausgabe nicht passt, wird der Fehler zurückpropagiert (Synapsengewichte werden dabei geändert).

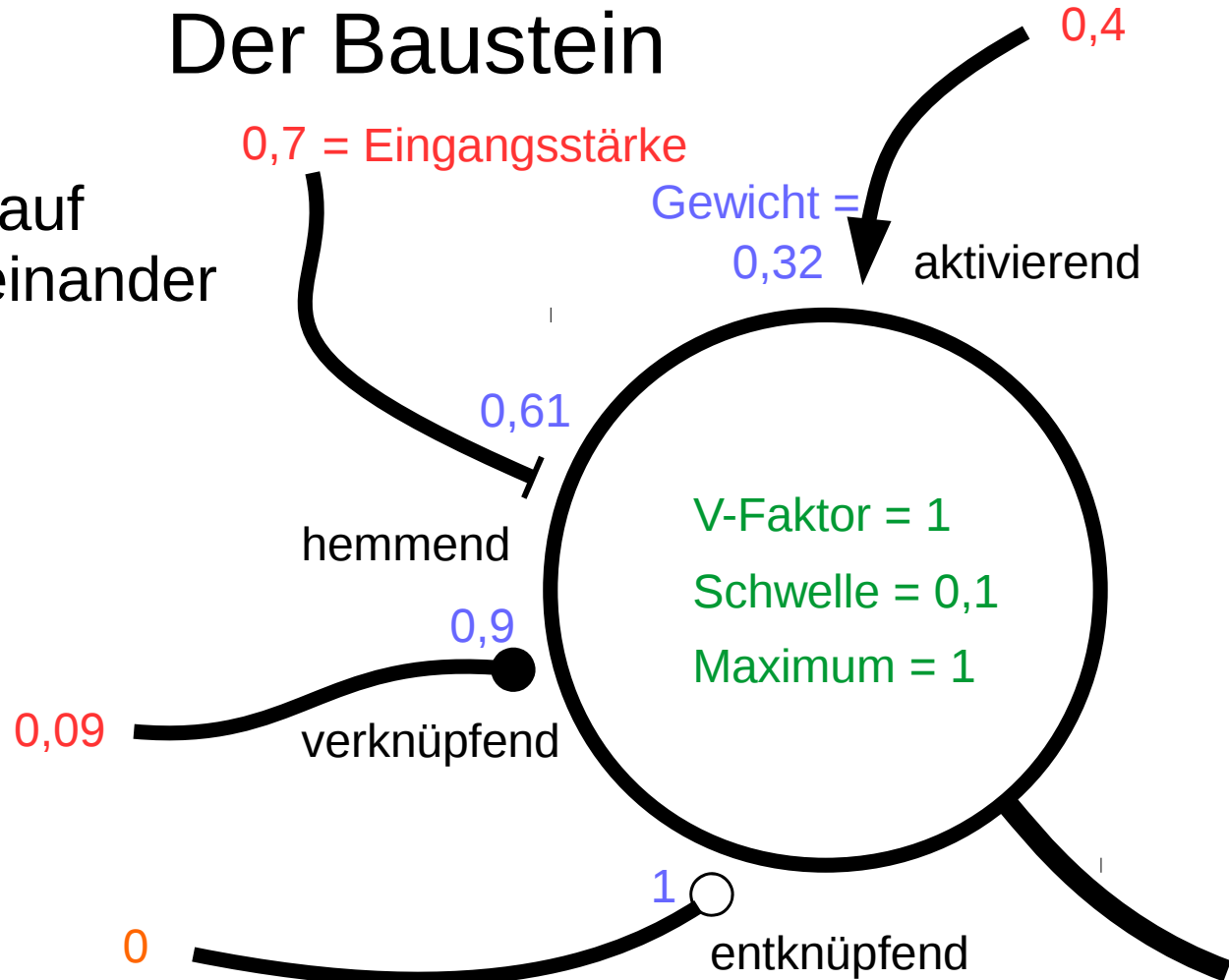
PSI-Theorie

- modelliert psychische Prozesse mithilfe von Neuronen
 - Und nur mit Neuronen!

Der Baustein

Neuronen können auf genau 4 Arten miteinander verbunden sein:

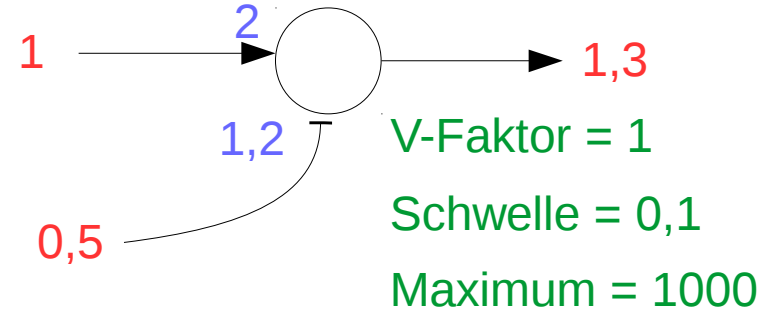
- Aktivierend
- Hemmend
- Verknüpfend
- Endknüpfend



Der Baustein

Aktivierend und hemmend

```
A :=  $\sum(a_i \cdot g_i)$   
if A > Schwelle then  
  begin  
    A := (A-Schwelle) · V-Faktor  
    if A > Maximum then A := Maximum  
  end  
else  
  A := 0
```



Eingaben hemmender Neuronen werden von der Summe abgezogen. Das Gewicht wird also negativ interpretiert!

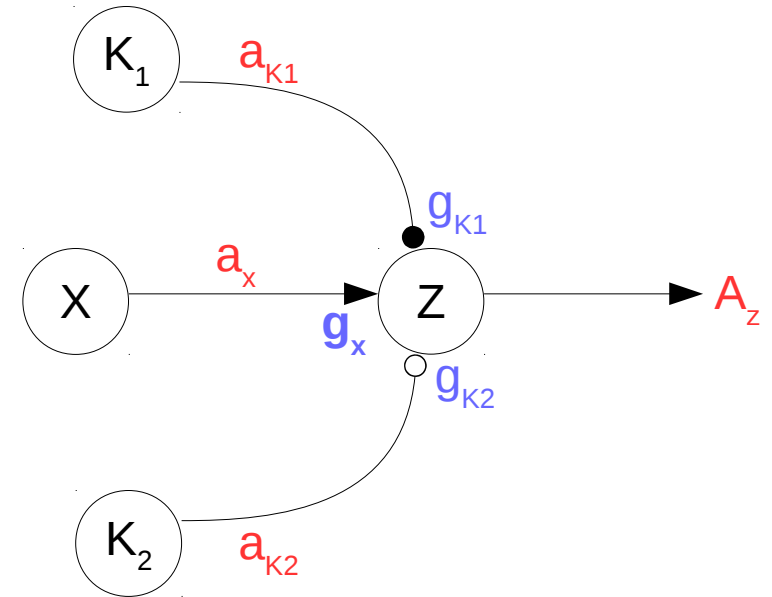
Der Baustein

Verknüpfend und Entknüpfend

Hier werden nur Gewichte anliegender (aktivierender und hemmender) Neuronen geändert.

```
Ak :=  $\sum(a_{ki} \cdot g_{ki})$   
if Ak > 0 then  
    gx :=  $(\sqrt{g_x} + a_x \cdot A_k \cdot A_z \cdot L)^2$   
else if Ak < 0 then  
    gx :=  $\sqrt{(g_x^2 + A_k \cdot A_z \cdot D)}$   
else if gx < T then  
    gx :=  $\sqrt{(g_x^2 - K)}$ 
```

Nach Dörner haben Standardneuronen ein maximales Gewicht von 1.



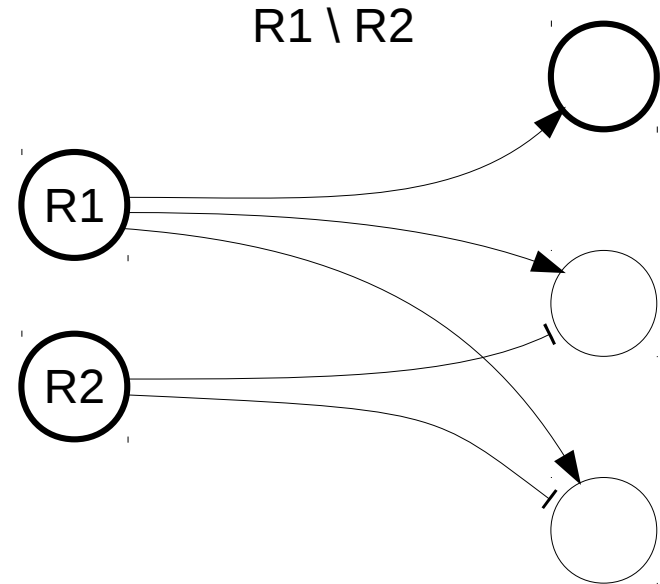
Always remember:
 $A = \sum(a_i \cdot g_i)$

Grundlegende Operationen

Mengenoperationen

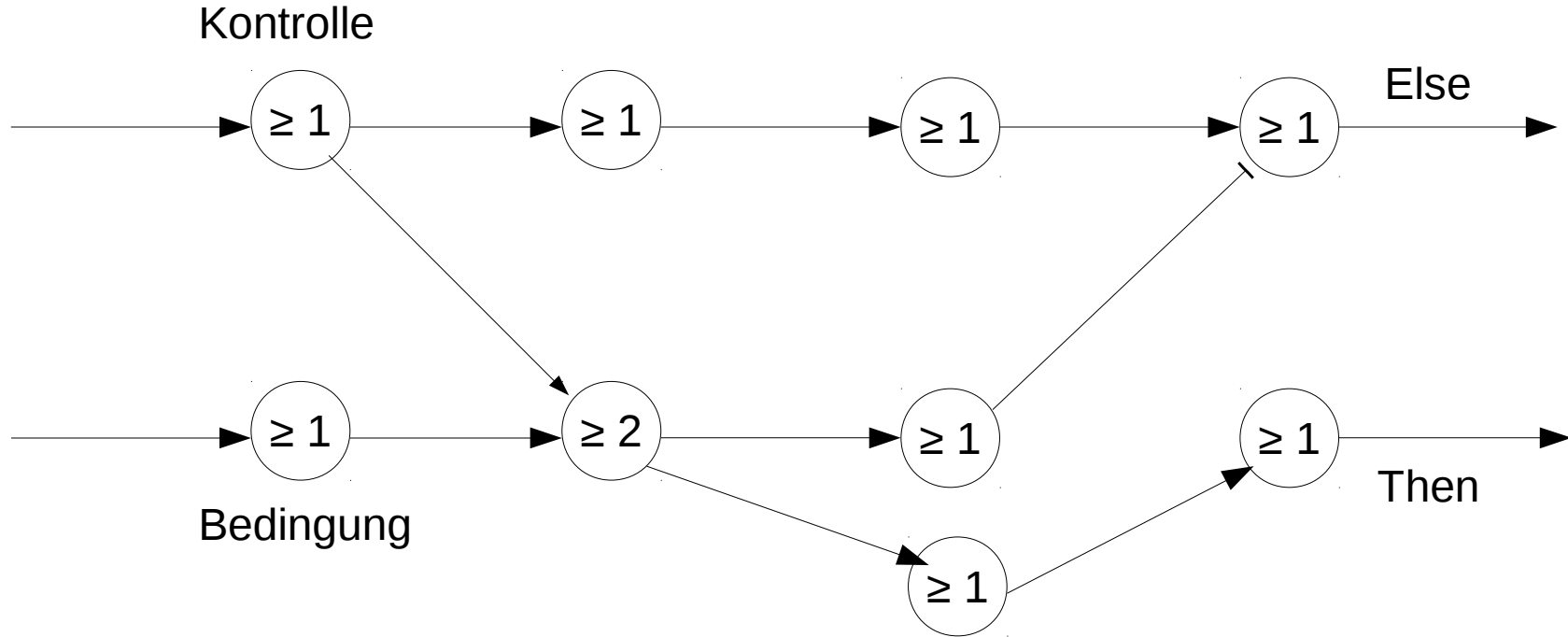
Beispiel: Differenzbildung

- benötigt nur einen Simulationsschritt
- das R steht für Registerneuron



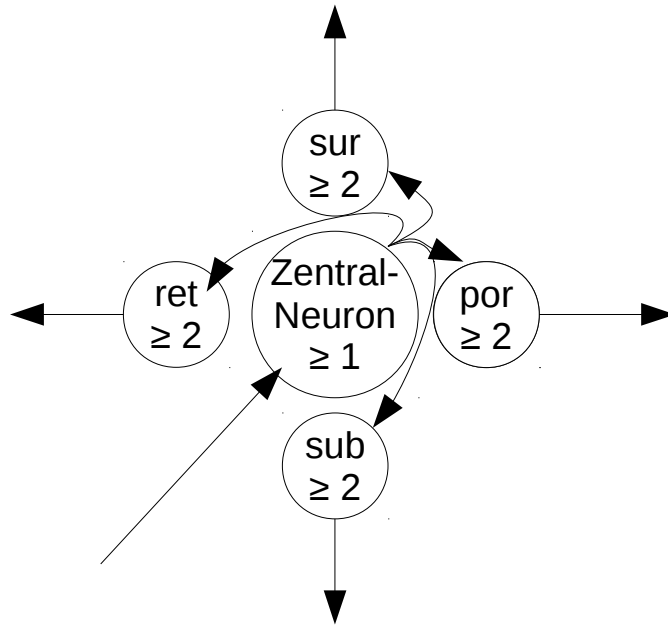
Grundlegende Operationen

Weiche



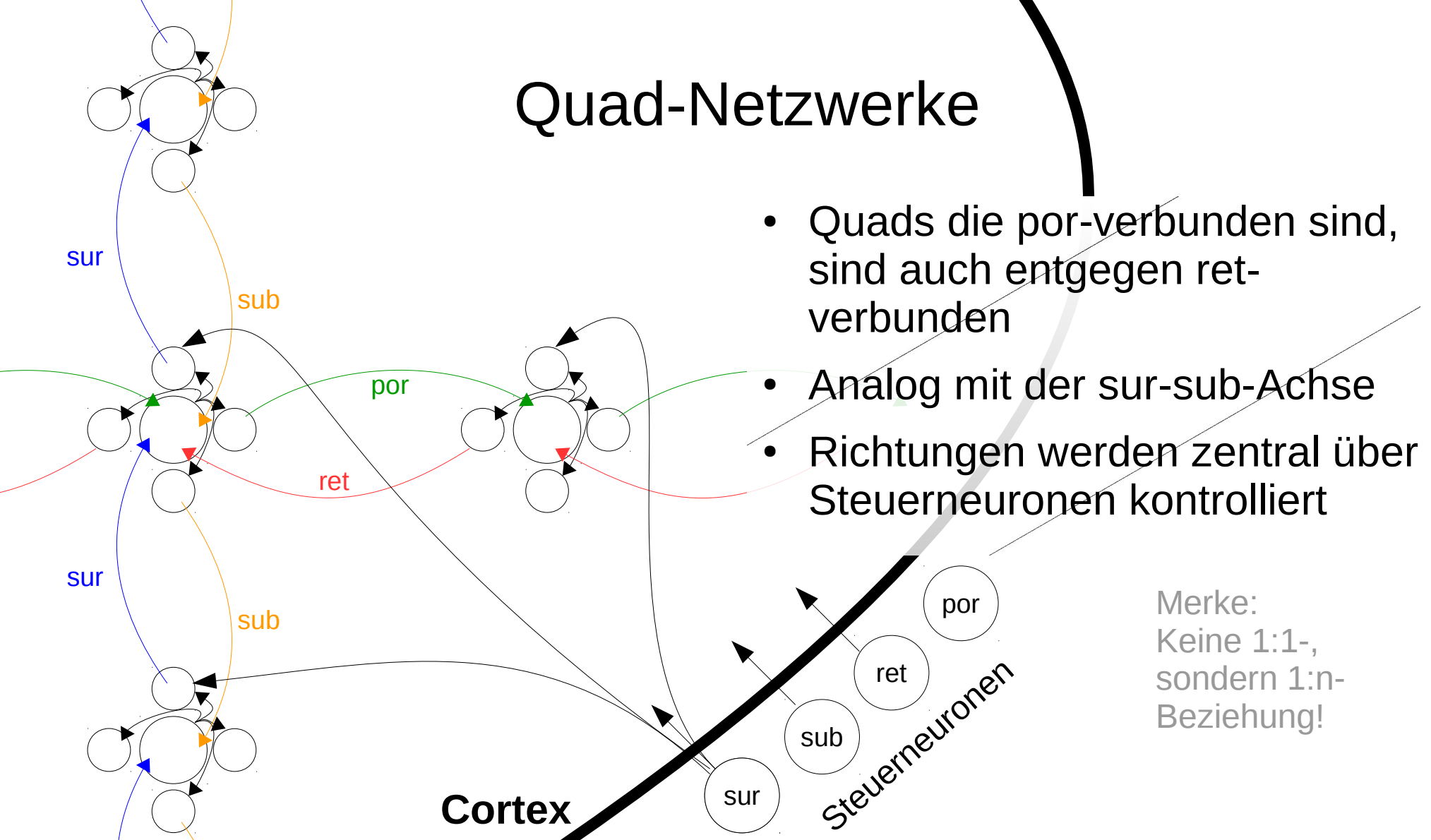
Level-up

Das Quad



- Quads strukturieren das Gedächtnis
- die vier Richtungen stehen für
 - sur – aufwärts
 - sub – abwärts
 - ret – rückwärts
 - por – vorwärts
- Diese Achsen dienen der Verkettung z.B. in Teil-Ganzes- oder Abstraktion-Spezialisierungs-Relationen, sowie als Aufzählung von ähnlichen Teilen

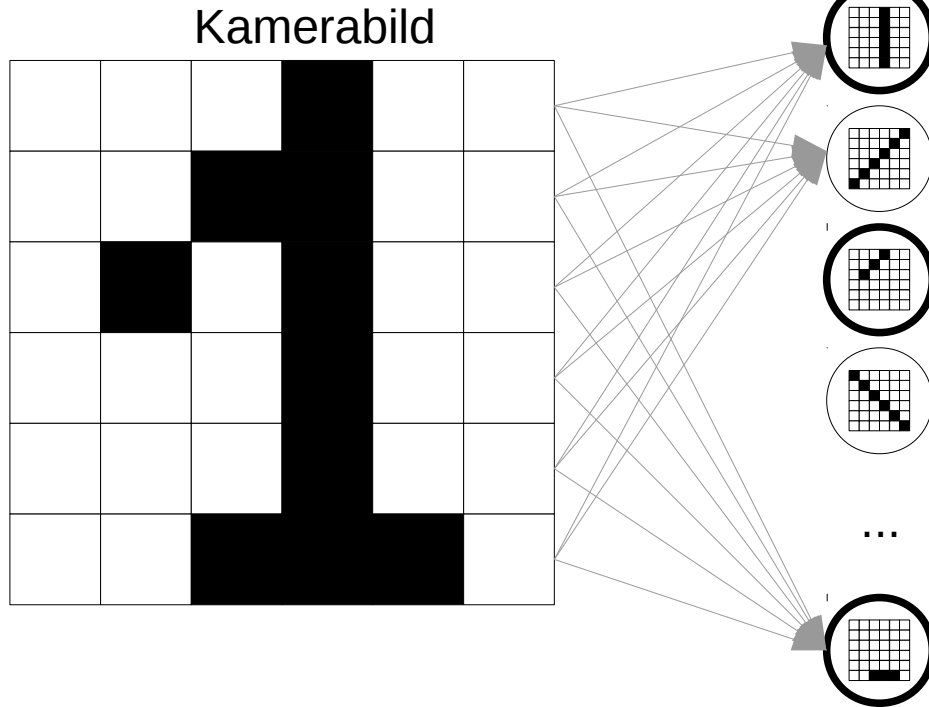
Quad-Netzwerke



Sensoren

Die Eingabeschnittstelle zur Umwelt

Elementare
Musterdetektoren

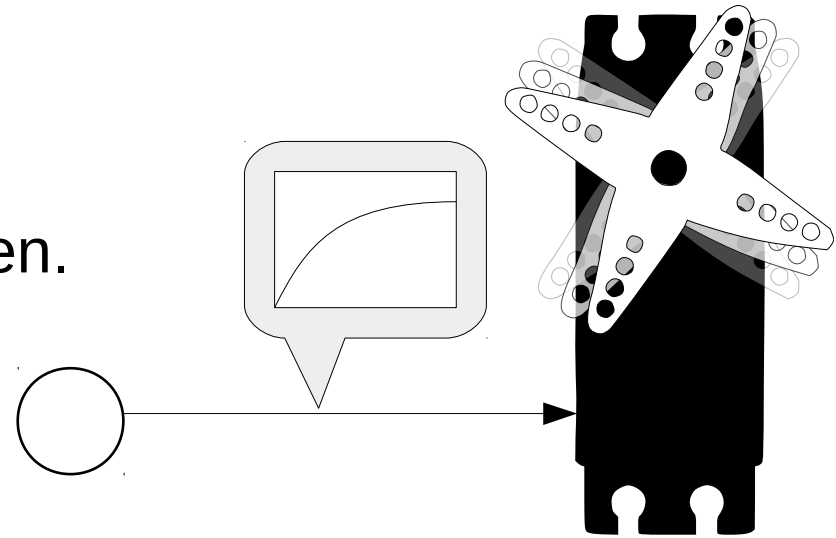


- Elementare Muster könnten, ähnlich wie die 3 Grundfarben, durch Kombination der Einzelmuster sämtliche anderen Muster repräsentieren
- Diese Musterdetektoren dienen als Blätter in sensorischen Schemata

Motoren

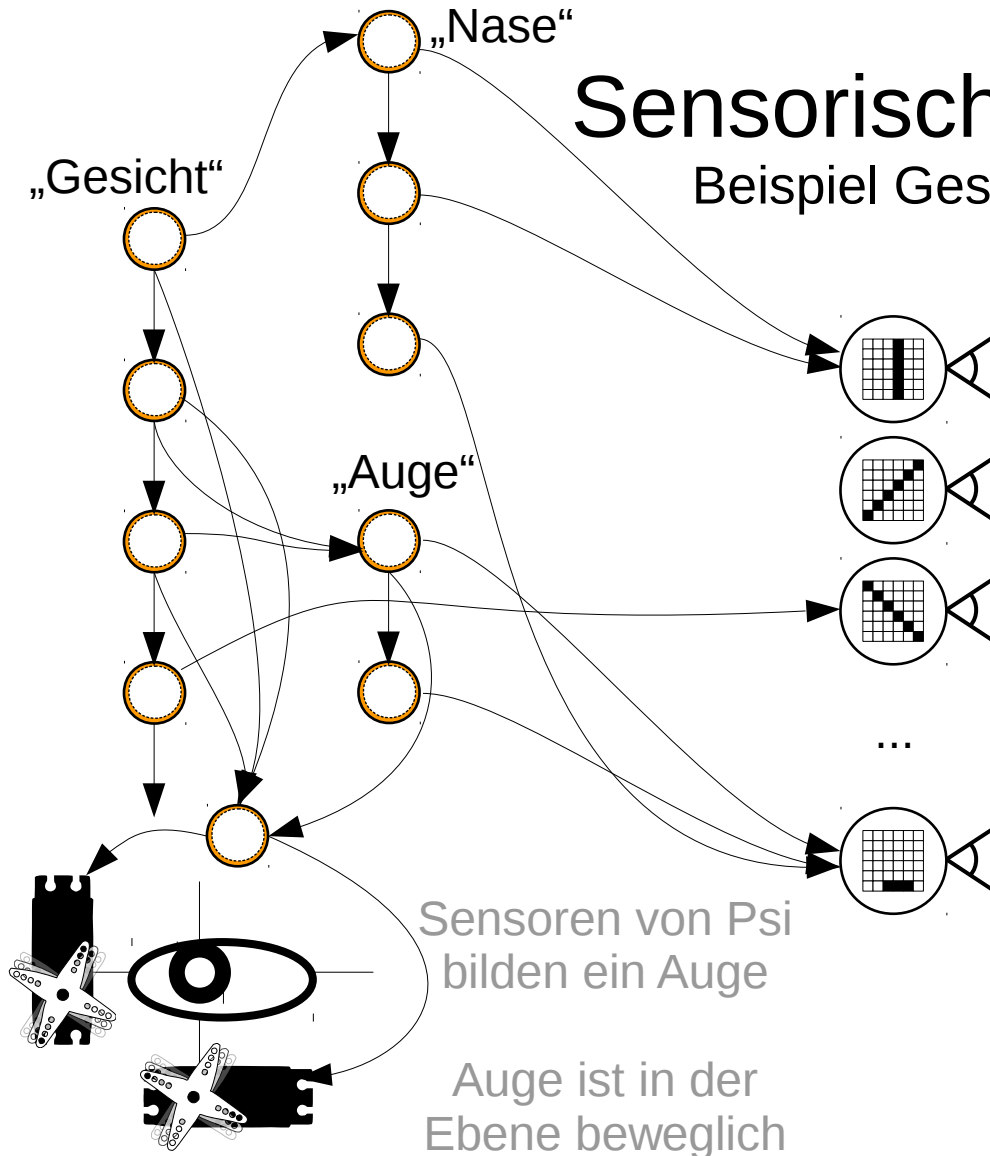
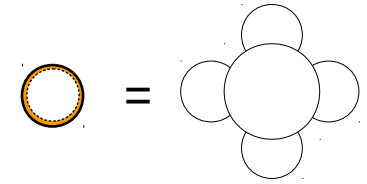
Die Ausgabeschnittstelle zur Umwelt

- Motoren werden von Neuronen gesteuert
- Die Stärke des Signals kann auf die Ausrichtungsstärke eines Servos abgebildet werden.
- Klassisch werden die Muskeln des Auges als Motoren aufgeführt (4 Richtungen: x/y)



Sensorische Schemata

Beispiel Gesichtserkennung



- Das Gesichtsschema teilt sich in weitere Unterschemata und elementare Musterdetektoren auf.
- Motorische Anreize positionieren Psi's Auge.
- Achtung! Bedenkt, dass jeder Pfeil auch ein Gegenstück hat!
- Man kann also durch Psi's Erinnerungen navigieren!

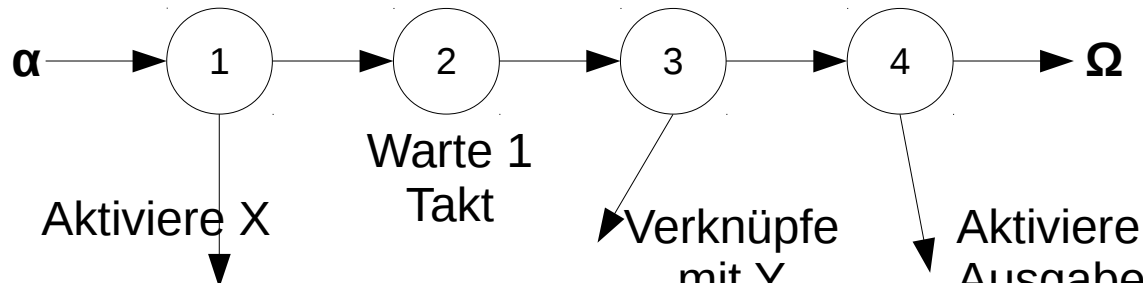
Und nun?

- Wir haben zu diesem Zeitpunkt ein Format um Eingaben zu speichern!
- Wir können Ausgabemodule wie Sensoren ansteuern!
- Es fehlt nur noch das Programm um diese beiden Welten zu verbinden!
- Programme in Psi sind auch Ketten aus Neuronen!
- eine große Herausforderung bei Psi ist es die besprochenen Strukturen anzulegen und abzufragen

Psychische Programme

Die Maschinensprache von Psi

- Programme ausschließlich aus Neuronen gefertigt!
- Netz aus Neuronen = Assembler für einen Prozessor
- Psi besitzt auch eine formale Sprache = C als High-Level-Sprache
- Eine Programmsequenz $a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4$ wird als Kette von Neuronen dargestellt



Psychische Programme

Die Maschinensprache von Psi

Es gibt sogar Variablen in Psi in Form von sogenannten Registerneuronen. Folgende Sequenz steht für „ $R2 := R1 \wedge_{\text{sub}}$ “.

