

# *Neuronale Netze mit Feedback*

# *Neuronale Netze mit Feedback*

## *1. Feedback (die Idee am Bsp. Elman)*

*(Christian Müller)*

# *Neuronale Netze mit Feedback*

## *1. Feedback (die Idee am Bsp. Elman)*

*(Christian Müller)*

## *2. Hopfield-Netze & Boltzmann-Maschinen*

*(Jacob Halatek)*

# *Neuronale Netze mit Feedback*

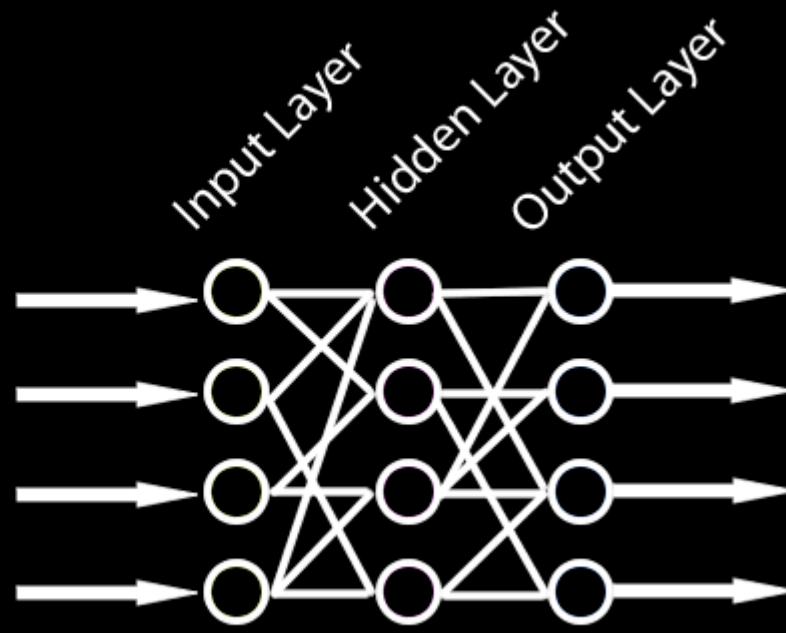
## *1. Feedback (die Idee am Bsp. Elman)*

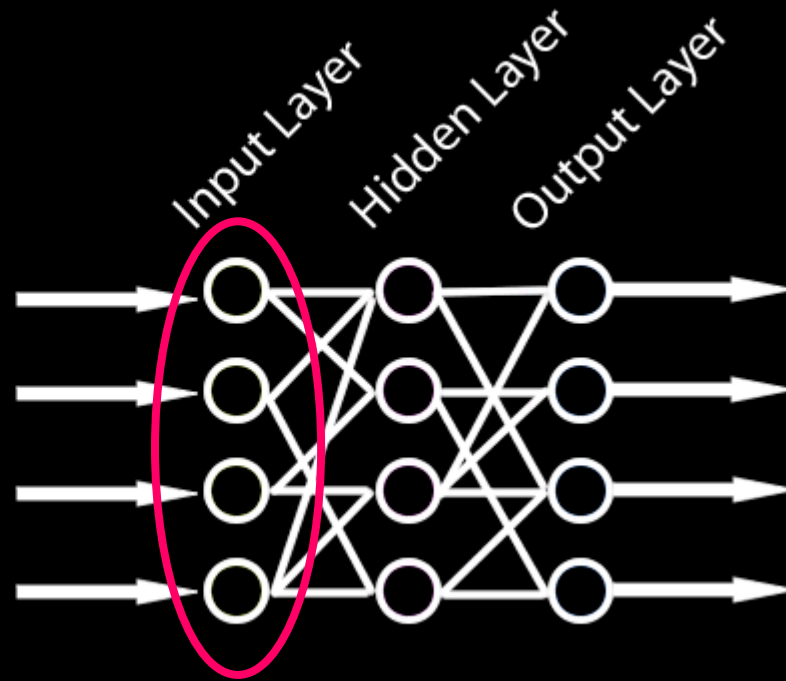
*(Christian Müller)*

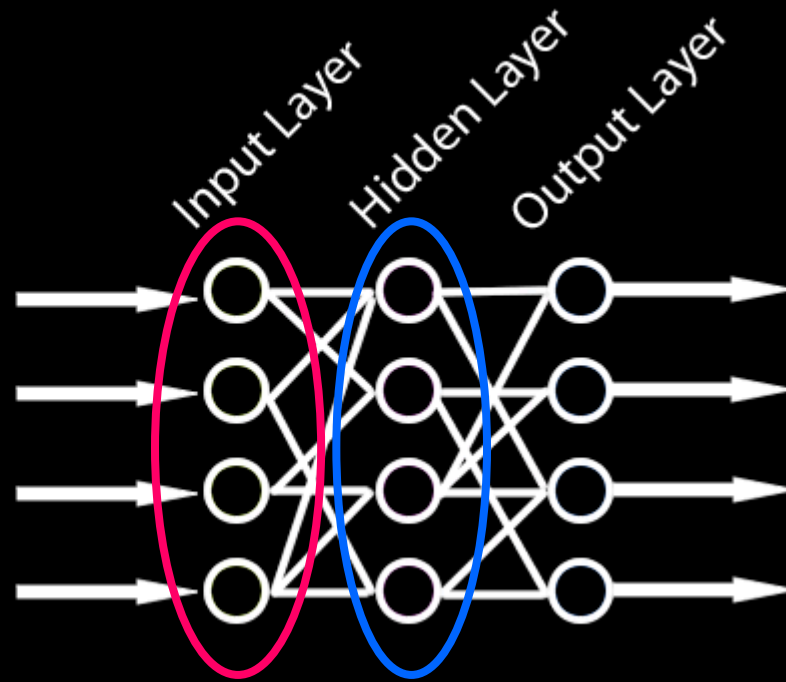
## *2. Hopfield-Netze & Boltzmann-Maschinen*

*(Jacob Halatek)*

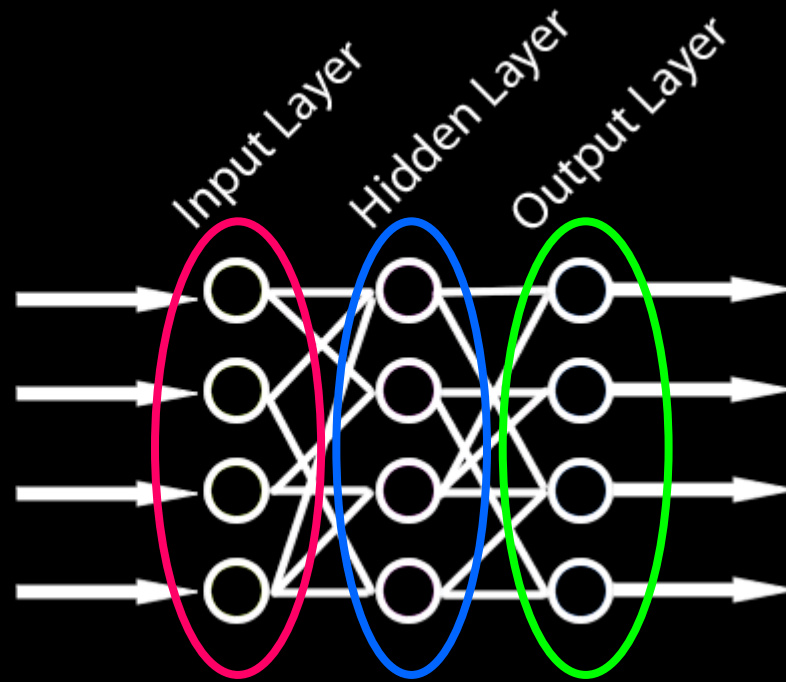
# *1. Feed-Forward & seine Grenzen*

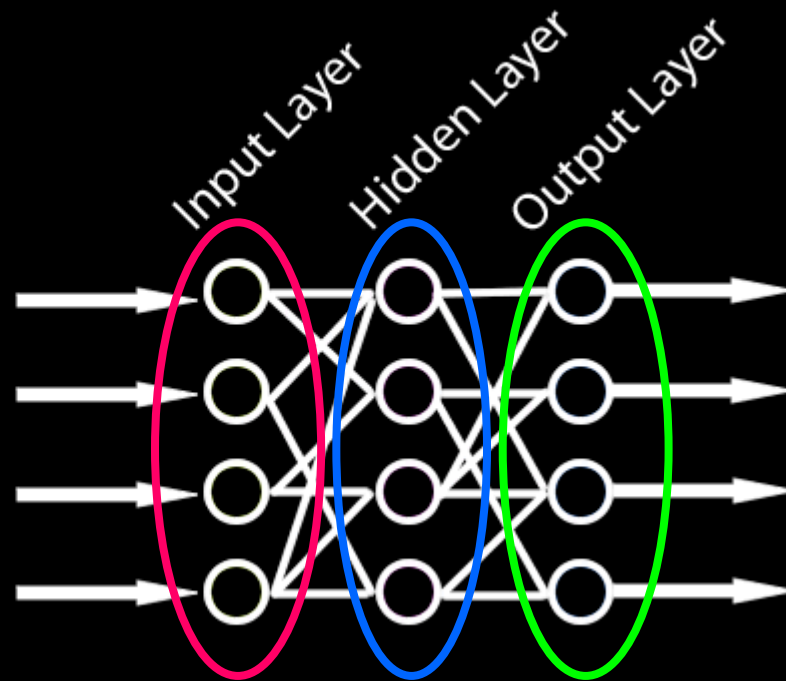




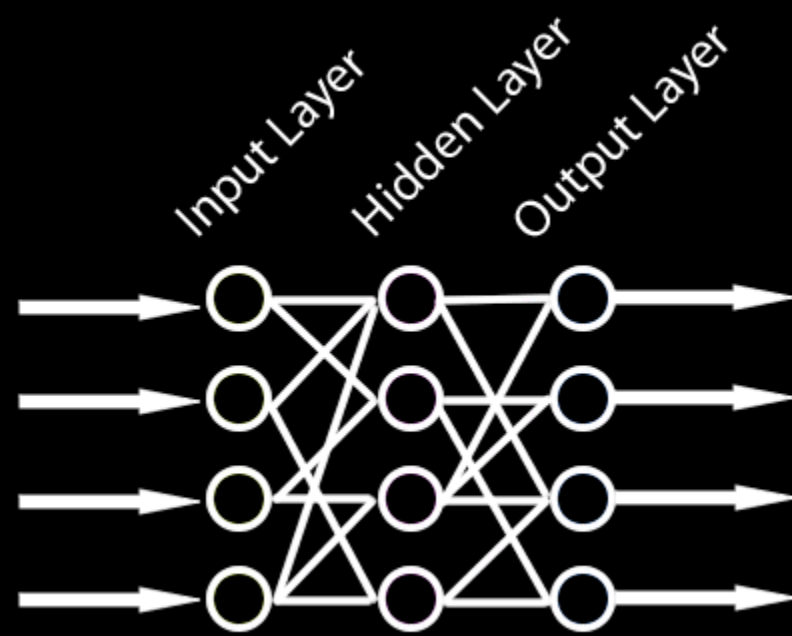




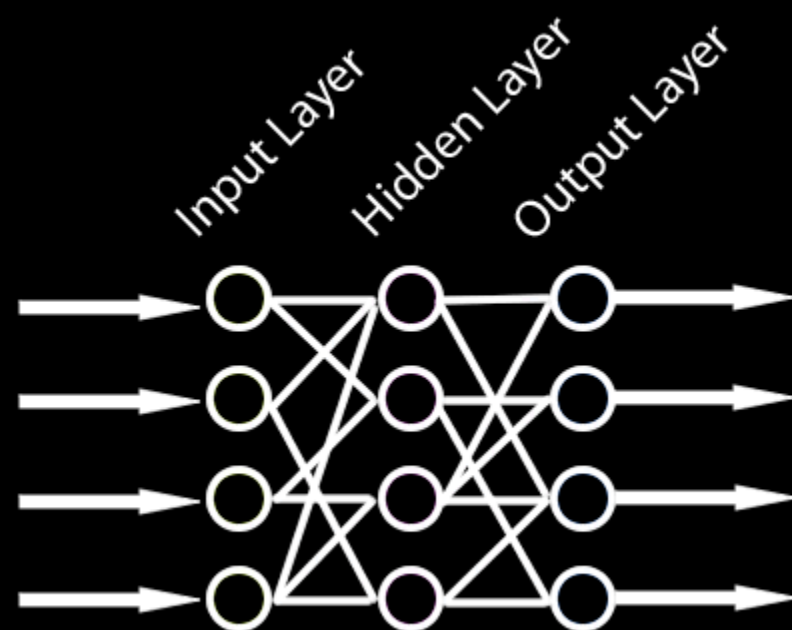


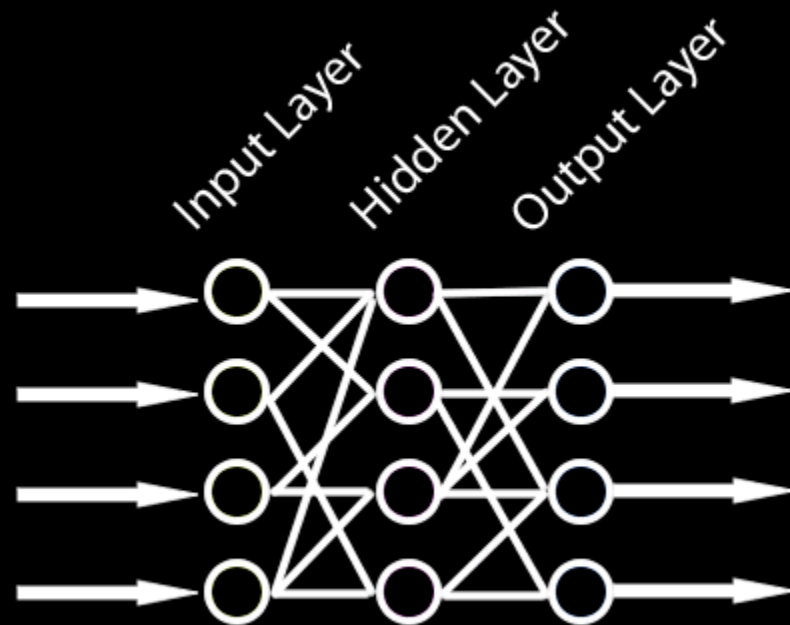
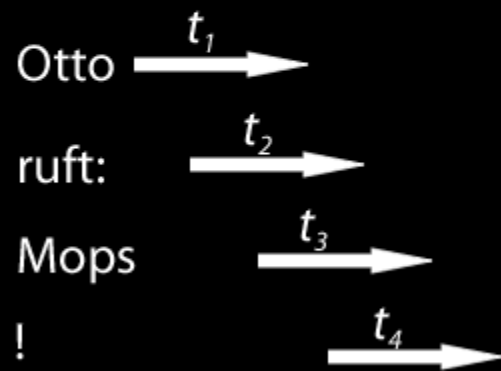


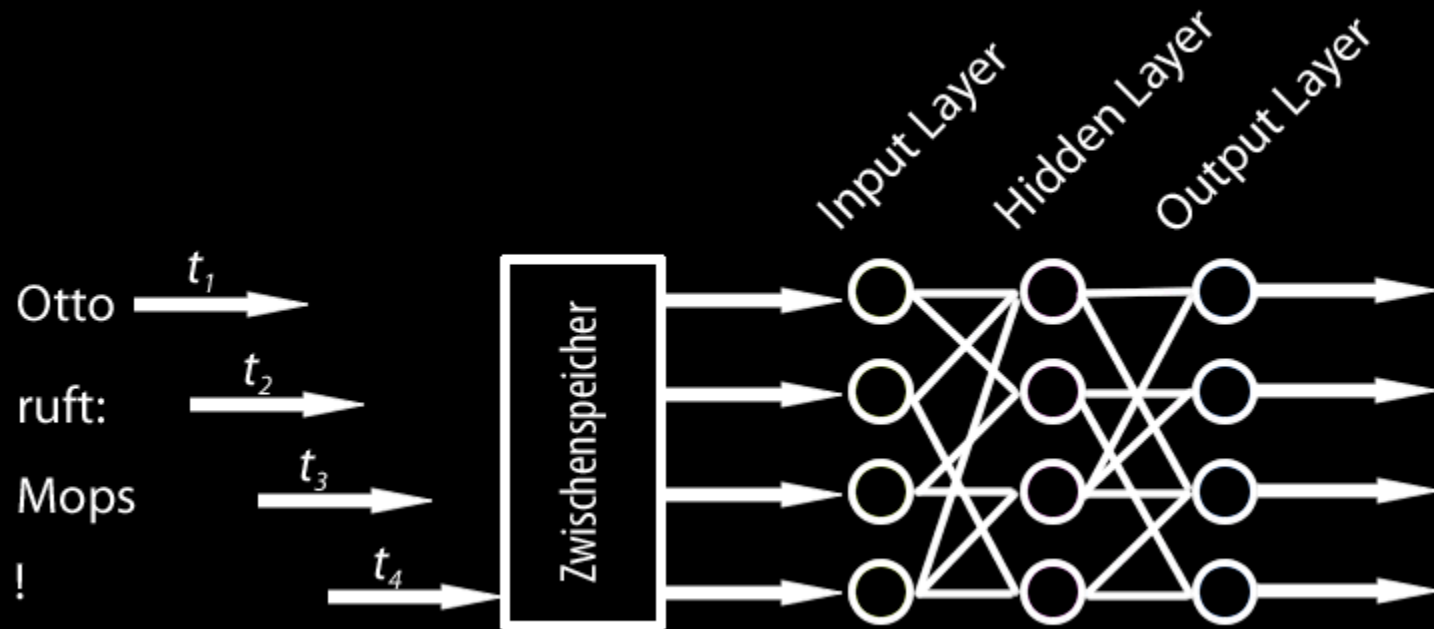
*Otto ruft: Mops!*



Otto  
ruft:  
Mops  
!







*Ist ein solcher  
Zwischenspeicher  
sinnvoll?*



1. *Gibt es solche Zwischenspeicher in biologischen Systemen?*

1. *Gibt es solche Zwischenspeicher in biologischen Systemen?*
2. *Wann „weiß“ ein solches Netz, dass der Input „fertig“ ist und bearbeitet werden kann?*

1. *Gibt es solche Zwischenspeicher in biologischen Systemen?*
2. *Wann „weiß“ ein solches Netz, dass der Input „fertig“ ist und bearbeitet werden kann?*
3. *Ein Zwischenspeicher setzt eine feste Grenze für die Dauer von verarbeitbaren Mustern/Inputs.*

1. *Gibt es solche Zwischenspeicher in biologischen Systemen?*
2. *Wann „weiß“ ein solches Netz, dass der Input „fertig“ ist und bearbeitet werden kann?*
3. *Ein Zwischenspeicher setzt eine feste Grenze für die Dauer von verarbeitbaren Mustern/Inputs.*
4. *Ansatz kann nicht zwischen **relativer** und **absoluter** zeitlicher Position unterscheiden.*

*Relative* vs. *absolute* zeitliche Position

*[011100000]*

*[000111000]*

*Relative* vs. *absolute* zeitliche Position

*[0 1 1 1 0 0 0 0 0]*

*[0 0 0 1 1 1 0 0 0]*

(i) *Gleiches Muster, lediglich versetzt?*

*Relative* vs. *absolute* zeitliche Position

*[0 1 1 1 0 0 0 0 0]*

*[0 0 0 1 1 1 0 0 0]*

- (i) Gleiches Muster, lediglich versetzt?*
- (ii) Komplett verschiedene Muster?*

*Bisher: Versuch, seriellen Charakter der Zeit  
parallel verarbeitbar zu machen*



*Bisher: Versuch, seriellen Charakter der Zeit  
parallel verarbeitbar zu machen*

*Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

*Bisher: Versuch, seriellen Charakter der Zeit  
parallel verarbeitbar zu machen*

*Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

*Idee: Zeit durch den Effekt, den sie auf die  
Verarbeitung hat zu „repräsentieren“*

## *2. Feedback & seine Möglichkeiten*

*am Beispiel von **Simple Recurrent Networks** (SRN)*

## *2. Feedback & seine Möglichkeiten*

*am Beispiel von Simple Recurrent Networks (SRN)*

- i. Die Idee // schematischer Aufbau

## *2. Feedback & seine Möglichkeiten*

*am Beispiel von Simple Recurrent Networks (SRN)*

- i. Die Idee // schematischer Aufbau
- ii. XOR // MLP vs. SRN

## *2. Feedback & seine Möglichkeiten*

*am Beispiel von Simple Recurrent Networks (SRN)*

- i. Die Idee // schematischer Aufbau
- ii. XOR // MLP vs. SRN
- iii. Beispiel // Buchstabenfolgen  
(Finding Structure In Time)

# *i. Die Idee*

## *i. Die Idee*

*Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*



## *i. Die Idee*

*Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

*Lässt sich Zeit durch den Effekt repräsentieren, den sie auf die Verarbeitung hat?*

## *i. Die Idee*

*Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

*Lässt sich Zeit durch den Effekt repräsentieren, den sie auf die Verarbeitung hat?*

*-> Damit wäre die Zeit implizit repräsentiert.*

# *i. Die Idee*

## *Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

*Lässt sich Zeit durch den Effekt repräsentieren, den sie auf die Verarbeitung hat?*

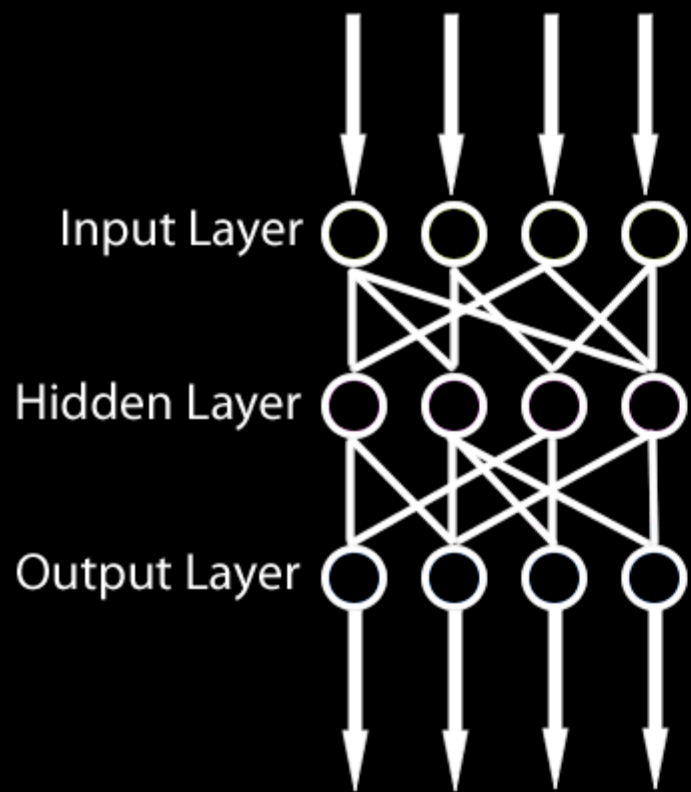
- > Damit wäre die Zeit implizit repräsentiert.*
- > Das Verarbeitungssystem hätte dynamische Eigenschaften, die auf zeitliche Sequenzen reagieren.*

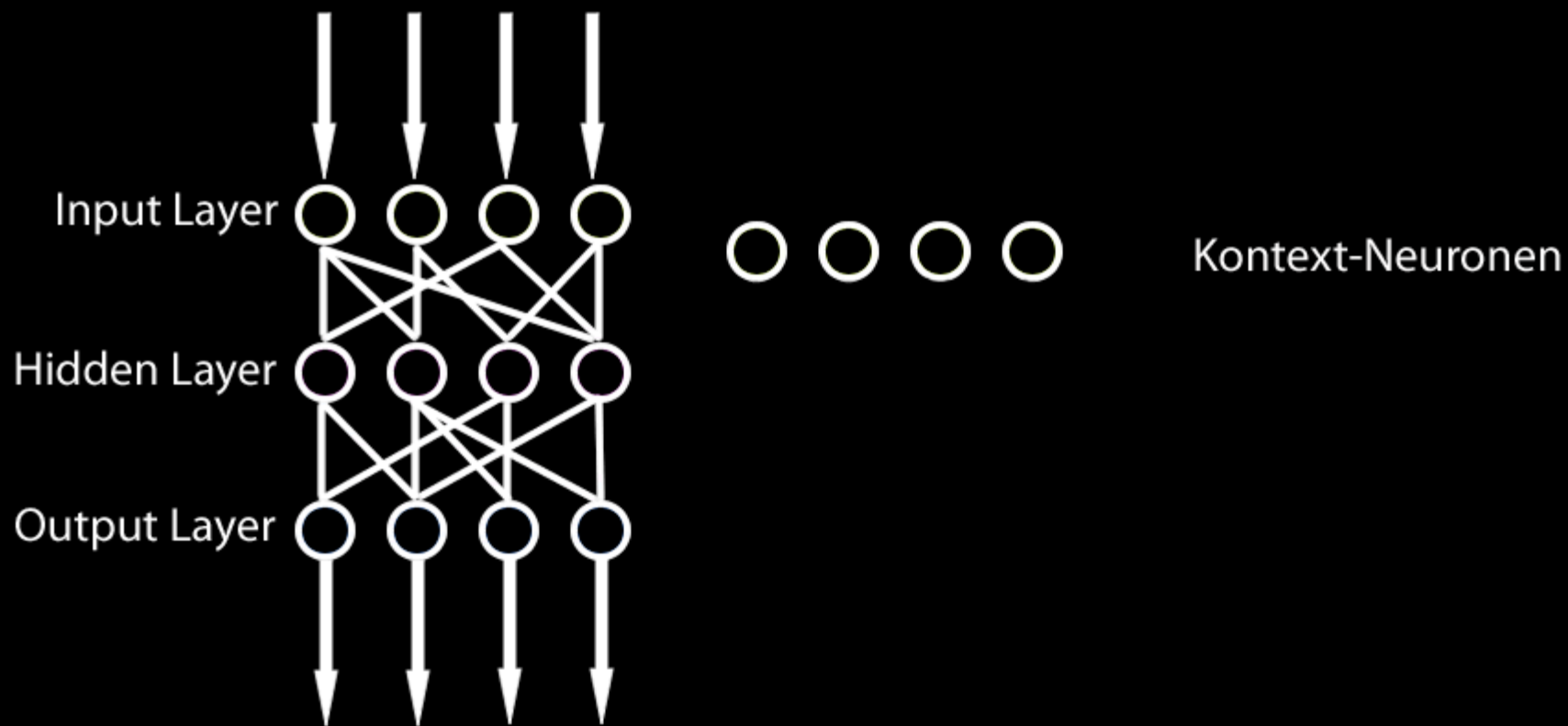
# *i. Die Idee*

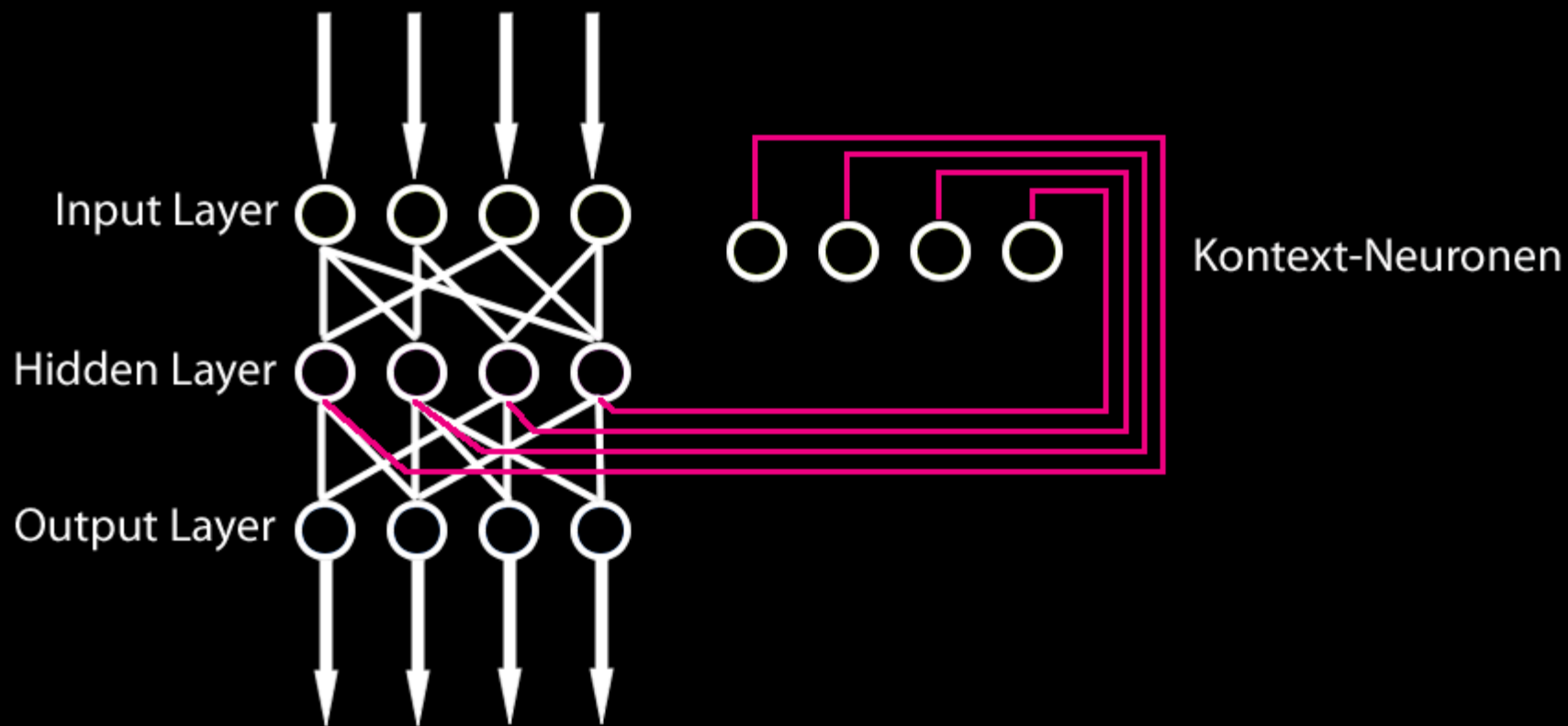
## *Lässt sich Zeit besser repräsentieren?*

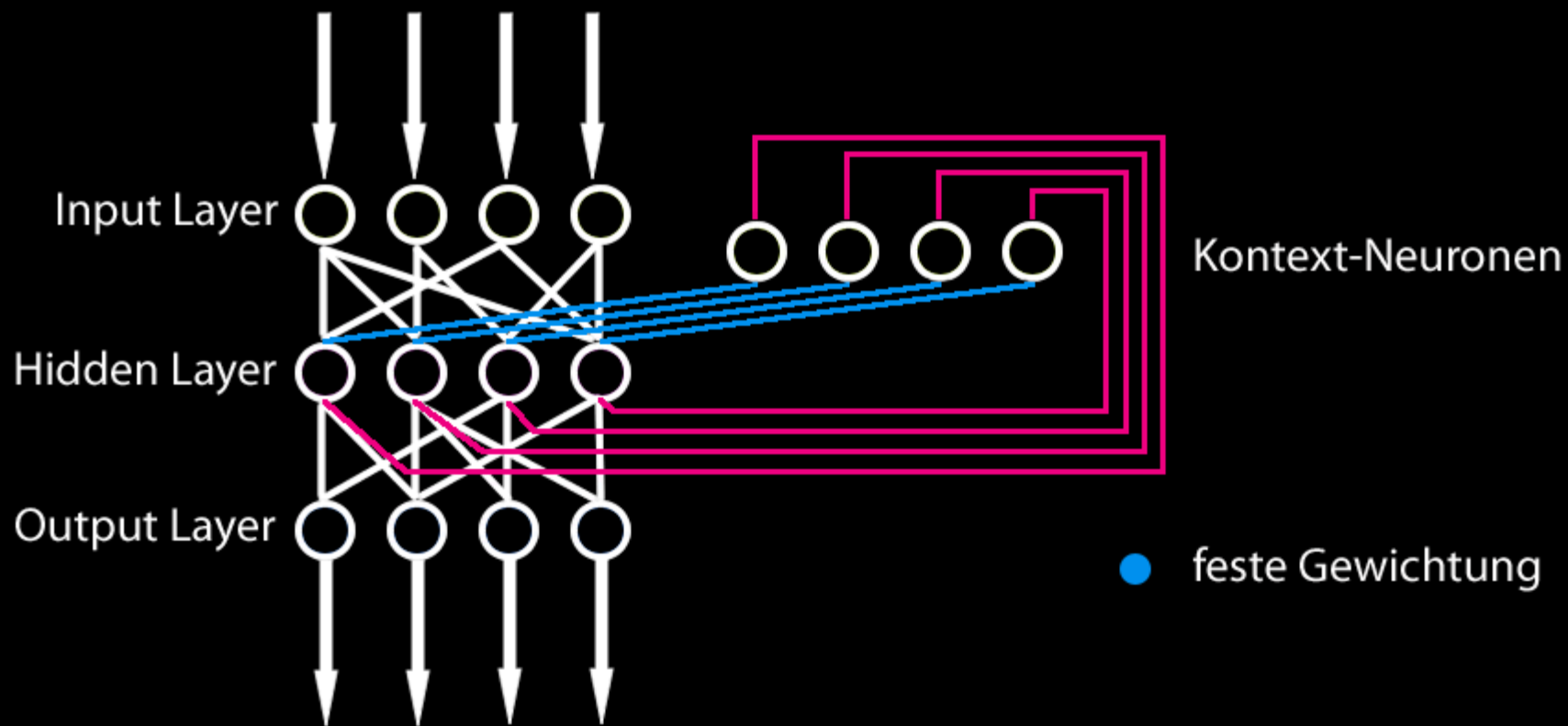
*Lässt sich Zeit durch den Effekt repräsentieren, den sie auf die Verarbeitung hat?*

- > Damit wäre die Zeit implizit repräsentiert.*
- > Das Verarbeitungssystem hätte dynamische Eigenschaften, die auf zeitliche Sequenzen reagieren.*
- > Das neuronale Netz muss einen Speicher bekommen.*











*ii. XOR // MLP vs. SRN*

## *ii. XOR // MLP vs. SRN*

*2-bit Inputs*

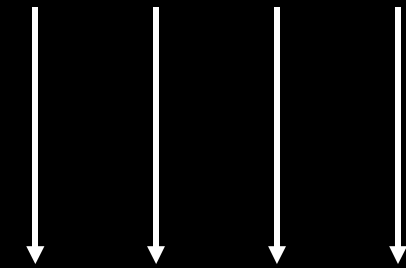
*00, 11, 01, 10*

## *ii. XOR // MLP vs. SRN*

*2-bit Inputs*

*00, 11, 01, 10*

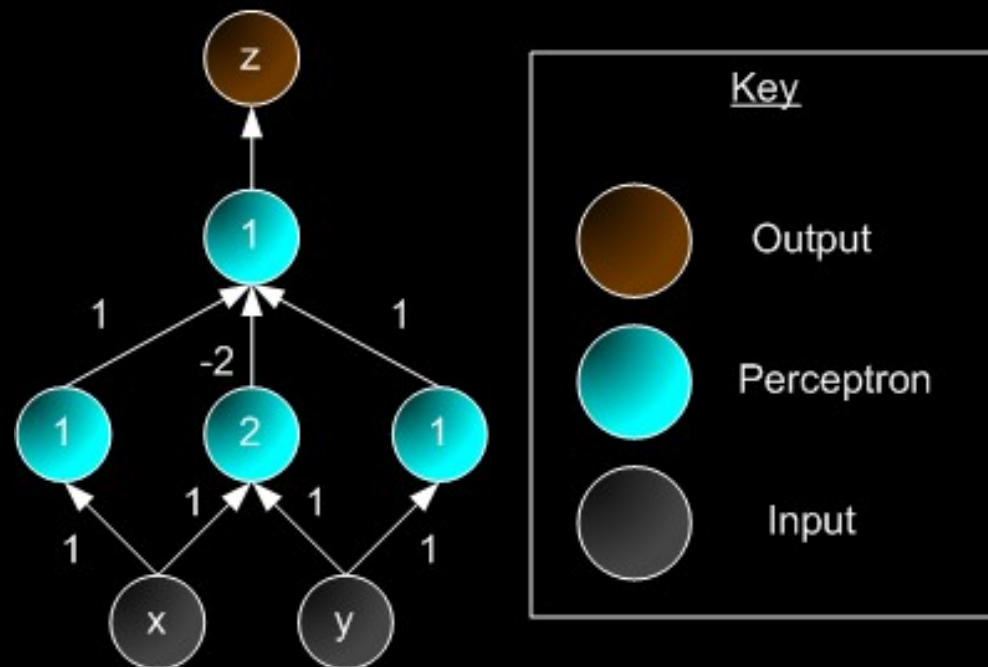
*1-bit Outputs*



*0, 0, 1, 1*

## ii. XOR // MLP

$$z = \text{XOR}(x, y)$$



*ii. XOR // SRN*

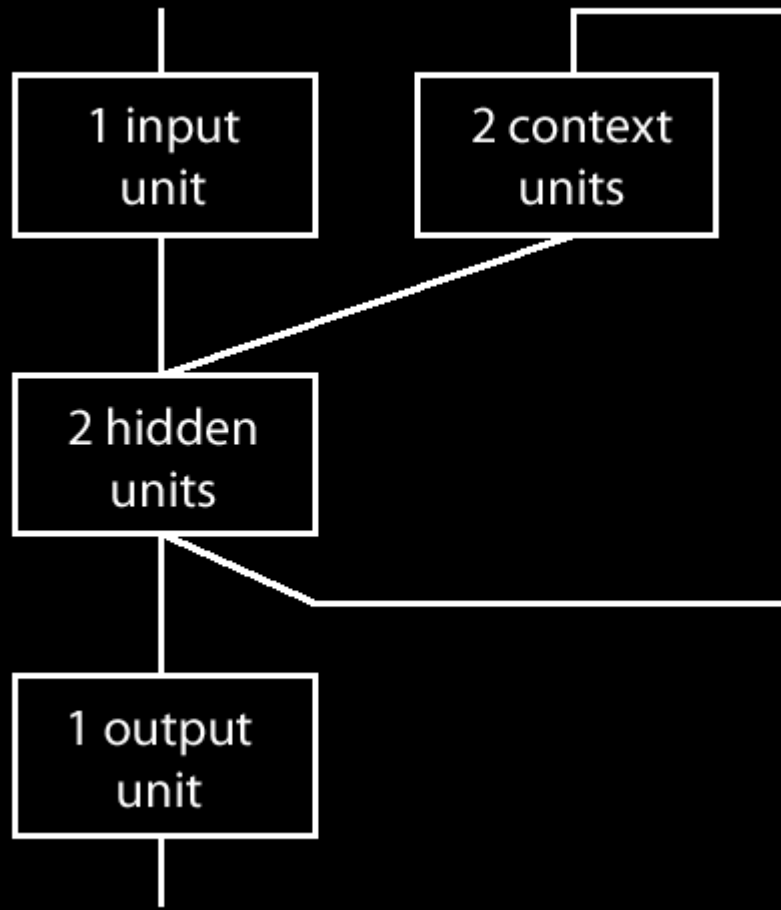
*XOR lässt sich auch als Bitfolge darstellen*

## *ii. XOR // SRN*

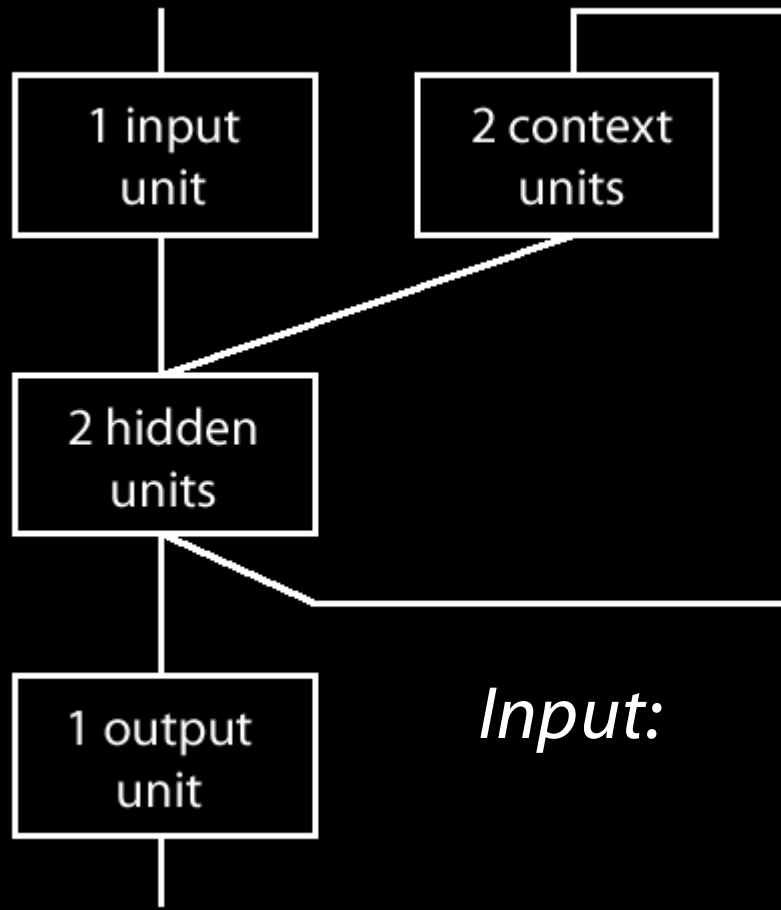
*XOR lässt sich auch als Bitfolge darstellen*

*10100001110101*

## *ii. XOR // SRN*



## *ii. XOR // SRN*

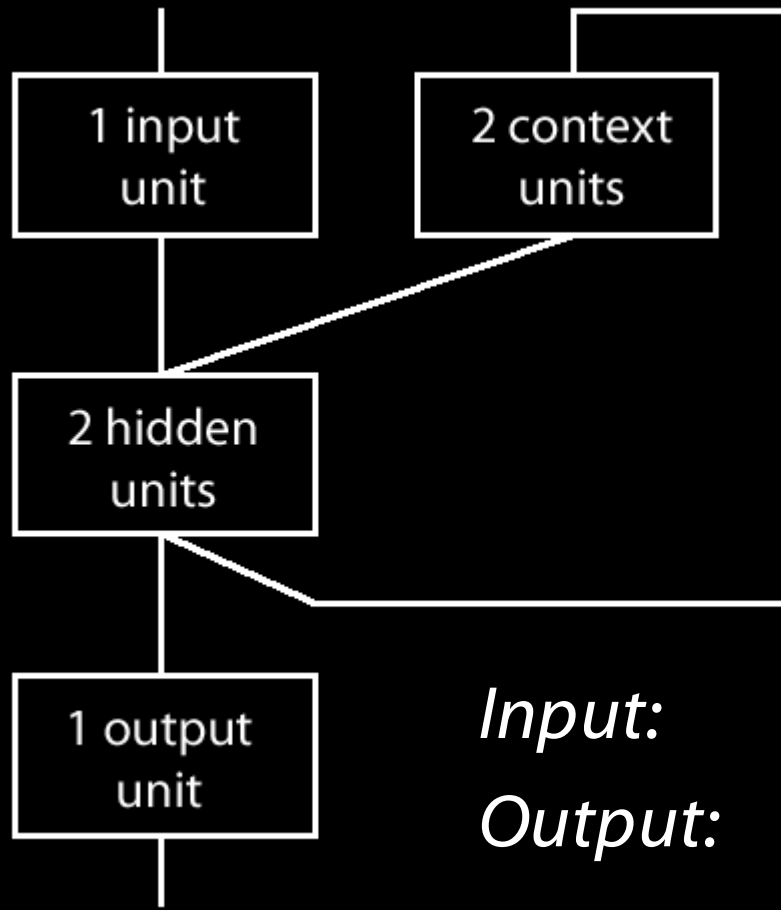


*Input:*

101000011101110



## *ii. XOR // SRN*



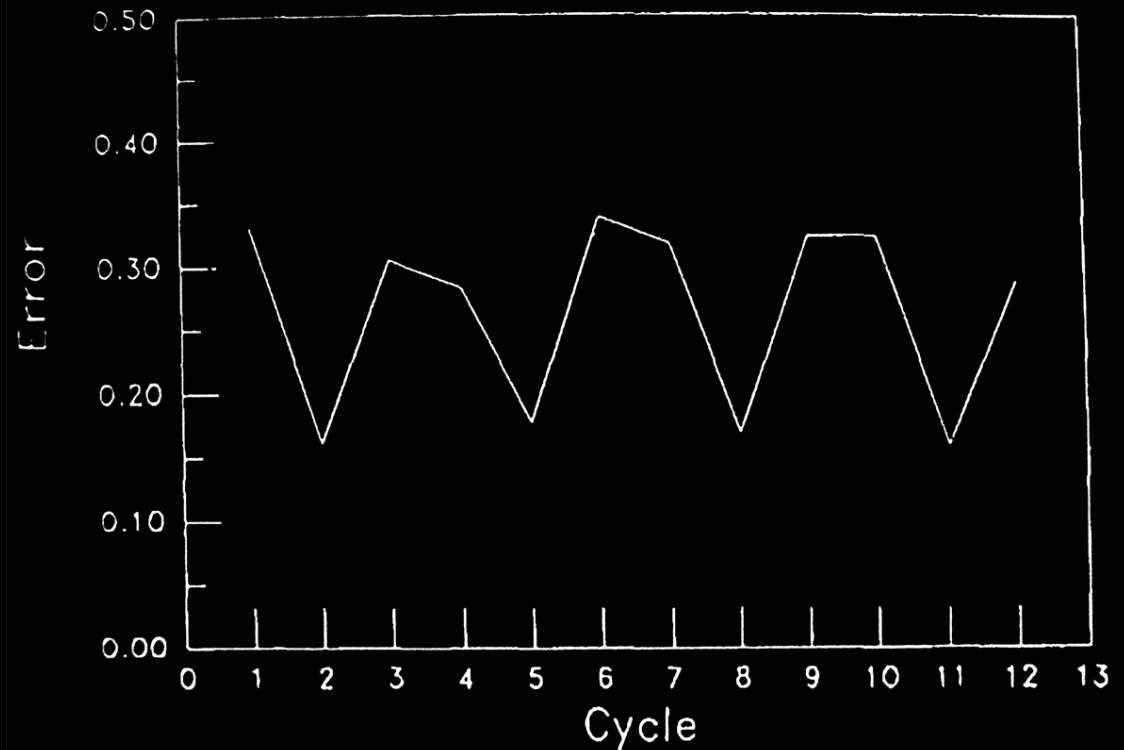
*Input:*

101000011101110

*Output:*

01000011101110?

## *ii. XOR // SRN*



*Input:*            101000011101110

*Output:*          01000011101110?

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

*Zeichenfolge:*

*manyyeearsagoaboyplayedhappily*

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

*Zeichenfolge:*

*manyyeearsagoaboyplayedhappily*

*Many years ago a boy played happily*

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

*Zeichenfolge:*

*manyyeearsagoaboyplayedhappily*

*Many years ago a boy played happily*

- *Für einen Menschen verständlich*

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

*Zeichenfolge:*

*manyyeearsagoaboyplayedhappily*

*Many years ago a boy played happily*

- *Für einen Menschen verständlich*
- *Nach der Zeichenfolge „ma“ erwarten wir bspw. kein „x“*

### *iii. Beispiel: Buchstabenfolgen*

*Zeichenfolge:*

*manyyeearsagoaboyplayedhappily*

*Many years ago a boy played happily*

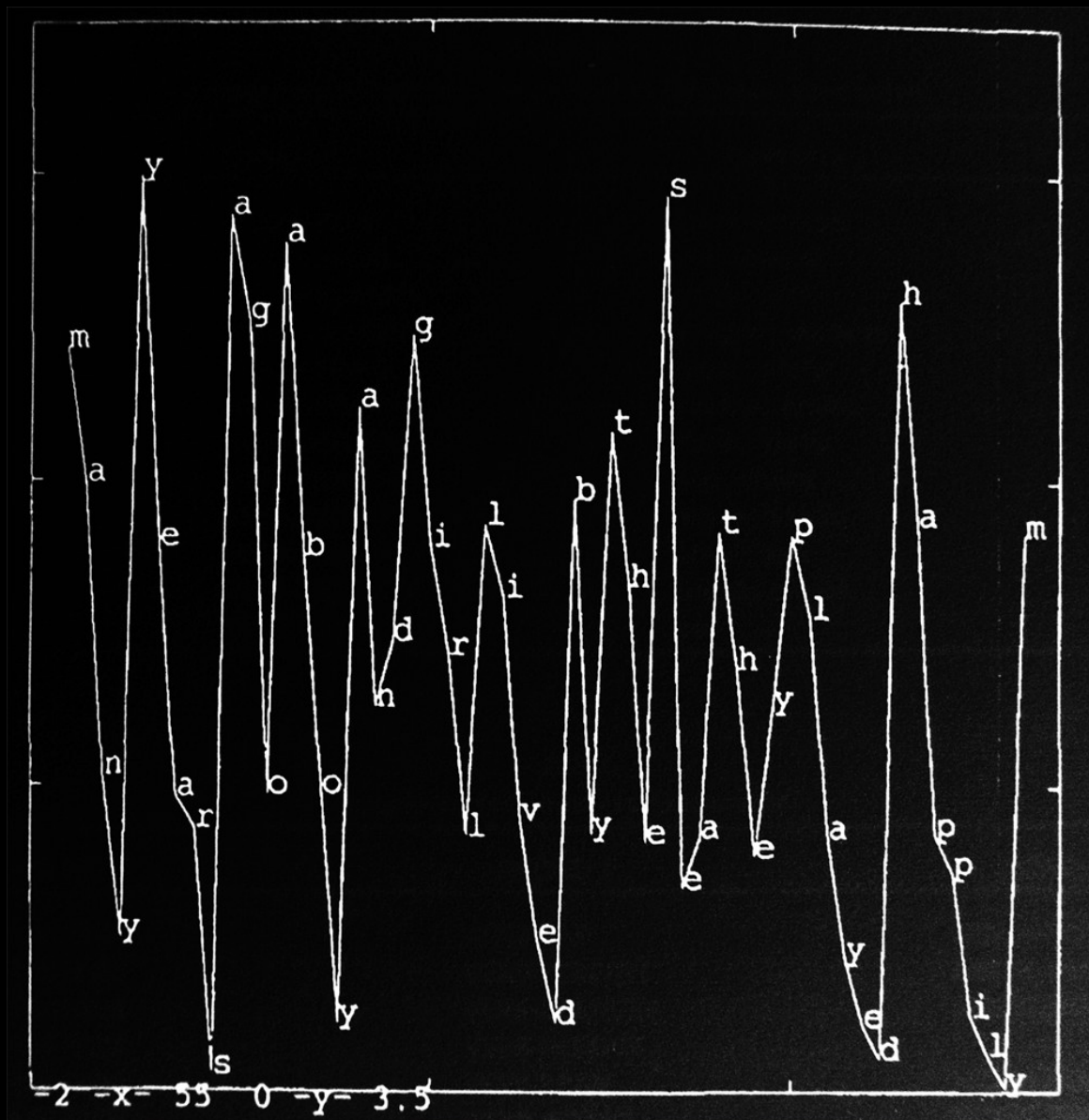
- *Für einen Menschen verständlich*
- *Nach der Zeichenfolge „ma“ erwarten wir bspw. kein „z“*

*Und das SRN auch nicht?*

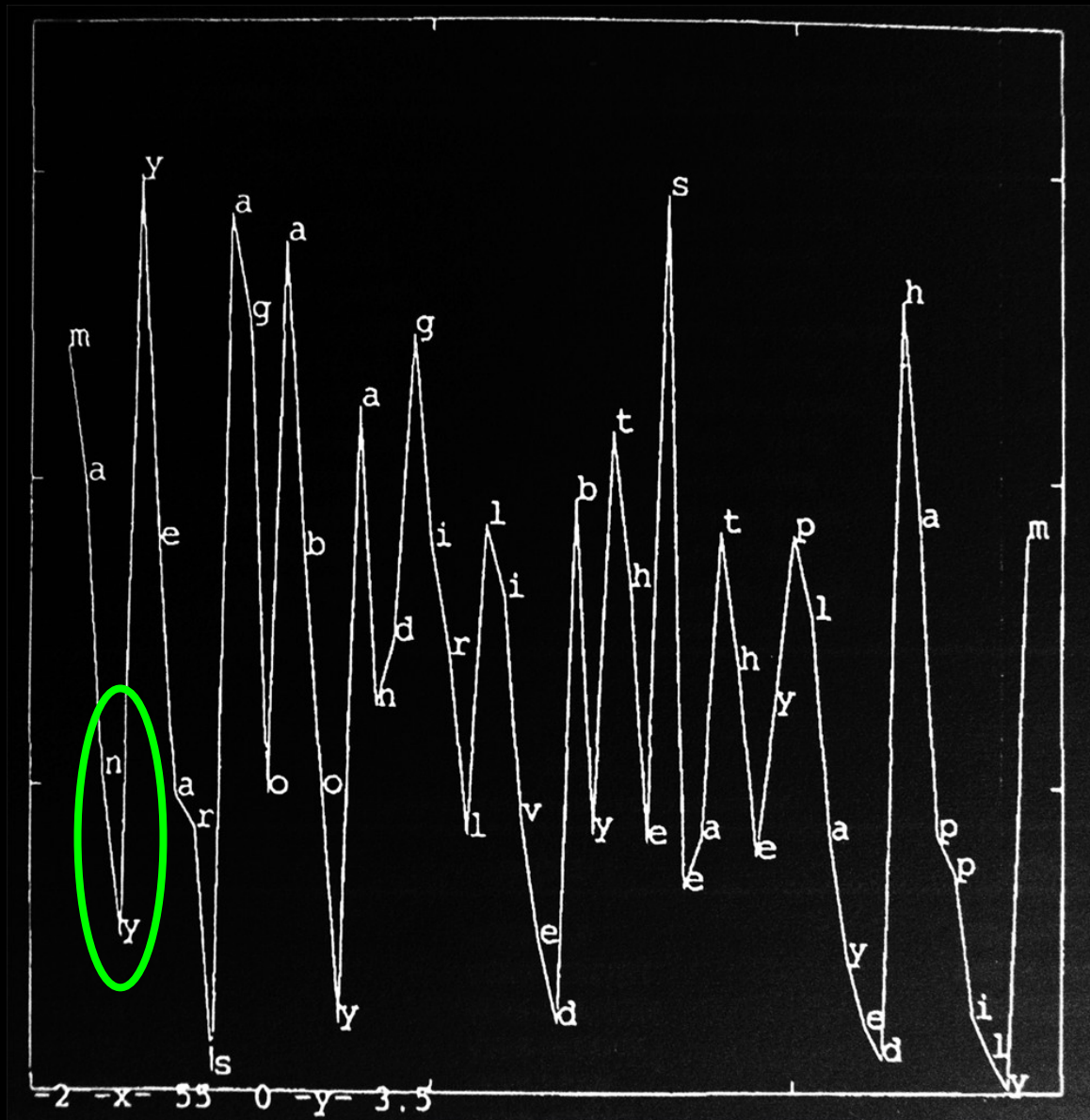


Many years ago a boy ... played happily

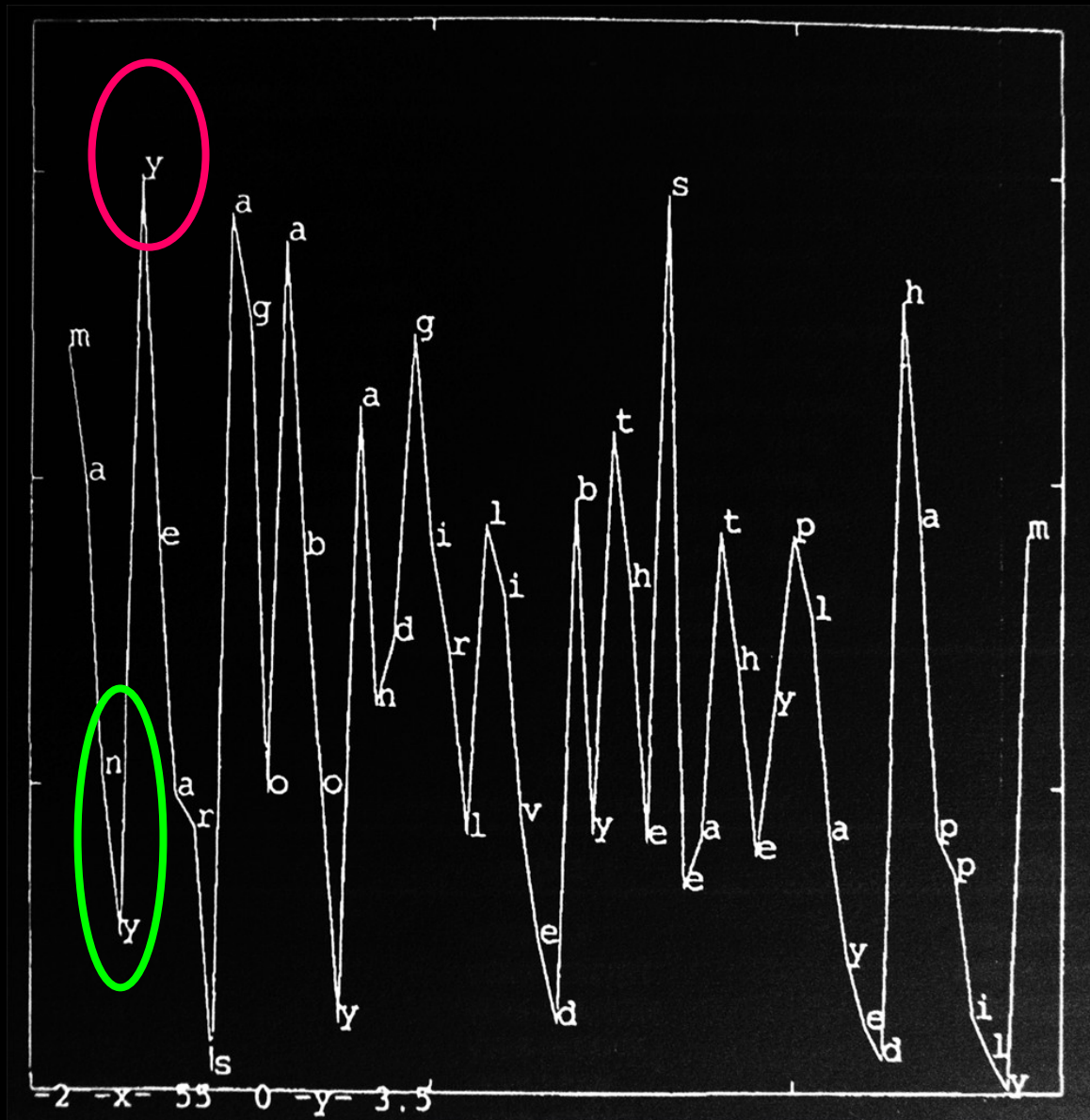
Many years ago a boy ... played happily



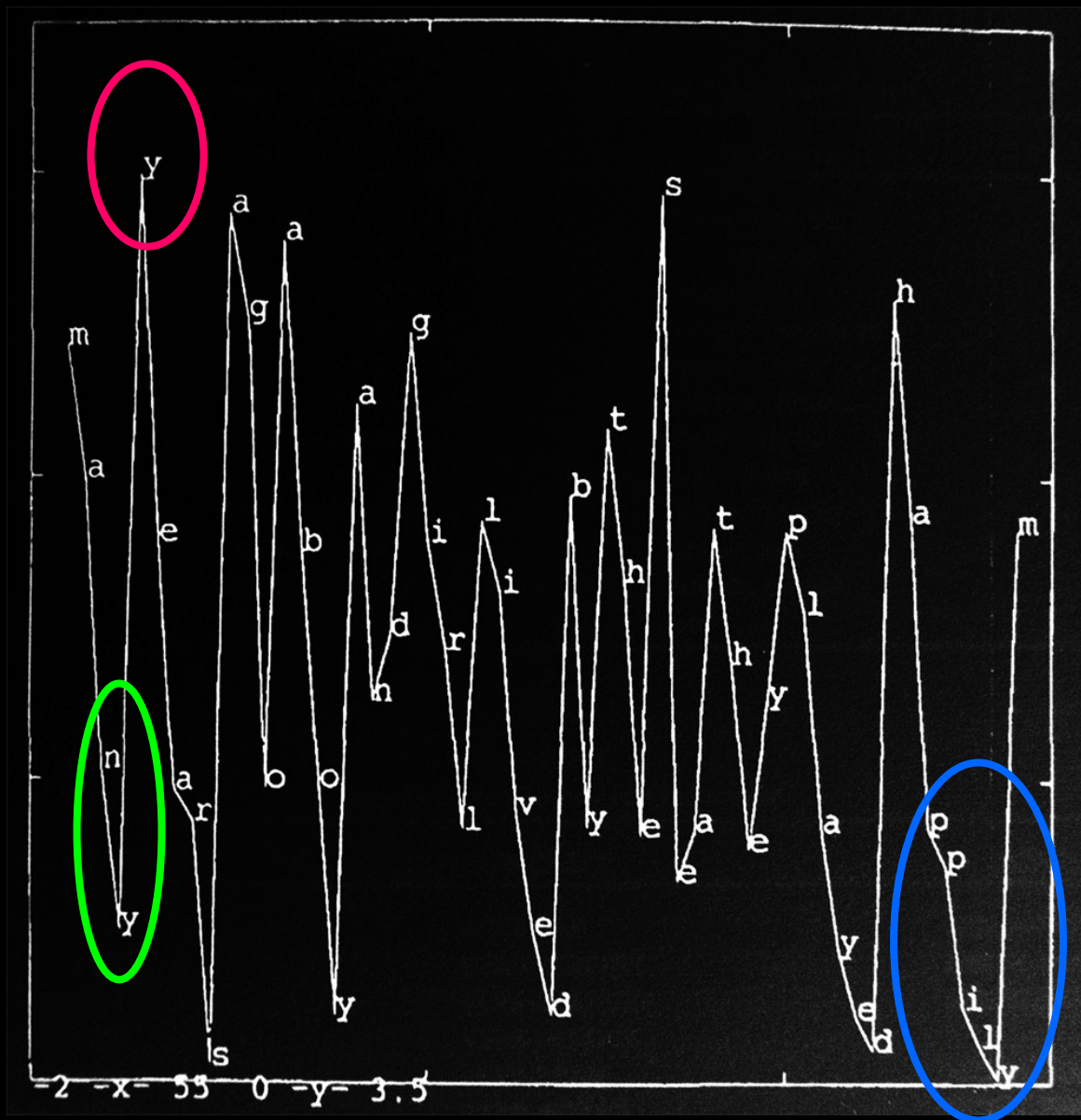
Many years ago a boy ... played happily



Many years ago a boy ... played happily



Many years ago a boy ... played happily



# Literatur, etc.

Handout, Folien, Links unter:

<http://uni.korak.de>

Jeffrey L. Elman: *Finding Structure in Time*.

Cognitive Science, 1990, Band 14, S. 179-211.

<http://crl.ucsd.edu/~elman/Papers/fsit.pdf>