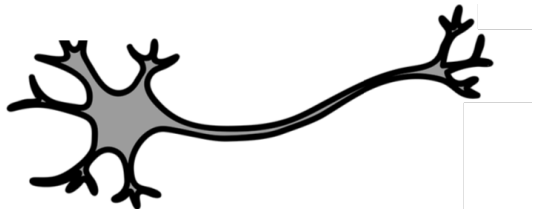
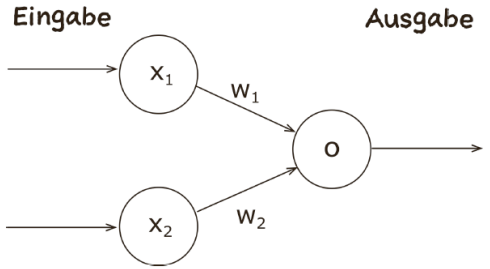
Künstliche Intelligenz kapieren und programmieren



Teil 5: Perzeptron



Michael Weigend
Universität Münster

mw@creative-informatics.de
www.creative-informatics.de
2024

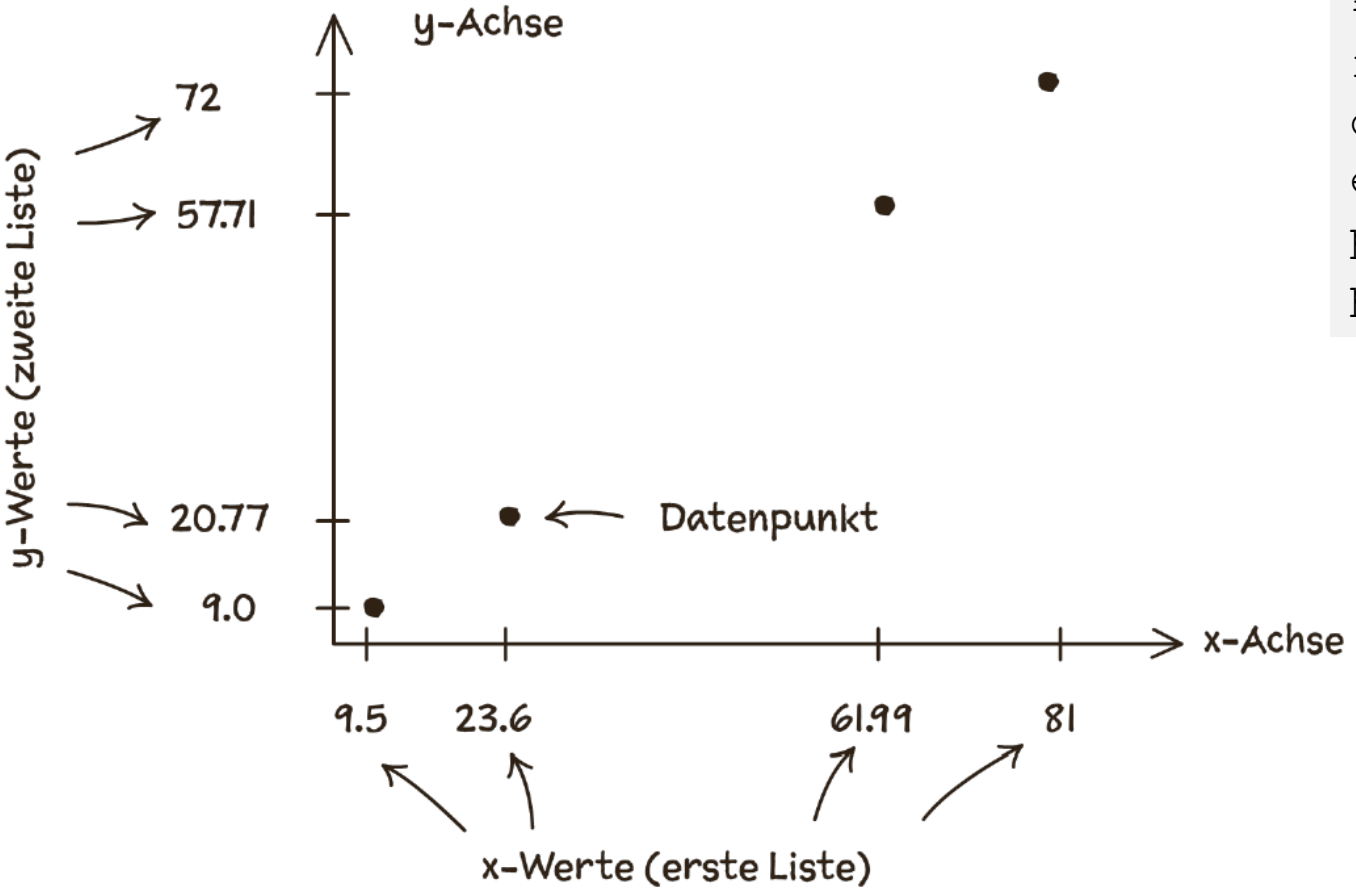
Materialien bei GitHub:
https://github.com/mweigend/ki-workshop

Tag 2

Zeit	Thema	Inhalte
9.00	**Perzeptron**	**Neuron, Aktivierungsfunktion, Daten visualisieren mit Matplotlib, Rosenblatt-Perzeptron für logische Operationen**
11.00	Aus Fehlern lernen	Error-Backpropagation, einfaches künstliches neuronales Netz (KNN) mit verborgenen Knoten
12.45	*Mittagspause*	
13.45	Ziffern erkennen	NumPy, KNN mit Array-Operationen, das Ziffern erkennen kann
15.00	Anwendung von KI	Verkehrsschilder erkennen, Gesichter erfassen, Experimente mit OpenCV
16.00	*Ende*	

5.1 Trainingscamp: Daten visualisieren

Diagramm




```
# diagramm_1.py
from matplotlib import pyplot
dollarWerte = [9.5, 23.6, 61.99, 81]
euroWerte = [9.0, 20.77, 57.71, 72]
pyplot.plot(dollarWerte, euroWerte)
pyplot.show()
```

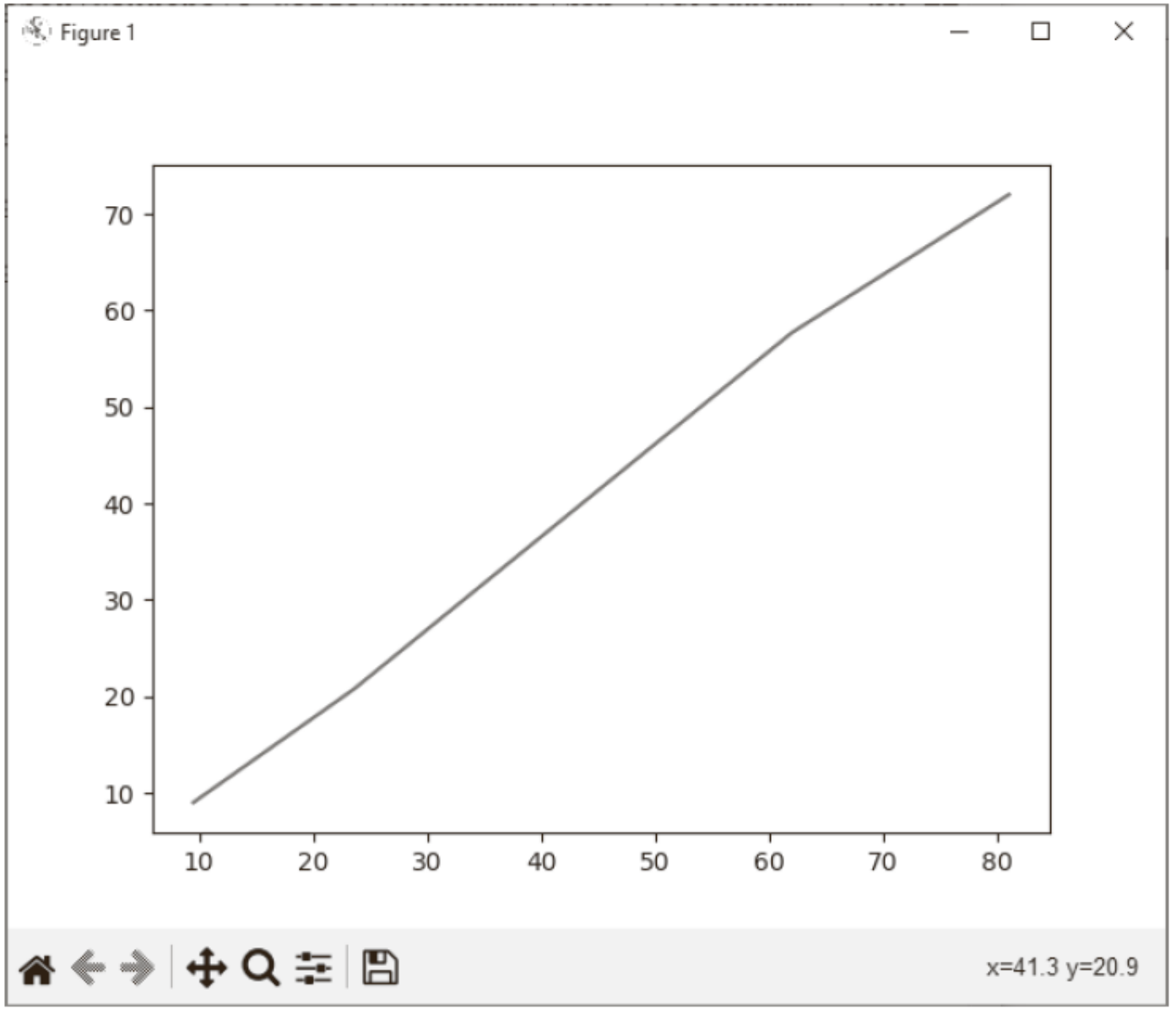
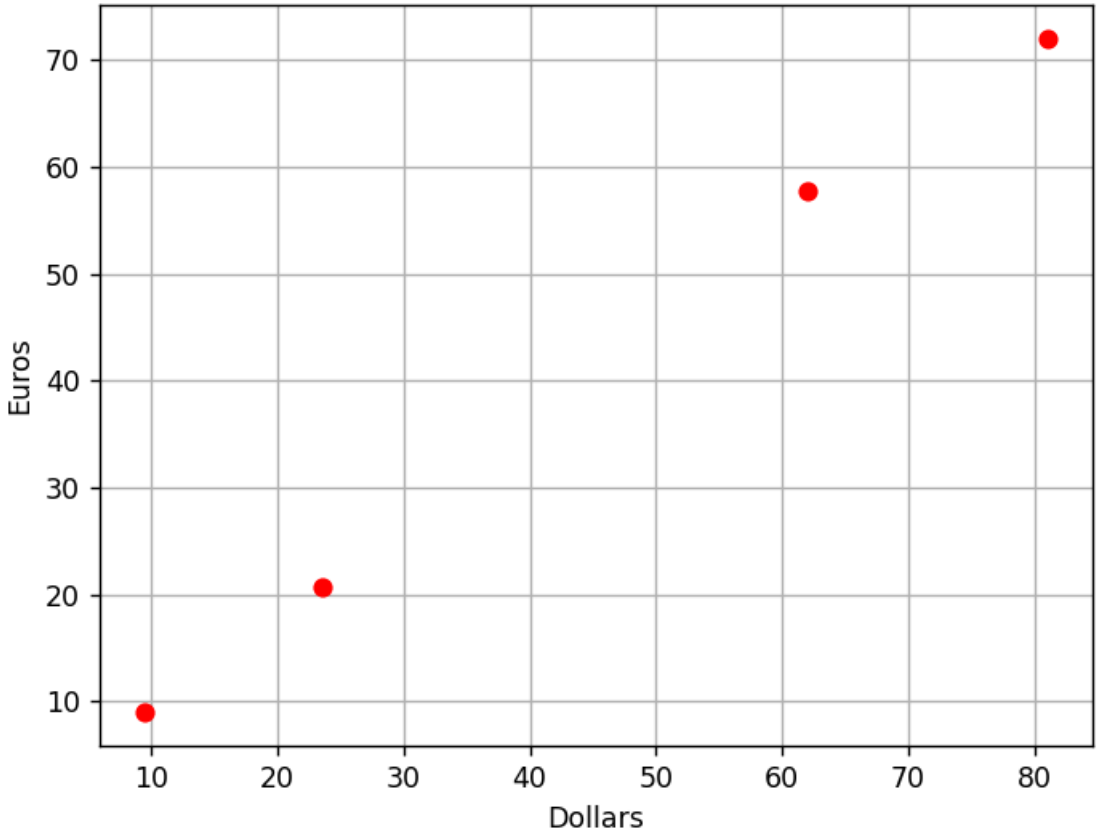


Figure 1
70
60
50
40
30
20
10
10
20
30
40
50
60
70
80
x=41.3 y=20.9

Darstellung verfeinern

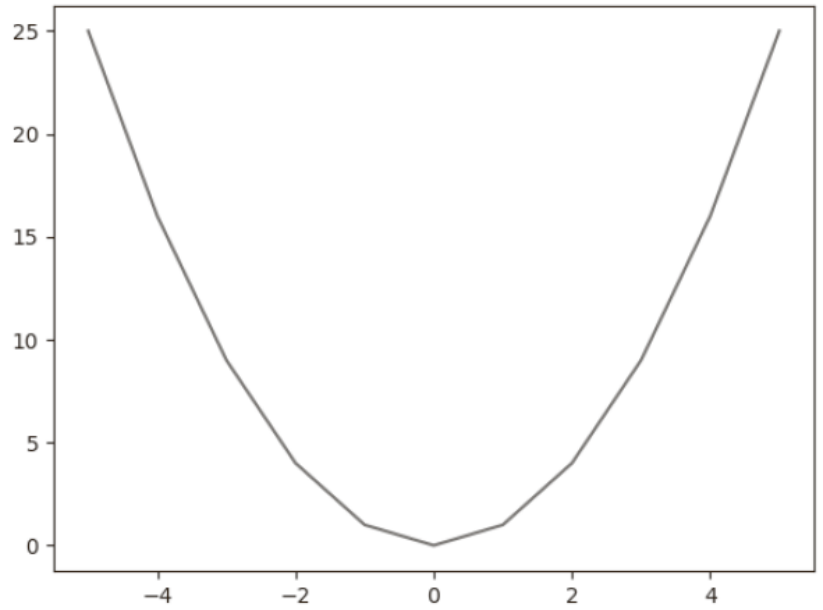
```
# diagramm_2.py
from matplotlib import pyplot
dollarWerte = [9.5, 23.6, 61.99, 81]
euroWerte = [9.0, 20.77, 57.71, 72]
pyplot.plot(dollarWerte, euroWerte, 'or')
pyplot.xlabel('Dollars')
pyplot.ylabel('Euros')
pyplot.grid()
pyplot.show()
```



Graph einer Funktion

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
y	25	16	9	4	1	0	1	4	9	16	25

```
diagramm_3.py
from matplotlib import pyplot
xWerte = [-5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5]
yWerte = [25, 16, 9, 4, 1, 0, 1, 4, 9, 16, 25]
pyplot.plot(xWerte, yWerte)
pyplot.show()
```



List Comprehension

```
[Ausdruck for Element in Kollektion]
```

```
[x**2 for x in [0, 1, 2, 3, 4, 5]]
```

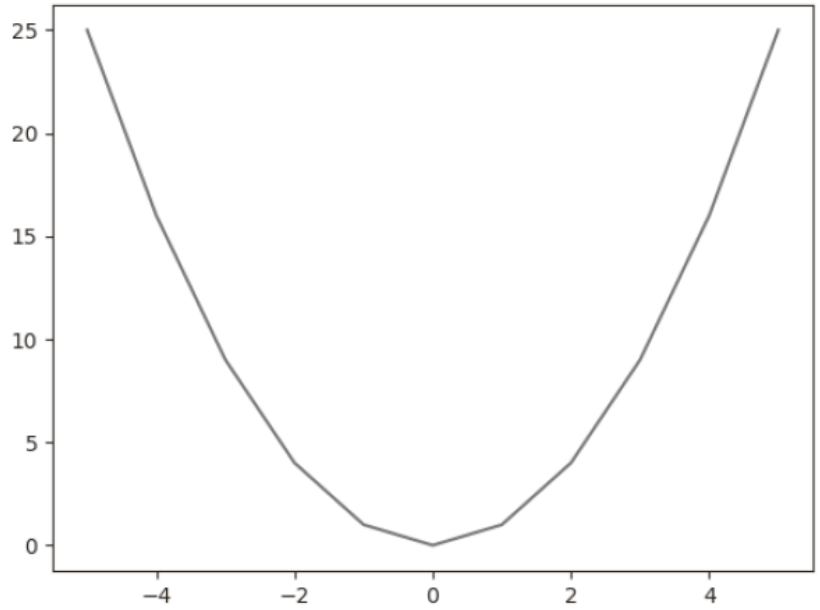
```
[0, 1, 4, 9, 16, 25]
```

```
[x**2 for x in range(6)]
```

Zahlen von 0 bis 5

Quadratische Funktion

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
y	25	16	9	4	1	0	1	4	9	16	25




```
from matplotlib import pyplot
xWerte = range(-5, 6)
yWerte = [x**2 for x in x_]
pyplot.plot(xWerte, yWerte)
pyplot.show()
```

Übung 5.1 (5 min)

1) Erzeugen Sie eine Liste mit allen geraden Zahlen von 2 bis 20.

```
gerade = [          for x in range          ]
```

2) Gegeben ist eine Liste:

```
paare = [(1, 3), (12, 7), (4, 5)]
```

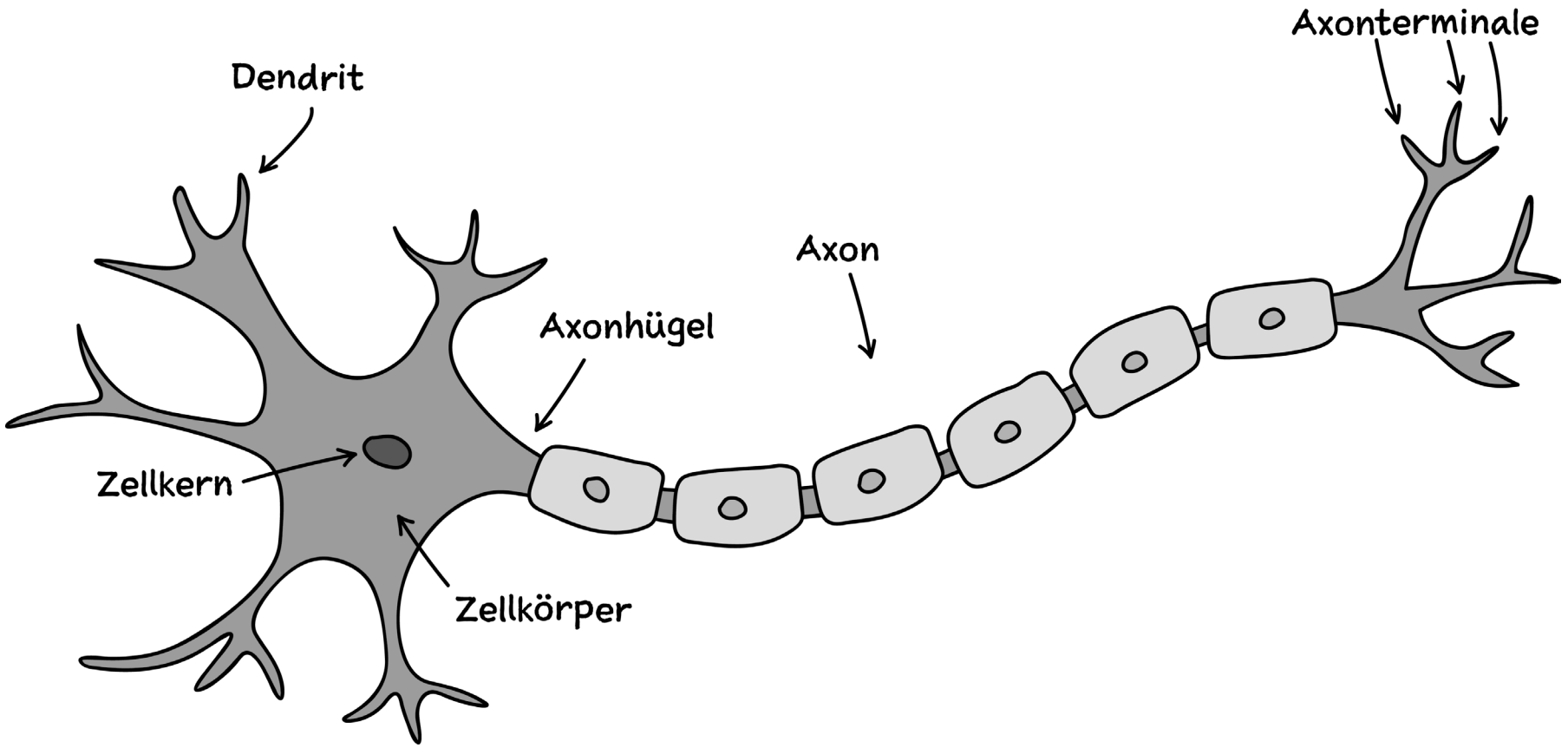
Erzeugen Sie eine Liste mit den Summen der Zahlen in den Zahlenpaaren.

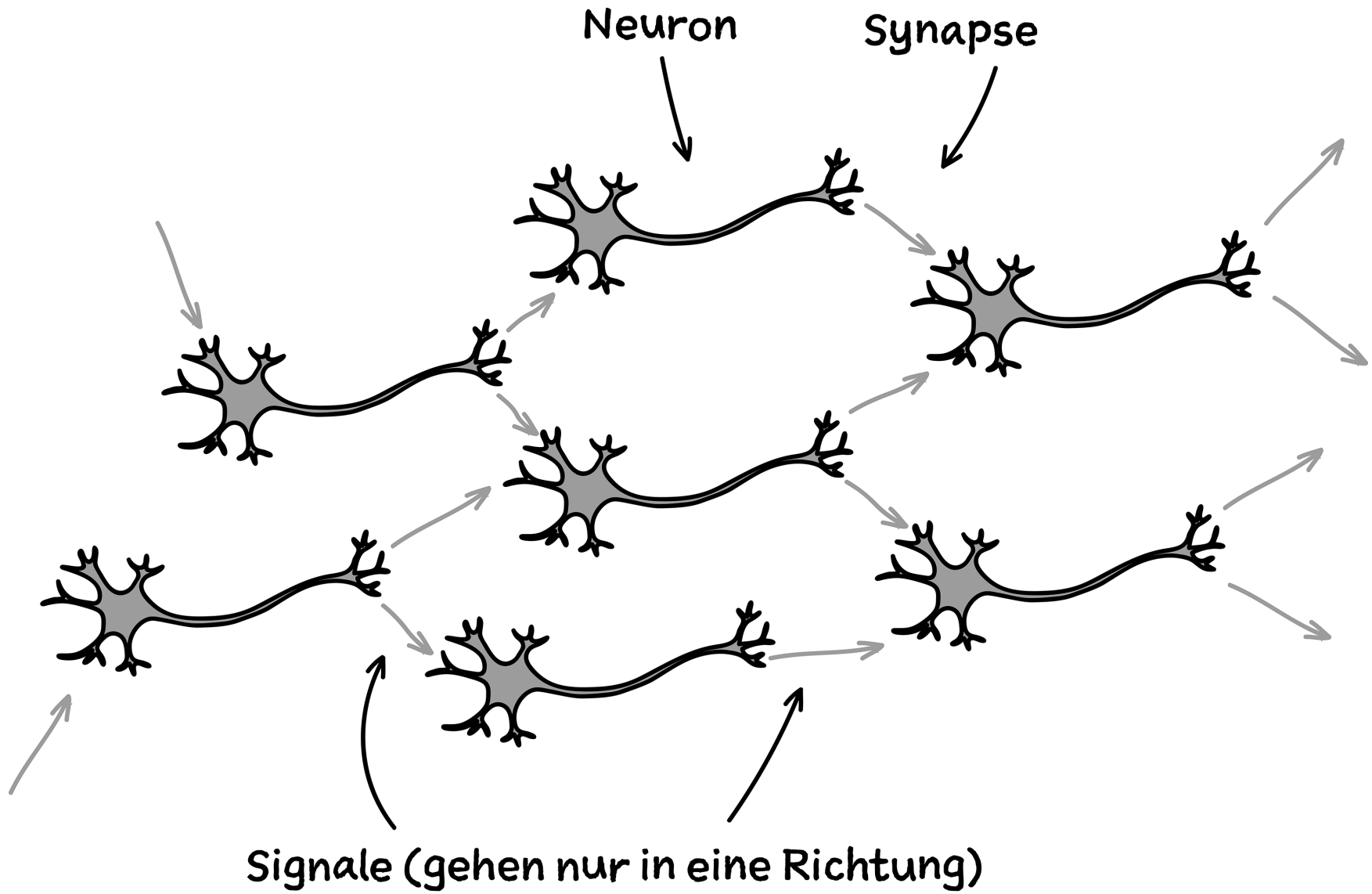
```
summen = [    for      in paare]
```

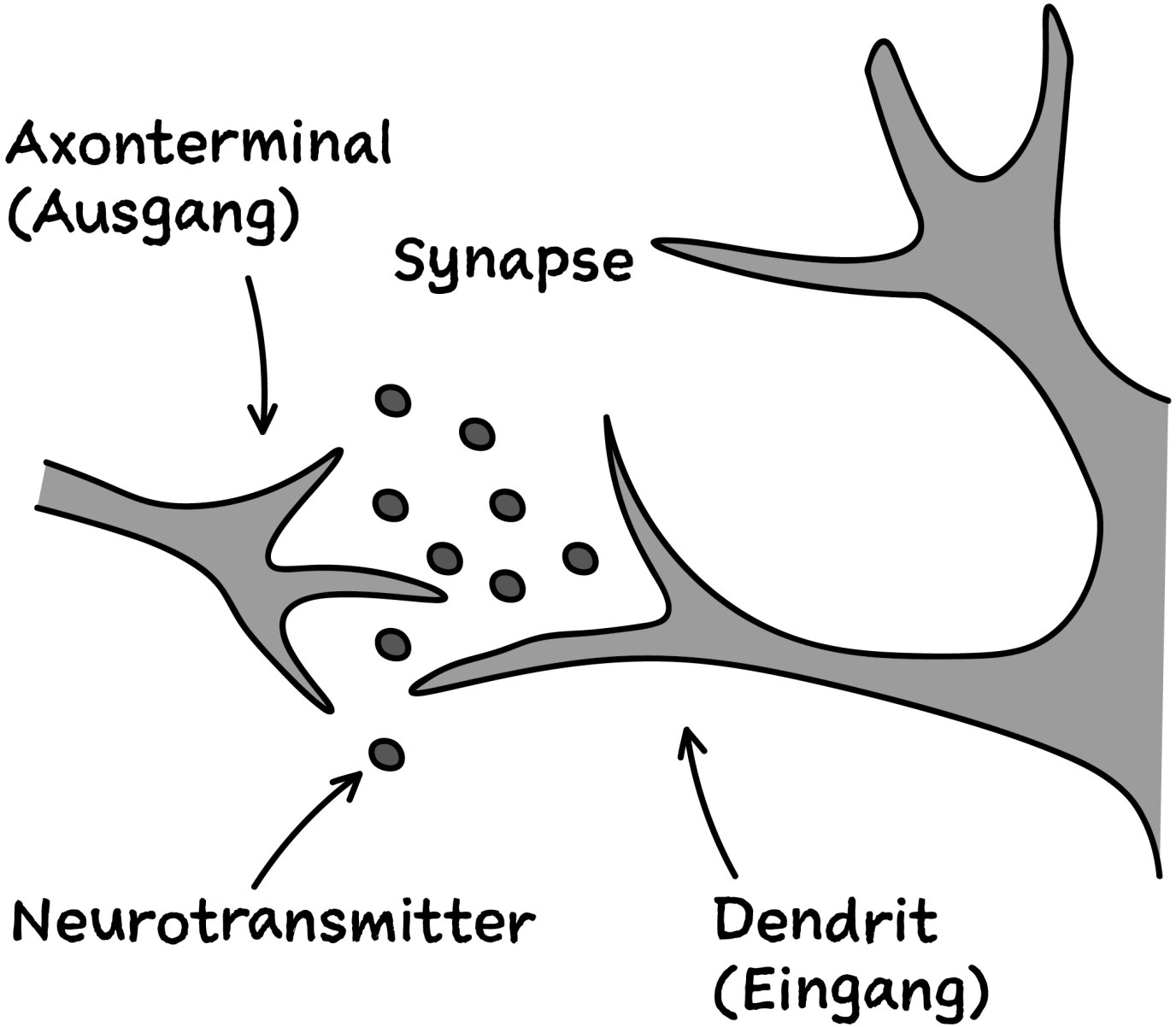
3) Wir haben die Funktion `f(x) = x3 - 20·x`. Schreiben Sie ein Programm, das den Graphen der Funktion für ganzzahlige x-Werte von -10 bis +10 ausgibt. Wandeln das Starterprojekt ab.

```
from matplotlib import pyplot
xWerte = range(-5, 6)
yWerte = [x**2 for x in xWerte]
pyplot.plot(xWerte, yWerte)
pyplot.show()
```

Neuronale Netze

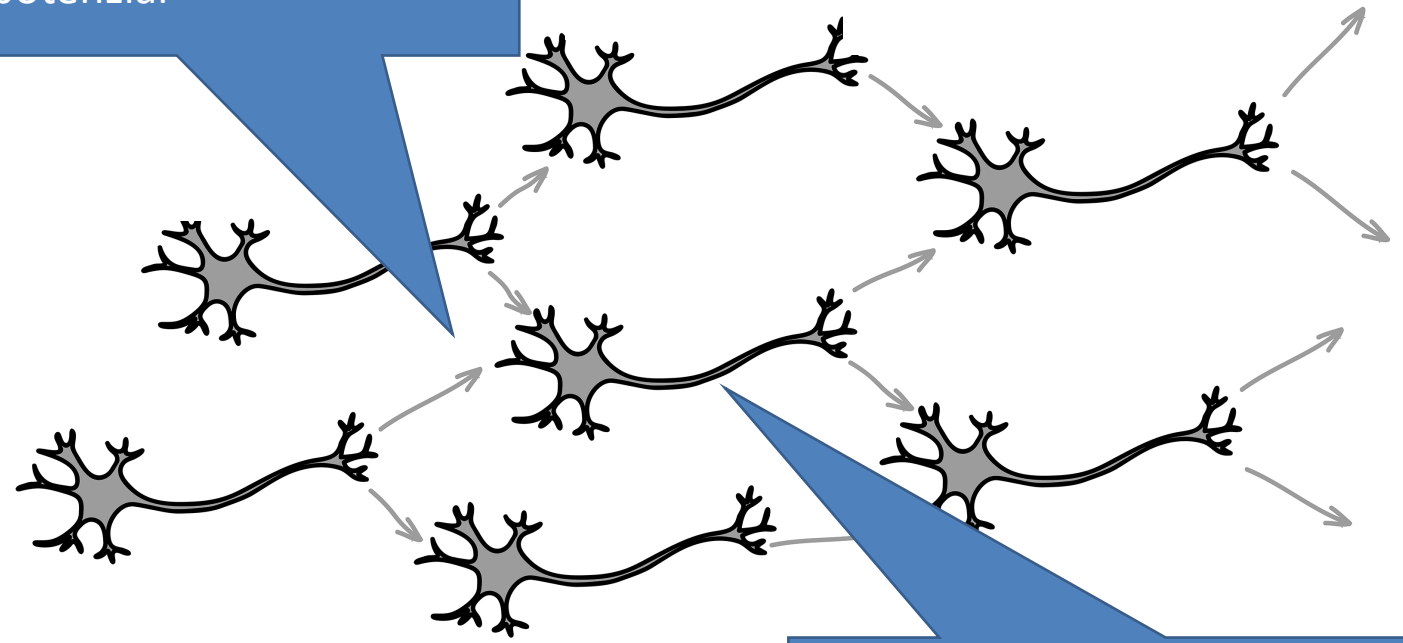



Neuron
Synapse
Signale (gehen nur in eine Richtung)


Axonterminal
(Ausgang)
Synapse
Neurotransmitter
Dendrit
(Eingang)

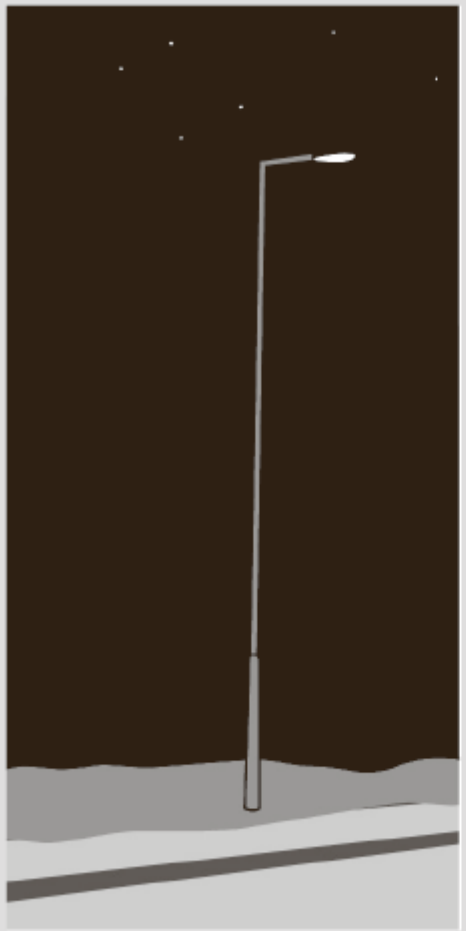
Feuern: Das Alles-oder-nichts-Prinzip

Eingang: Reize addieren sich, erhöhen das Erregungspotenzial

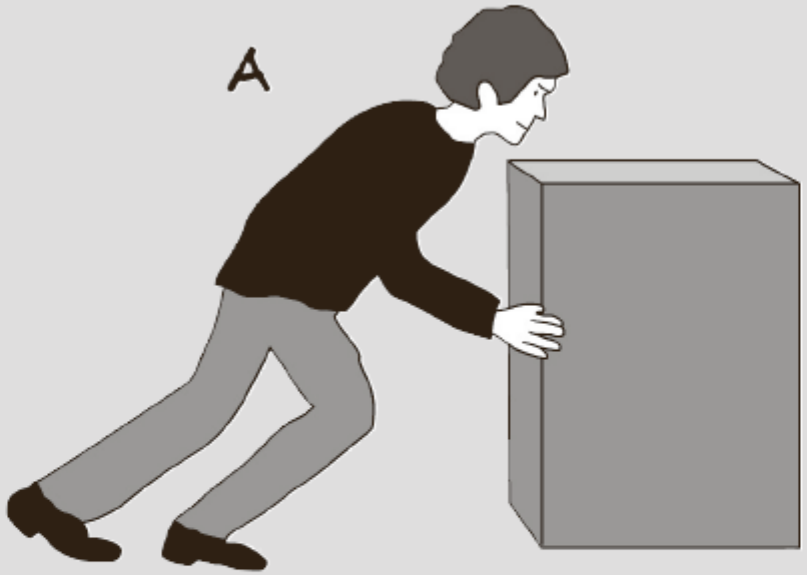


Ruhepotenzial: -70mV
Wenn -50 mV erreicht ist, feuert das Neuron

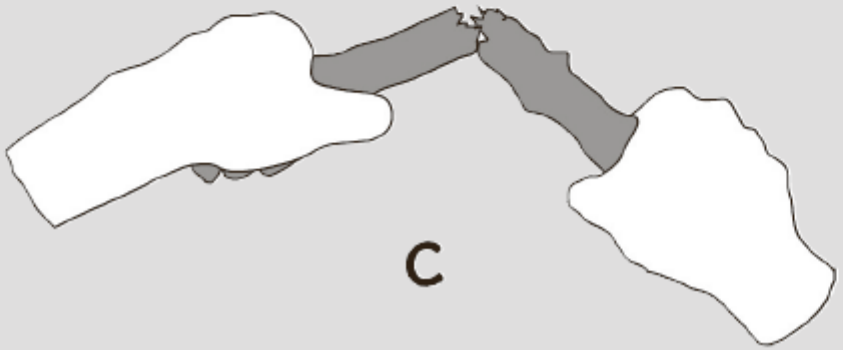
Schaltzeit: 2 ms



B

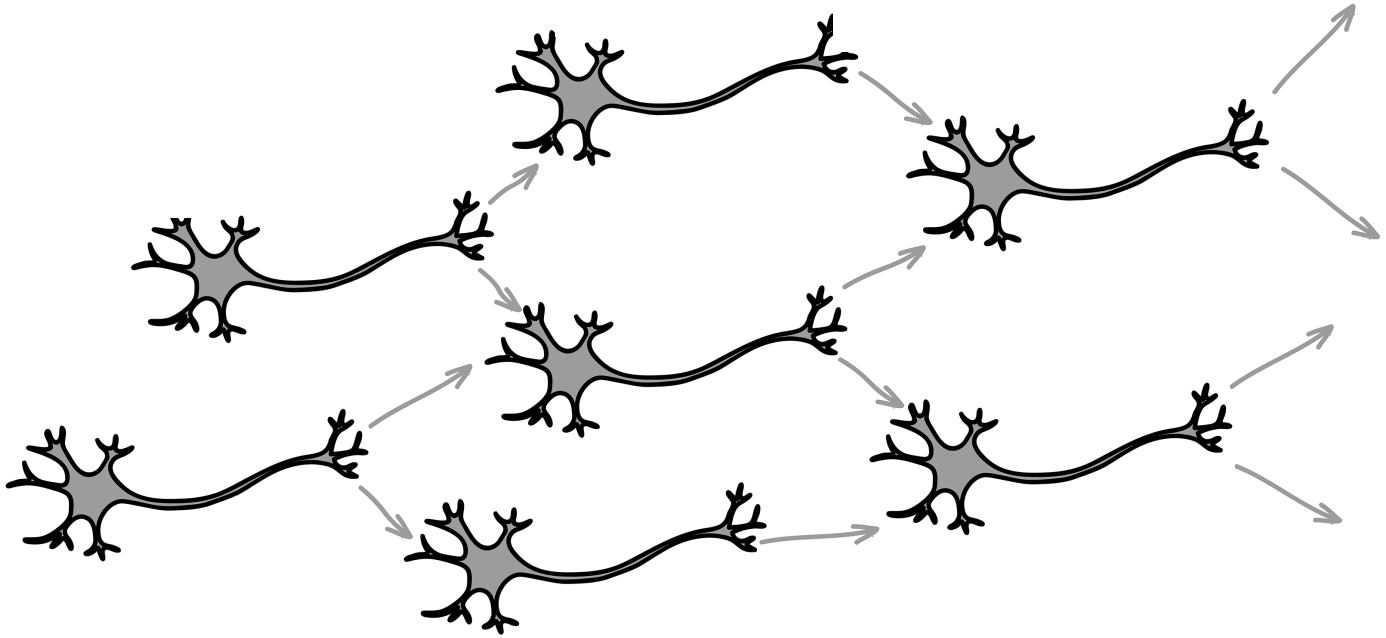


A

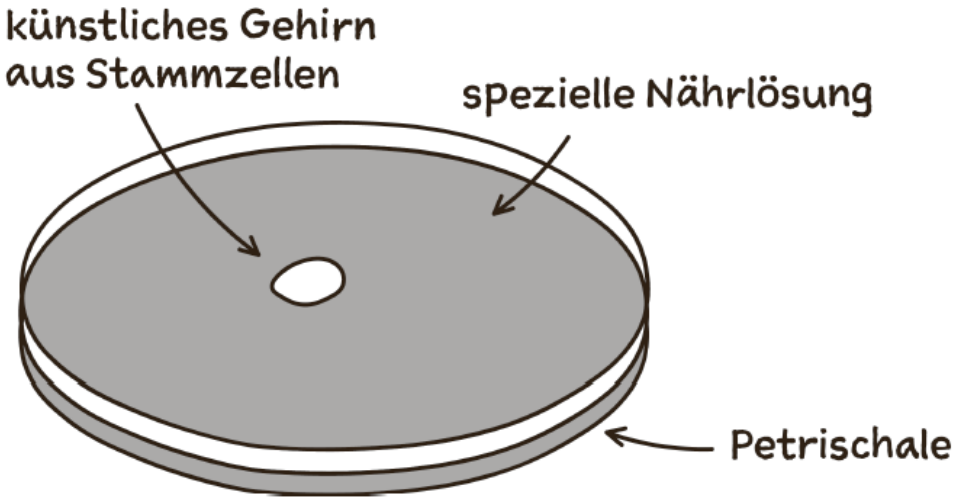


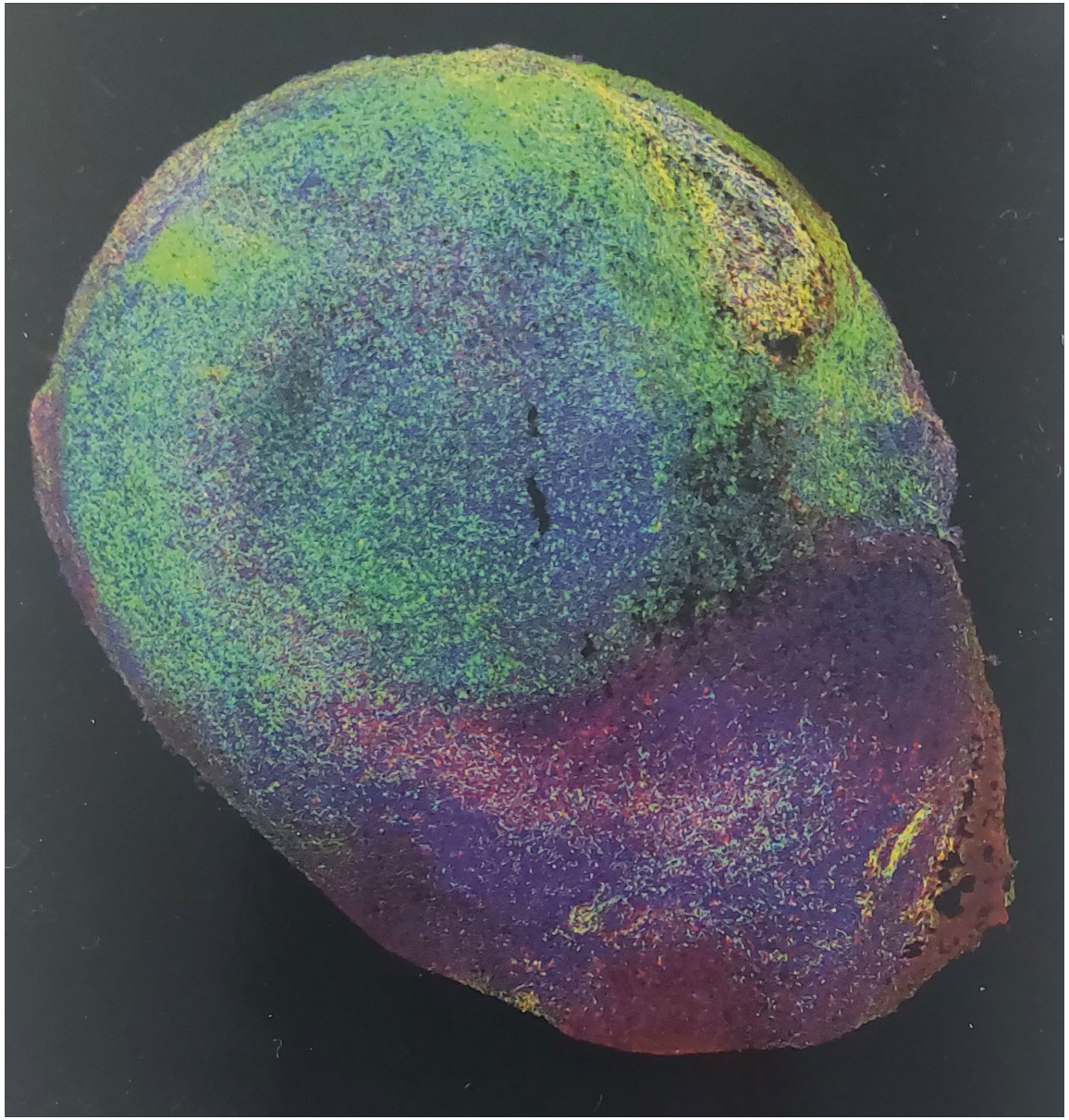
C

Was passiert beim Lernen?

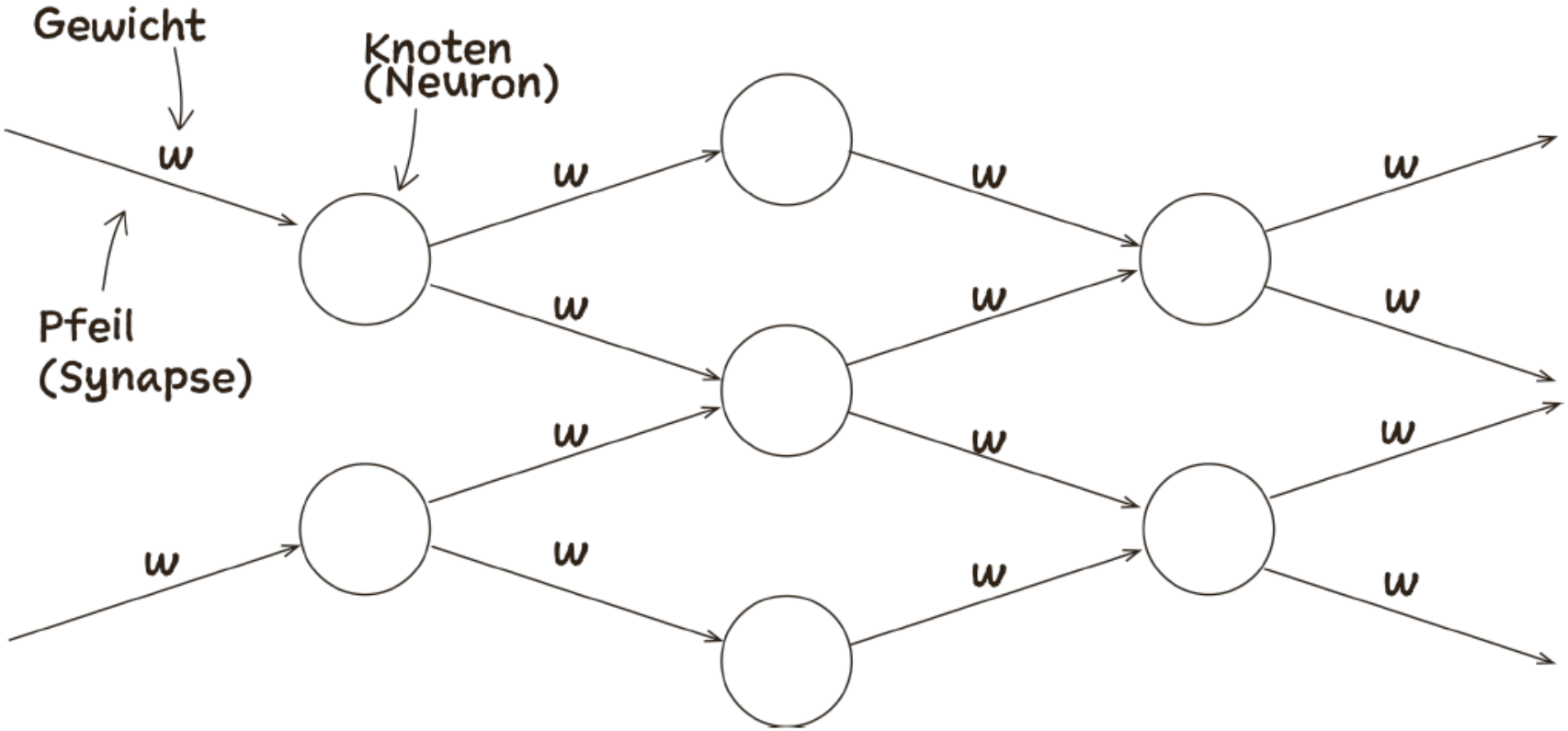


Künstliches Gehirn

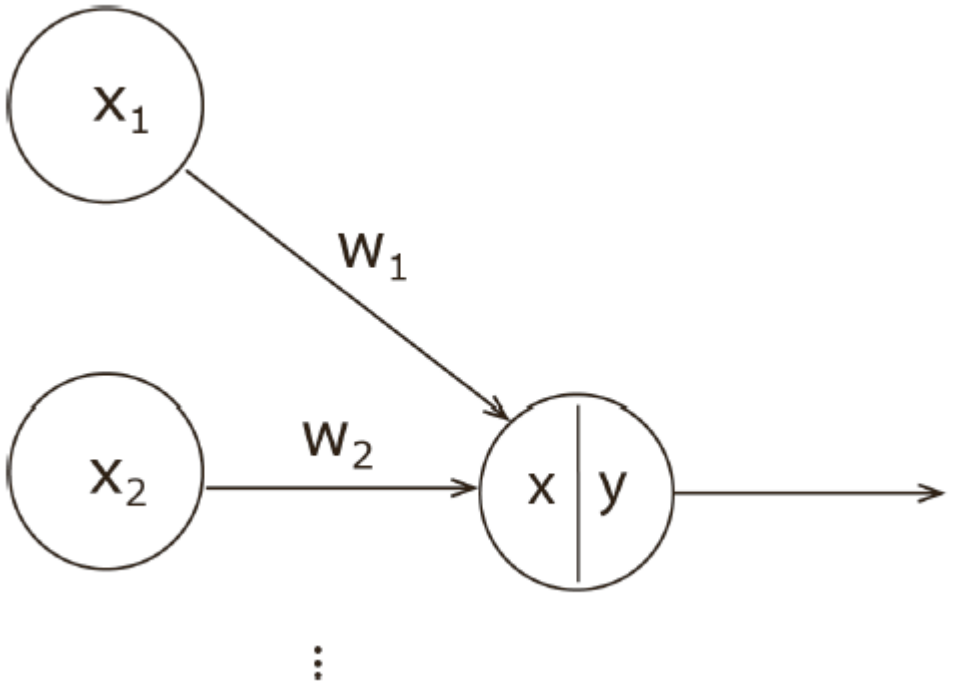




Künstliches neuronales Netz (KNN) = Computerprogramm



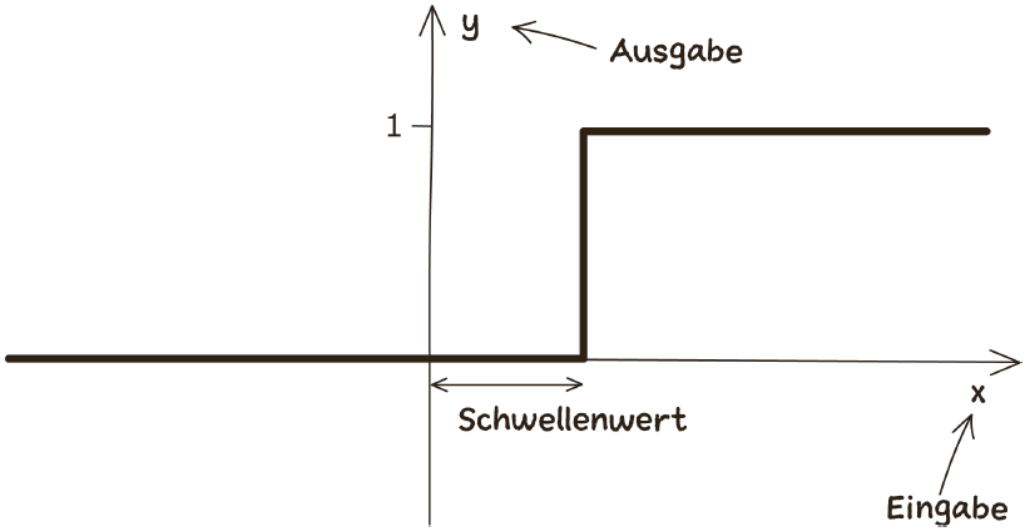
Modell eines Neurons



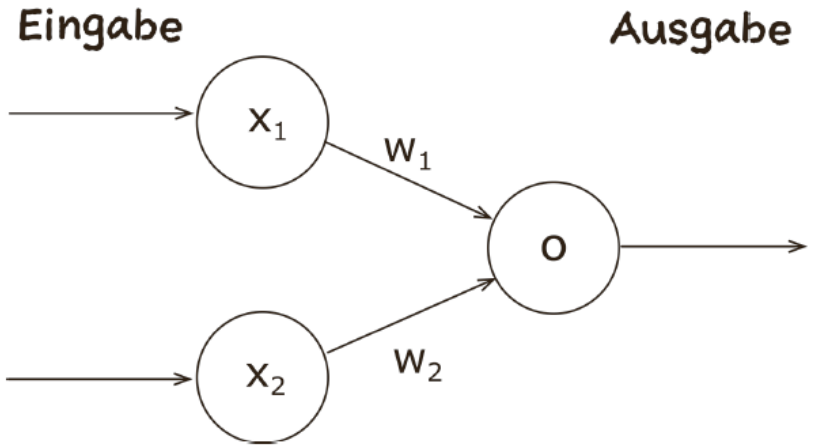
$$x = x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 + \cdots$$

Aktivierungsfunktion

$$y = \begin{cases} 1, & falls\ x > b \\ 0, & sonst \end{cases}$$

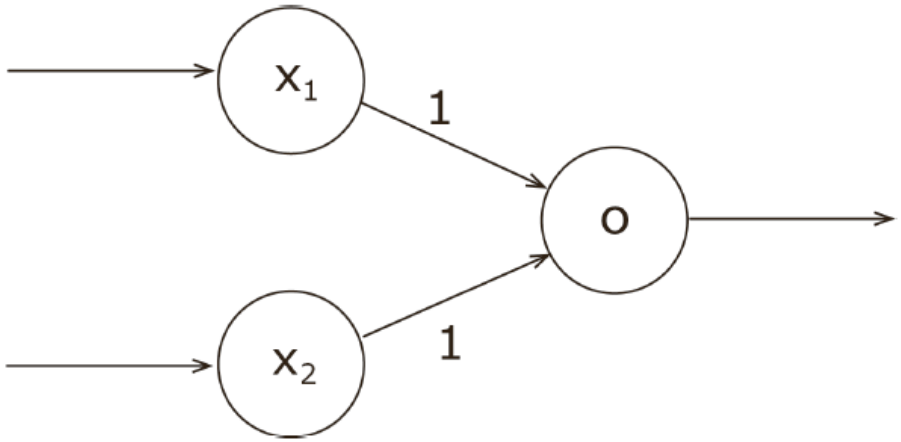


Das Rosenblatt-Perzeptron



Frank Rosenblatt, 1957

Ein Perzeptron, das ODER erkennt



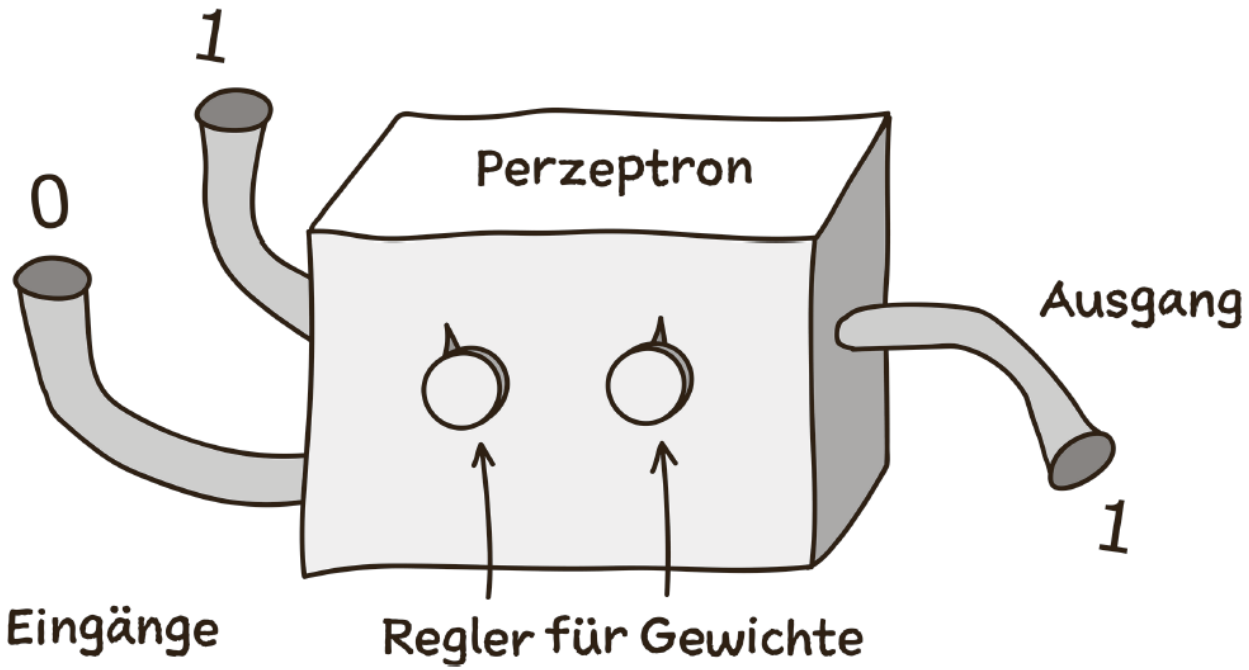
a	b	a ODER b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

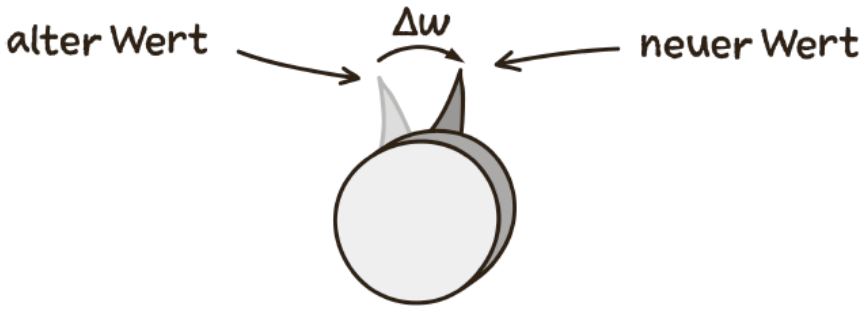
Aktivierungsfunktion:

$$o = \begin{cases} 1, & falls\ 1 \cdot x_1 + 1 \cdot x_2 > 0{,}5 \\ 0, & sonst \end{cases}$$

Vorgegebene Gewichte

Training = Ändern der Gewichte





Lernregel

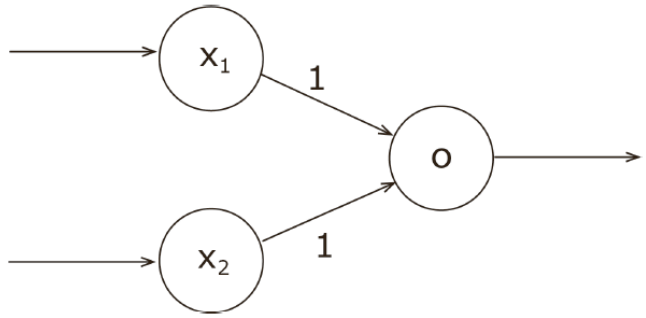
- Wenn die Ausgabe *o* der erwarteten Ausgabe *t* entspricht, werden die Gewichte nicht geändert. Δw = 0
- Wenn die Ausgabe den Wert 0 hat, aber der Wert 1 erwartet wurde, werden die Gewichte *vergrößert*. Δw > 0
- Wenn die Ausgabe den Wert 1 hat, aber der Wert 0 erwartet wurde, werden die Gewichte *verkleinert*. Δw < 0

Lernrate

$$\Delta w_1 = \alpha \cdot (t - o) \cdot x_1$$

$$\Delta w_2 = \alpha \cdot (t - o) \cdot x_2$$

Nur wenn der Eingangsknoten den Wert 1 hat, wird das Gewicht geändert



Projekt: Ein Rosenblatt-Perzeptron (1)

```
# perzeptron.py
DATEN = [(0, 0, 0), (0, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 1)]
LR = 0.1                # Lernrate
SW = 0.5                # Schwellwert
w1 = 0.5
w2 = 0.5


def vorhersehen(x1, x2):
    x = w1 * x1 + w2 * x2
    if x > SW:
        return 1
    else:
        return 0
```

a	b	a ODER b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Projekt: Ein Rosenblatt-Perzeptron (2)

```
def trainieren(x1, x2, t):
    global w1, w2
    o = vorhersehen(x1, x2)
    w1 += LR * (t - o) * x1
    w2 += LR * (t - o) * x2


for epoche in range(10):
    for x1, x2, t in DATEN:
        trainieren(x1, x2, t)

for x1, x2, t in DATEN:
    o = vorhersehen(x1, x2)
    print('Eingaben:',x1, x2,
          'Ausgabe:', o, 'Erwartet:', t)
```

$$\Delta w_1 = \alpha \cdot (t - o) \cdot x_1$$

$$\Delta w_2 = \alpha \cdot (t - o) \cdot x_2$$

```
Eingaben: 0 0 Ausgabe: 0 Erwartet: 0
Eingaben: 0 1 Ausgabe: 1 Erwartet: 1
Eingaben: 1 0 Ausgabe: 1 Erwartet: 1
Eingaben: 1 1 Ausgabe: 1 Erwartet: 1
```

Übung 5.2 Perzeptron

Aufgabe 1
Testen Sie das Starterprojekt `perzepton.py`.

Aufgabe 2
Erweitern Sie das Programm: Sorgen Sie dafür, dass am Ende auch die Werte der Gewichte ausgegeben werden

Aufgabe 3
Experimentieren Sie mit dem Perzeptron.

- Setzen Sie den Schwellenwert SW auf einen kleineren Wert (z.B. 0,3) und prüfen Sie, ob das Perzeptron noch richtig funktioniert. Welche Auswirkung hat diese Änderung auf die Gewichte nach dem Training?
- Setzen Sie die Anfangswerte der Gewichte auf 0,1 und prüfen Sie ob das Perzeptron noch funktioniert.

Aufgabe 4
Ändern Sie die Trainingsdaten des Perzeptrons und sorgen Sie dafür, dass es nun die UND-Verknüpfung der Eingabedaten erkennt.

a	b	a UND b
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Übung 5.2

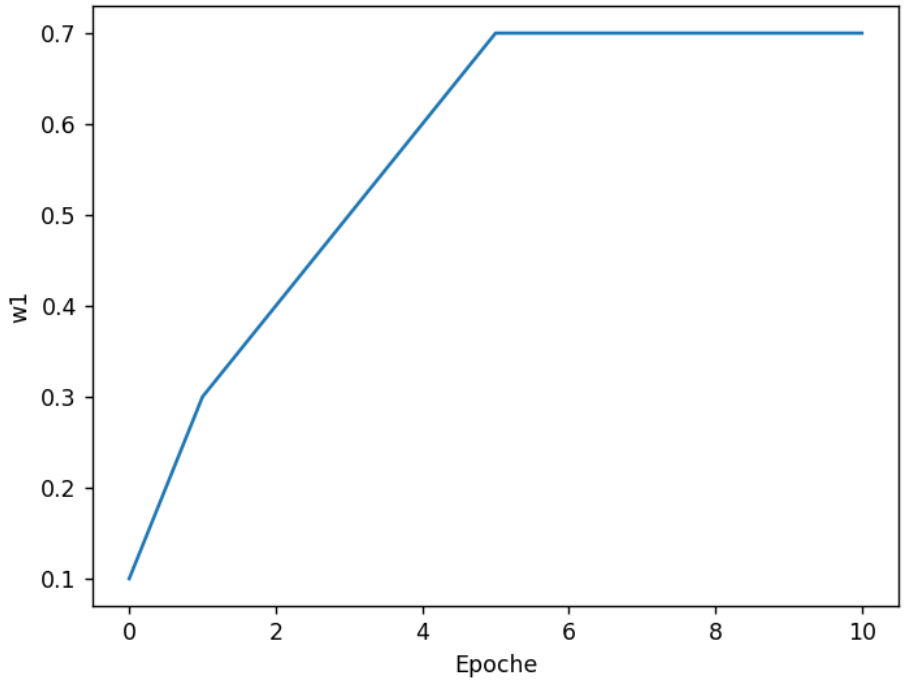
Aufgabe 5
Sorgen Sie dafür, dass das Programm den Lernprozess visualisiert, z.B. indem es den Wert des Gewichts `w1` nach jeder Epoche in einer Liste speichert und am Ende ein Diagramm ausgibt.

Tipp: Mit der Listenmethode `append()` können Sie an eine Liste einen neuen Wert anhängen. Beispiel:

```
s = [1, 5]
s.append(8)
print(s)
```

Ausgabe:

```
[1, 5, 8]
```



Mehr Ideen? https://docs.google.com/document/d/140lNslEWA_AwUwtpVMCZqtH7_eOkU8rmvfrgWqE5M3E/edit?usp=sharing

Rückblick

- Das Python-Modul **matplotlib** unterstützt die Visualsierung von Daten.
- Mit der Funktion **pyplot.plot()** erzeugt man Diagramme (Plots). Die Funktion benötigt zwei Zahlenfolgen gleicher Länge als Argumente.
- Mit einer List Comprehension kann man leicht eine Liste mit Funktionswerten erzeugen.
- Ein Gehirn besteht aus einem Netzwerk von Neuronen.
- Ein Neuron »feuert«, wenn es durch die empfangenen Signale ein genügend hohes Erregungspotenzial erreicht („Alles-oder-nichts-Prinzip“).
- Ein **Perzeptron** ist eine Struktur mit Eingabe- und Ausgabeknoten, die ähnlich wie Neuronen arbeiten (Rosental 1957). Die Verbindungen zwischen Eingabeknoten und Ausgabeknoten sind mit Gewichten belegt.
- Die Aktivierungsfunktion berechnet aus den gewichteten Eingabewerten einen Ausgabewert nach dem „Alles oder nichts“-Prinzip.
- Ein Perzeptron kann durch Training lernen, UND- und ODER- verknüpfte Eingaben erkennen.
- Beim Training werden die Gewichte geändert.