

DeepLearning mit Python und Jupyter-Notebooks

Ulla Diewald

inf-schule.de

Pädagogisches Landesinstitut RLP
Wiedtal-Gymnasium Neustadt (Wied)
cryptoparty.in/bonn

ul.di@posteo.de
ulla.diewald@pl.rlp.de

27.2.2025

Hessische Landesstelle für Technologiefortbildung

Jupyter-Notebooks



The screenshot shows a Jupyter Notebook window with a menu bar (File, Edit, View, Run, Kernel, Settings, Help) and a toolbar with icons for file operations and execution. The main content area contains a heading "Aufgabe" followed by a text description: "Berechne die Summe der ersten hundert natürlichen Zahlen $\sum_{i=1}^{100} i$." Below this is a code cell labeled "[2]:" containing Python code to calculate the sum of the first 100 natural numbers. The code is:

```
s = 0
for i in range (1,101):
    s += i
print (s)
```

 The output of the code cell is the number 5050.

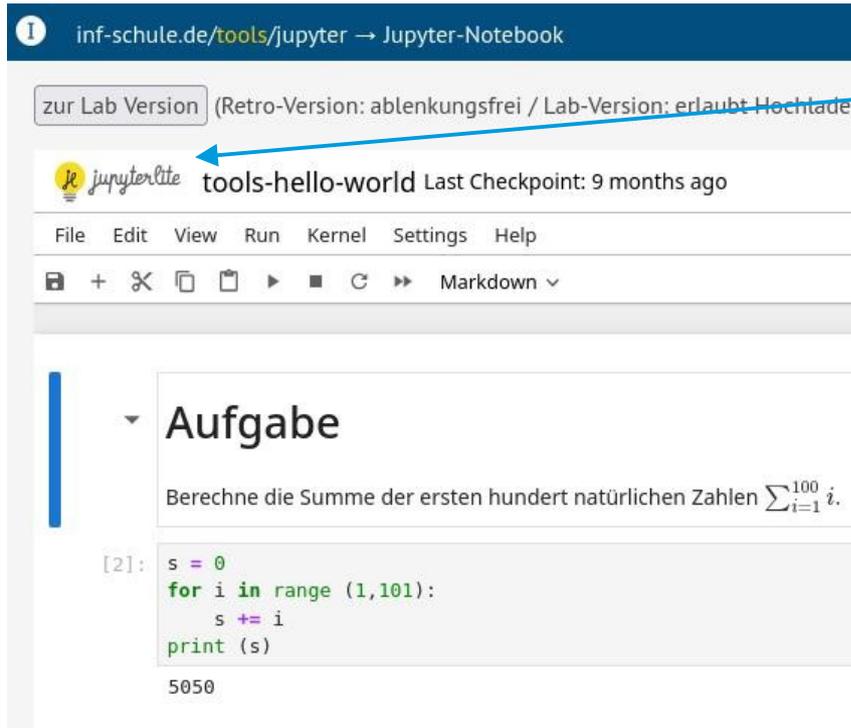
Markdown und Latex

Python-Code

Interaktive Arbeitsblätter

Rapid Prototyping

Jupyter-Lite



Online-Version (Webassembly)

NB: Jupyter-Lite noch „experimental“, daher Alternativen für „Plan B“:

- Visual Studio Code
- PyCharme
- lokal installieren

<https://inf-schule.de/tools/jupyter>

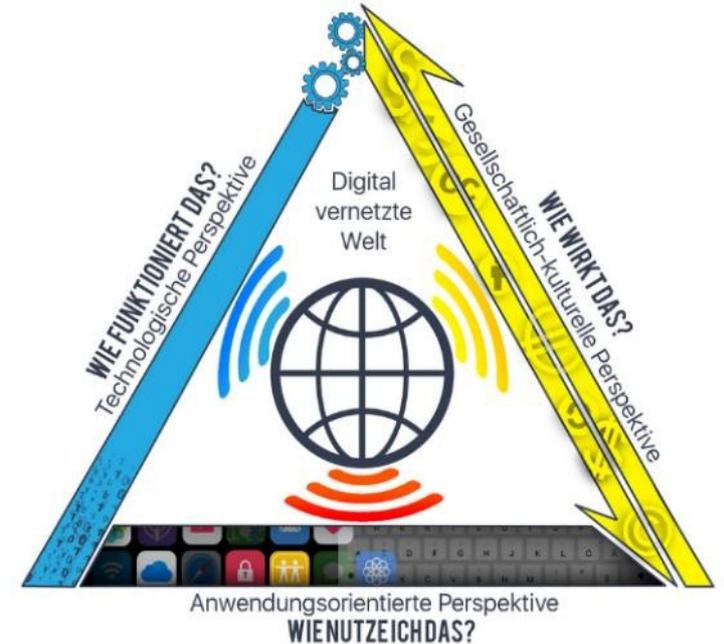


DeepLearning

- Perzeptron, Separationsgerade
- logische Gatter, Delta-Lernregel
- XOR-Problem, KNN
- künstl. Neuronen
- Forward- / Backward-Propagation
- MNIST-Datensatz, Ziffernerkennung
- Code from Scratch / Jupyter-Notebooks

DeepLearning

- Perzeptron, Separationsgerade
- logische Gatter, Delta-Lernregel
- XOR-Problem, KNN
- künstl. Neuronen
- Forward- / Backward-Propagation
- MNIST-Datensatz, Ziffernerkennung
- Code from Scratch / Jupyter-Notebooks



Pascal Schiebened

Dagstuhl-Dreieck

Bild: Pascal Schiebened, CC BY, <https://bobblume.de/2019/10/02/digital-das-dagstuhl-dreieck-eine-grafische-aufbereitung-excitingedu/>

1 Information und Ihre Darstellung

2 Algorithmen

3 Datenbanksysteme

4 Automaten & Sprachen

5 Künstliche Intelligenz

6 Imperative Programmierung

7 Objektorientierte Programmierung

8 Deklarative Programmierung

9 Software und Ihre Entwicklung

10 Kommunikation in Rechnernetzen

CALLIOPE

KIDS

Tools

11 Kryptologie

12 Funktionsweise eines Rechners

13 Informatik und Gesellschaft

14 Informatiksysteme

15 Entdecker-Ecke

Schlagworte #

Freitextsuche 🔍

Seltennummer z.B. 4.2.3 →

Blog Themencafé

Konzept Lehrpläne

Archiv Lösungen

Zur Information

Software-Werkzeuge

Sitemap [Ω-mathe](#)

Lizenz

Autor:Innen

Dokumentation

anerkanntes Schulbuch in RLP OER



1 Information und Ihre Darstellung

2 Algorithmen

3 Datenbanksysteme

4 Automaten & Sprachen

5 Künstliche Intelligenz

6 Imperative Programmierung

7 Objektorientierte Programmierung

8 Deklarative Programmierung

9 Software und Ihre Entwicklung

10 Kommunikation in Rechnernetzen

CALLIOPE

KIDS

Tools

11 Kryptologie

12 Funktionsweise eines Rechners

13 Informatik und Gesellschaft

14 Informatiksysteme

15 Entdecker-Ecke

Schlagworte #

Freitextsuche

Seltennummer z.B. 4.2.3

Zur Information

Software-Werkzeuge

Sitemap

Ω-mathe

Lizenz

Autor:Innen

Dokumentation

Blog

Themencafé

Konzept

Lehrpläne

Archiv

Lösungen

anerkanntes
Schulbuch in RLP
OER

CC BY-SA

Themen - Vertiefung

- 1** Information und Ihre Darstellung
- 5** Künstliche Intelligenz
- 10** Kommunikation in Rechnernetzen
- 12** Funktionsweise eines Rechners

Themen - Vertiefung

- Entscheidungsbäume mit Python**
Python-Programm zur Berechnung von Entscheidungsbäumen im Kontext gesunde Lebensmittel
- Exkurse zu KI mit Python und Jupyter-Notebooks**
Weitere Jupyter-Notebooks zu maschinellem Lernen, Einführung Jupyter-Notebook, BigData mit Pandas
- Deep Learning - Ziffernerkennung**
Programmierung eines künstlichen neuronalen Netzes zur Erkennung von handgeschriebenen Ziffern
- DataScience - Empfehlungssysteme**
Durchführung eines DataScience-Projekts mit K-Nächste-Nachbarn als Algorithmus
- Geschichte der KI**
Meilensteine in der Entwicklung von Künstlicher Intelligenz
- Ethische und Moralische Aspekte**
Automatisierte Entscheidungssysteme, Rolle der Daten

Exkurse

- Jupyter-Notebook**
Einführung in die interaktive Python-IDE Jupyter-Notebook
- DataScience mit Pandas**
Auswertung grosser Datenmengen mit der Bibliothik Pandas
- Q-Learning**
Programmieren eines Text-Adventures mit verstärkendem Lernen (Q-Learning)

Zur Information
Software-Werkzeuge

Q-mathe

anerkanntes
Schulbuch in RLP
OER

CC BY-SA

Fertige Unterrichtsreihe
Ziffernerkennung mit
DeepLearning

inf-schule.de/5.1.3.6.10



Perzeptron



inf-schule.de/5.1.3.6.2

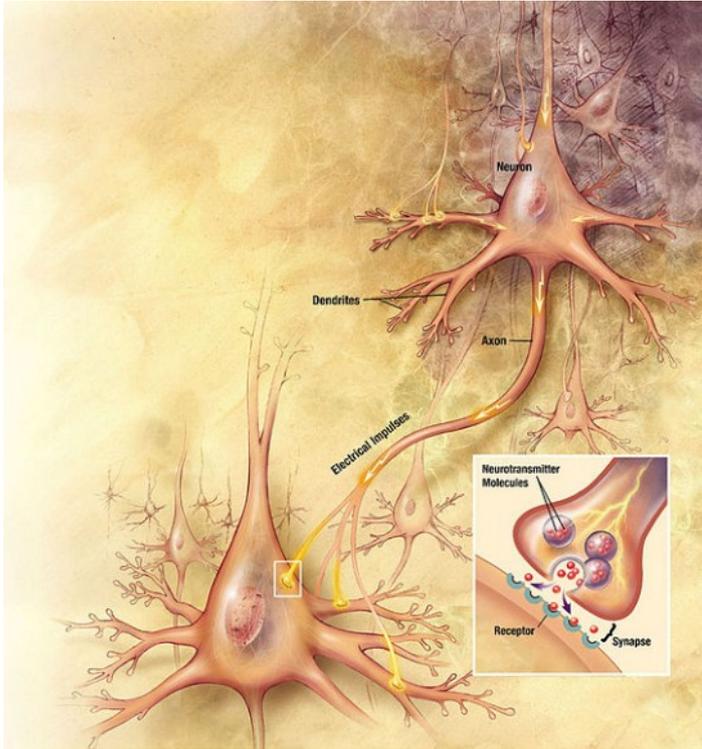
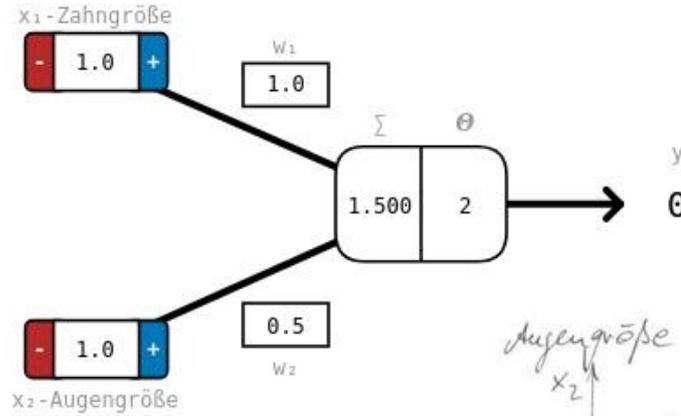
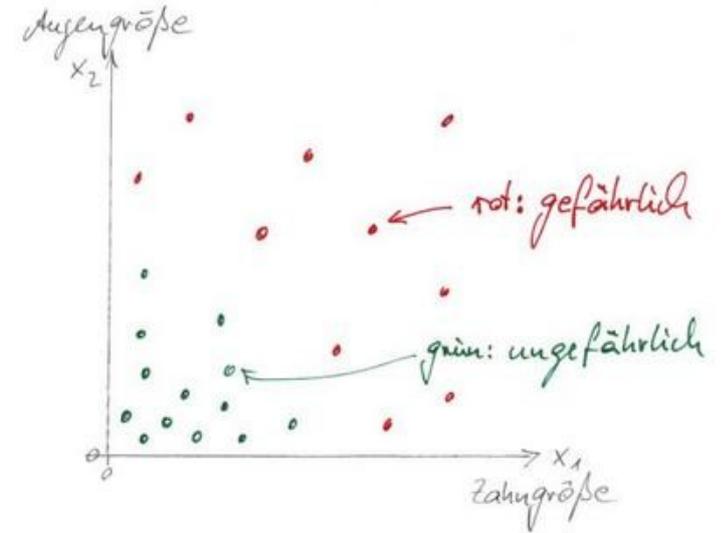


Bild: Neuron - Wikipedia: gemeinfrei



Perzeptron

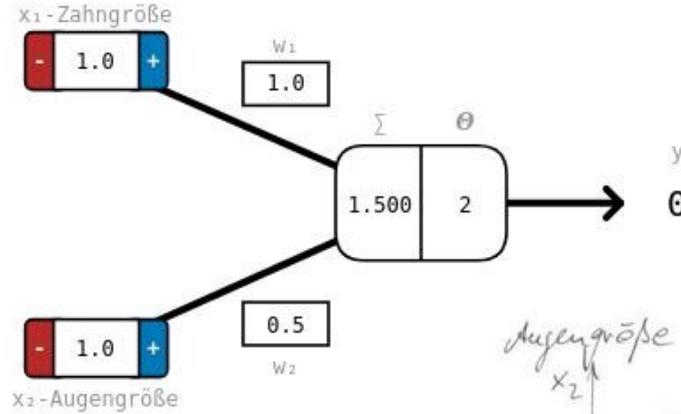
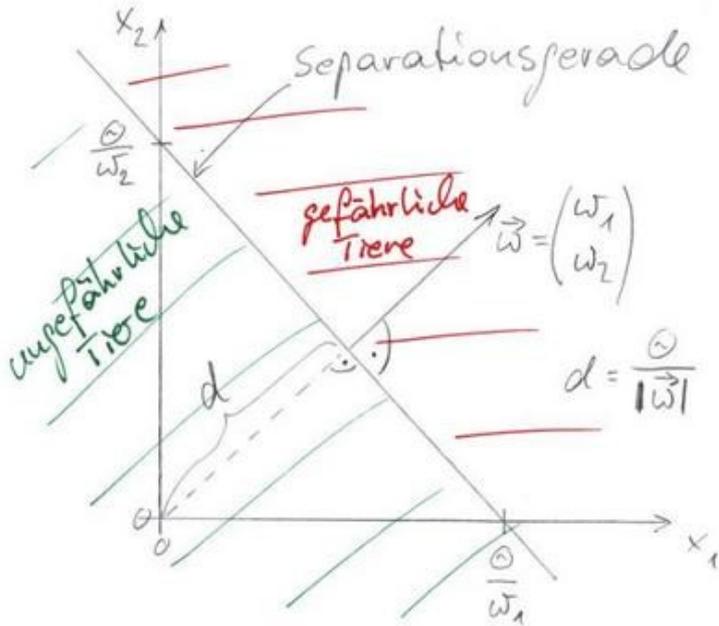
$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \geq \Theta$$



Separationsgerade



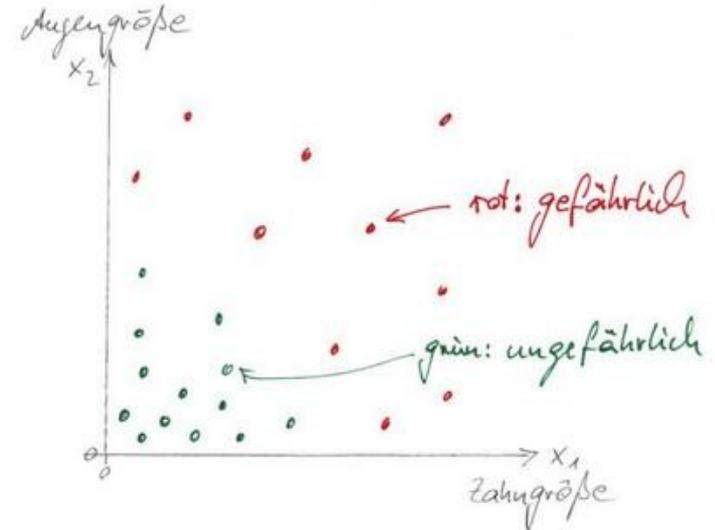
inf-schule.de/5.1.3.6.3



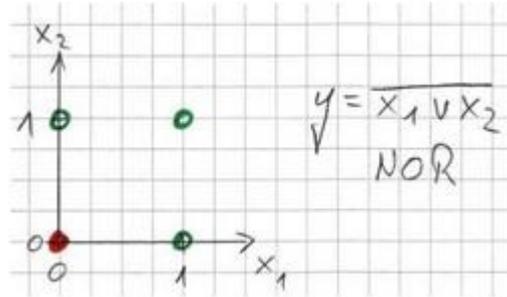
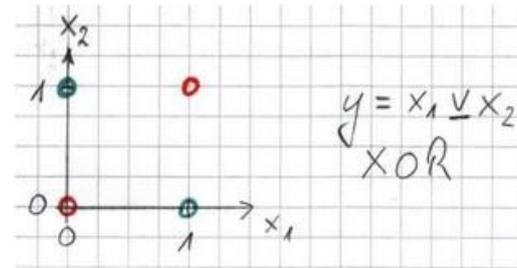
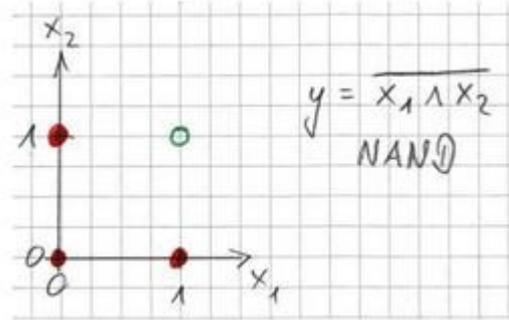
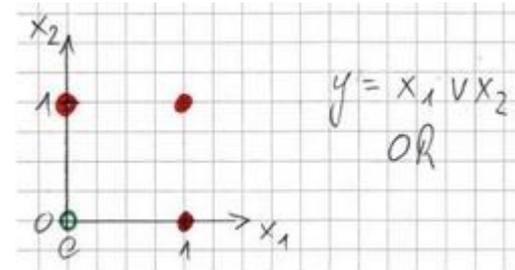
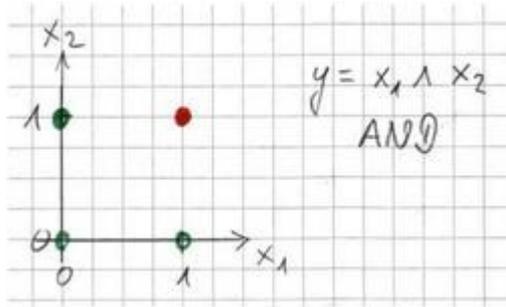
Perzeptron

$$\sum_{i=1}^n w_i x_i \geq \Theta$$

$$\hat{w} \cdot \vec{x} - \frac{\Theta}{\|\vec{w}\|} = 0$$

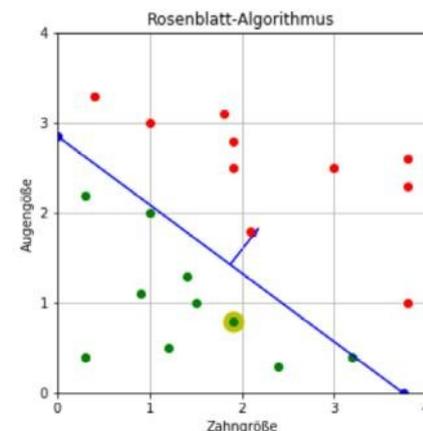
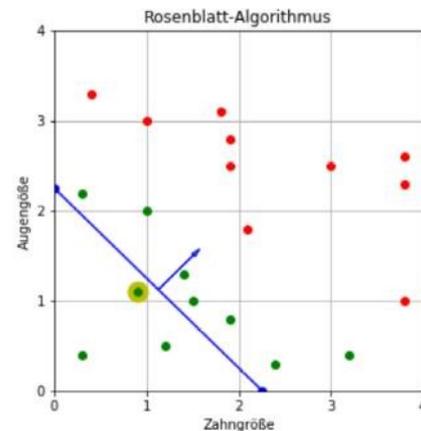
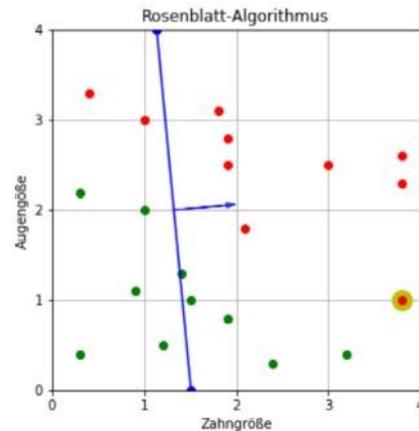
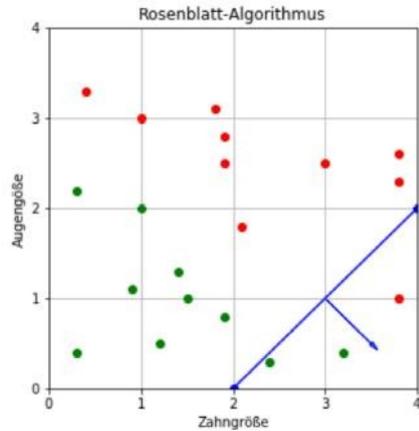


Aufgaben: Logische Operatoren



inf-schule.de/5.1.3.6.3.1

Delta-Lernregel (Rosenblatt 1958)



Leider nur für separierbare Daten...

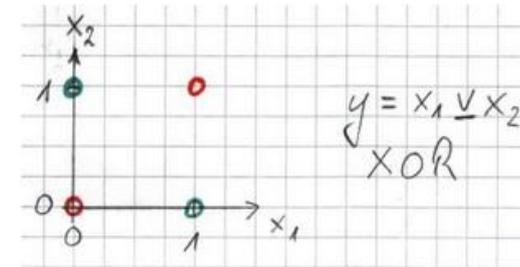
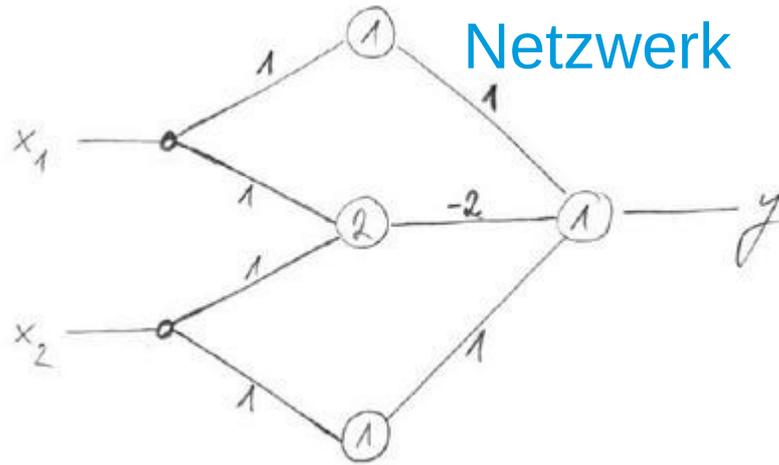


inf-schule.de/5.1.3.6.5

Frank Rosenblatt: The perceptron – a probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review 65, 1958

XOR

Künstliches Neuronales Netzwerk



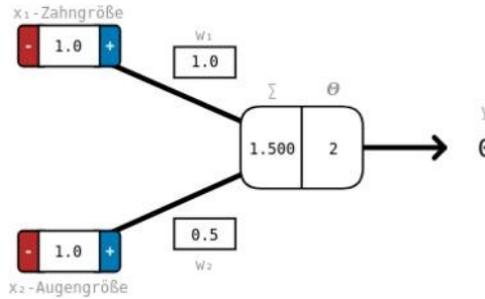
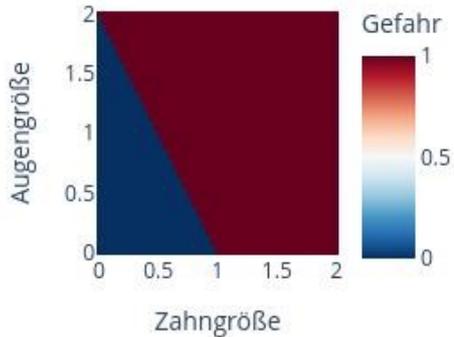
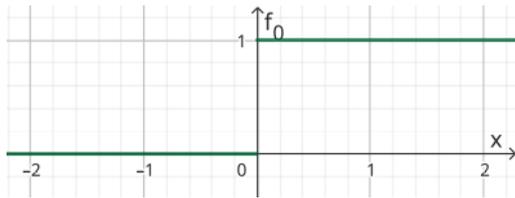
Lernregel...?! ---> Backward-Propagation (1986)

Künstliches Neuron

Perzeptron

$$y(\vec{x}) = f_0(\vec{w} \cdot \vec{x} - \Theta)$$

threshold
↓

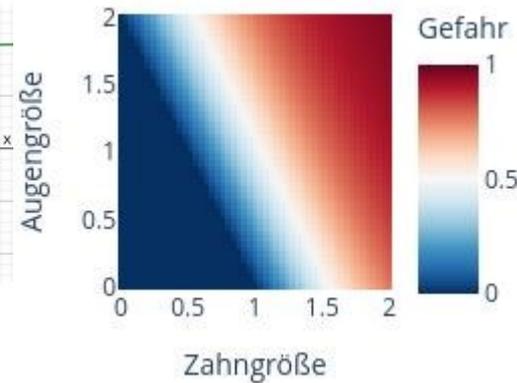
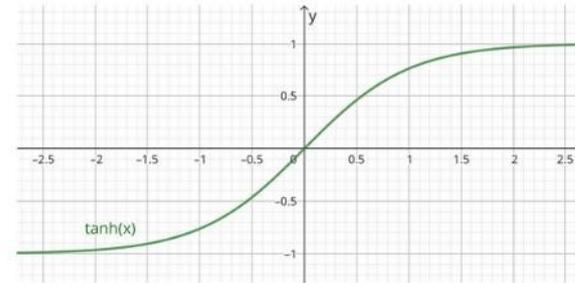


Künstliches Neuron

$$z = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b$$

← bias
 $b = -\Theta$

$$a(z) = \tanh(z) := \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}}$$



stetige Aktivierungsfunktion
mit „einfacher“ Ableitung

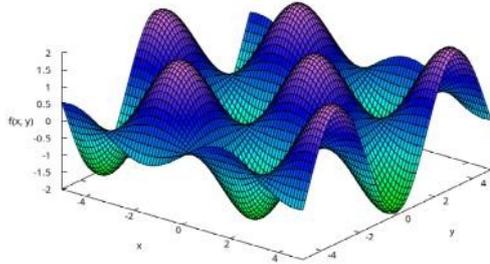
$$\tanh'(z) = 1 - \tanh^2(z)$$



Gradientenabstieg

Künstliches Neuron

$$z(x_1, x_2) = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b$$
$$a(z) = \tanh(z)$$



Beachte

$$C_x = C_x(w_1, w_2, b)$$

zufällig vorbelegt



Targetfunktion

$$t(x_1, x_2) = \begin{cases} +1 & \text{gefährlich} \\ -1 & \text{ungefährlich} \end{cases}$$

Kostenfunktion

$$C_x = \frac{1}{2} (t_x - a_x)^2$$

Gradient (partielle Ableitungen)

$$\frac{\partial C_x}{\partial w_1} = -(t - a) (1 - a^2) \cdot x_1$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial w_2} = -(t - a) (1 - a^2) \cdot x_2$$

$$\frac{\partial C_x}{\partial b} = -(t - a) (1 - a^2)$$

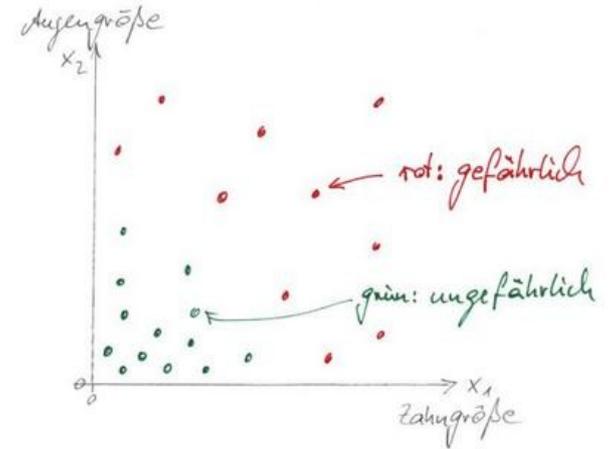


Iterationsvorschrift

$$w_1^{neu} := w_1^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial w_1}$$

$$w_2^{neu} := w_2^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial w_2}$$

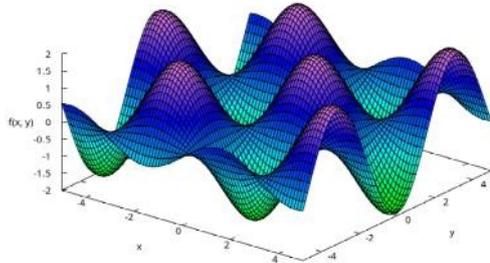
$$b^{neu} := b^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial b}$$



Gradientenabstieg

Künstliches Neuron

$$z(x_1, x_2) = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b$$
$$a(z) = \tanh(z)$$

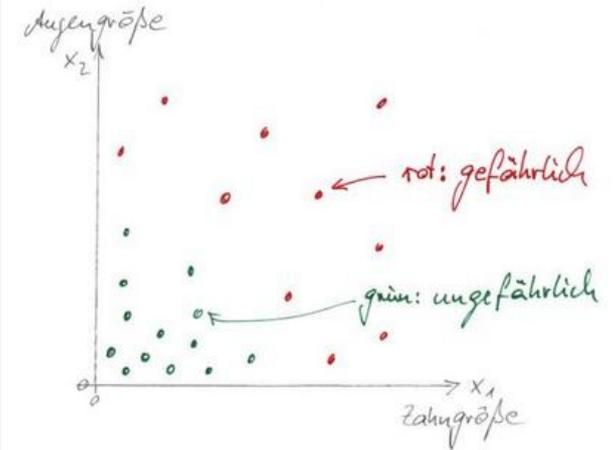


```
# Gradientenabstiegsverfahren
def gewichte_update(x1, x2, t, w1, w2, b):

    # Forward-Propagation
    # Berechnung der Neuronenaktivierung bis zum Output
    z = w1*x1+w2*x2+b # Propagierungsfunktion
    a = tanh(z)      # Aktivierung

    # Backward-Propagation
    # Aktualisierung der Gewichte
    w1 += lr*(t-a)*(1.0-a**2)*x1
    w2 += lr*(t-a)*(1.0-a**2)*x2
    b  += lr*(t-a)*(1.0-a**2)

    return w1, w2, b
```



Gradient (partielle Ableitungen)

$$\frac{\partial C_x}{\partial w_1} = -(t - a)(1 - a^2) \cdot x_1$$
$$\frac{\partial C_x}{\partial w_2} = -(t - a)(1 - a^2) \cdot x_2$$
$$\frac{\partial C_x}{\partial b} = -(t - a)(1 - a^2)$$

Iterationsvorschrift

$$w_1^{neu} := w_1^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial w_1}$$
$$w_2^{neu} := w_2^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial w_2}$$
$$b^{neu} := b^{alt} - \frac{\partial C_x}{\partial b}$$

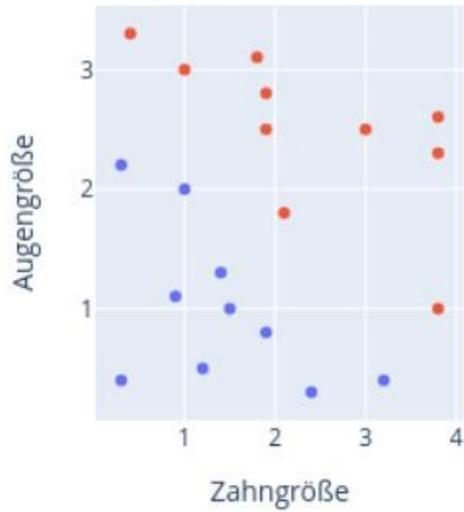
Beachte

$$C_x = C_x(w_1, w_2, b)$$

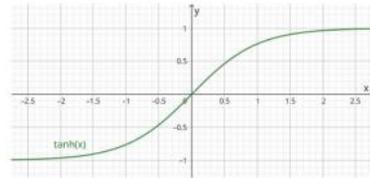
zufällig vorbelegt



Gradientenabstieg

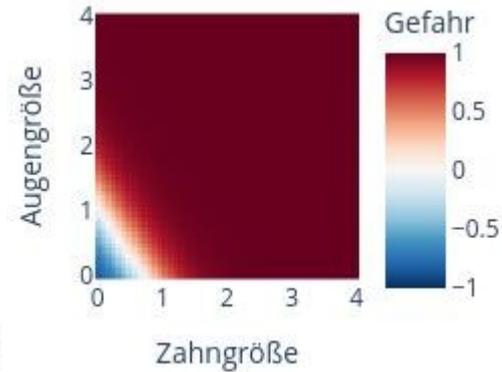


$$z(x_1, x_2) = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + b$$
$$a(z) = \tanh(z)$$

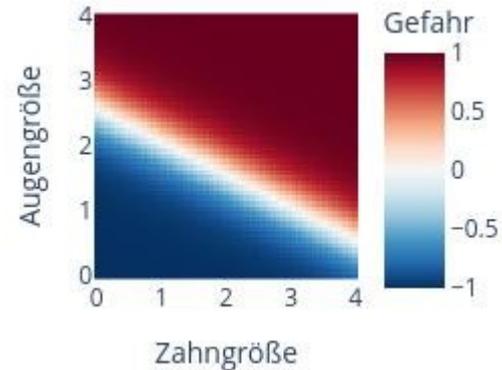


$$C_x = C_x(w_1, w_2, b)$$

zufällig vorbelegt



Startbelegung



Nach 10 Lernepochen

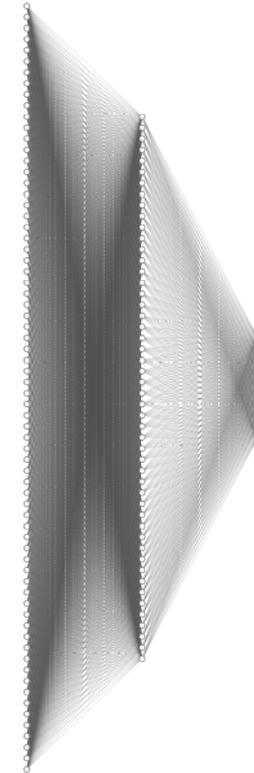
DeepLearning: Hello World

5 0 4 1 9 2 1 3 1 4
3 5 3 6 1 7 2 8 6 9
4 0 9 1 1 2 4 3 2 7
3 8 6 9 0 5 6 0 7 6
1 8 7 9 3 9 8 5 9 3
3 0 7 4 9 8 0 9 4 1
4 4 6 0 4 5 6 1 0 0
1 7 1 6 3 0 2 1 1 7
8 0 2 6 7 8 3 9 0 4
6 7 4 6 8 0 7 8 3 1

MNIST-Datensatz
70.000 Bilder



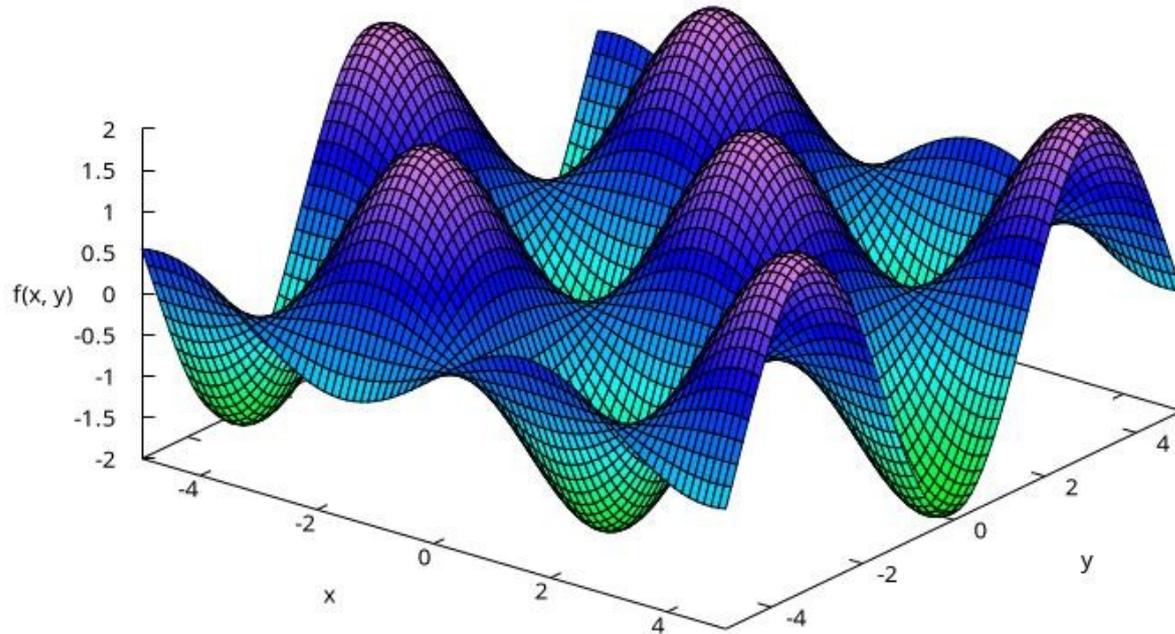
28 x 28



784-50-10

0: 0%
1: 0%
2: 0%
3: 100%
4: 0%
5: 0%
6: 0%
7: 0%
8: 0%
9: 0%

Gradientenabstieg



$784 \cdot 50 \cdot 10 = 392.000$

Backprop vorgegeben
als Blackbox-Code
(14 Zeilen netto)

```
def train(self, inputs_list, targets_list):
    # Inputs in 2-dimensionales Array konvertieren (Inputwerte und Zielwerte)
    inputs = np.array(inputs_list, ndmin=2).T # stehender Vektor
    targets = np.array(targets_list, ndmin=2).T # stehender Vektor

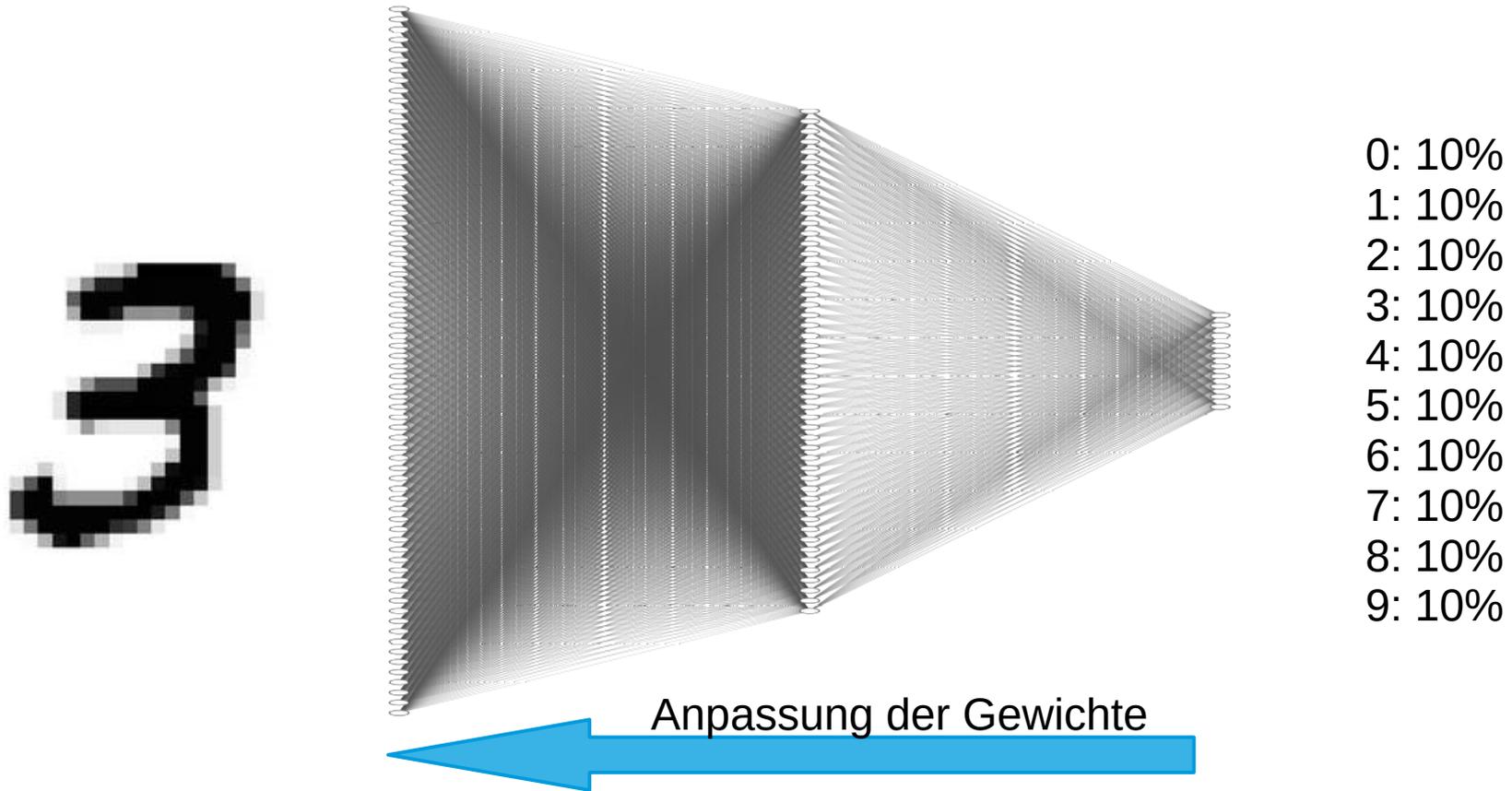
    # Forward-Propagation
    hidden_inputs = np.dot(self.wih, inputs) + self.bias_hidden # stehender Vektor
    hidden_outputs = self.activation_function(hidden_inputs) # stehender Vektor
    final_inputs = np.dot(self.who, hidden_outputs) + self.bias_output
    final_outputs = self.activation_function(final_inputs)

    # Fehlerberechnung
    output_errors = (final_outputs - targets)
    output_delta = output_errors * final_outputs * (1.0 - final_outputs)

    # Backpropagation der Fehler
    hidden_errors = np.dot(self.who.T, output_delta)
    hidden_delta = hidden_errors * hidden_outputs * (1.0 - hidden_outputs)

    # Update der Kantengewichte
    # NB: hiddenoutputs.T ist ein liegender Vektor,
    # daher ist np.dot(output_delta, hidden_outputs.T)
    # ein so genanntes Hadamard-Produkt.
    self.who -= self.lr * np.dot(output_delta, hidden_outputs.T)
    self.wih -= self.lr * np.dot(hidden_delta, inputs.T)
    self.bias_output -= self.lr * output_delta
    self.bias_hidden -= self.lr * hidden_delta
```

Gradientenabstieg: Backpropagation



Ziffernerkennung mit Jupyter-Notebooks

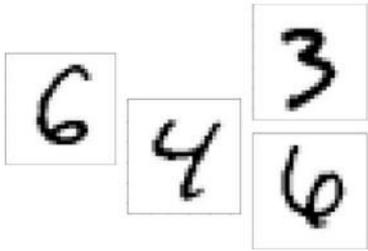
File Edit View Run Kernel Settings Help

Not Trust

JupyterLab Python (Pyodide)

1. Der MNIST-Datensatz

Der **MNIST** (Modified National Institute of Standards) Datensatz ist ein Datensatz mit 70.000 Bildern von handschriebenen Ziffern. Dieser Datensatz wird weltweit als Standarddatensatz genutzt, um zu prüfen wie gut Machine Learning Verfahren die Bildererkennung beherrschen. Darüber hinaus zeigt es ein Anwendungsbeispiel bei dem man mit herkömmlichen Programmiermet das aber mit Künstlichen Neuronalen Netzen sehr gut lösbar ist.



File Edit View Run Kernel Settings Kernel Not

Markdown

1.3. Festlegen der Parameter und Erstellen des KNN

```
[ ]:
# Anzahl der Neuronen in der Eingangsschicht, der verste
input_nodes = 784 # 28x28 Pixel-Bild als Input
hidden_nodes = 50
output_nodes = 10 # 10 Ziffern (0-9) als Output

# Lernrate
learning_rate = 0.1

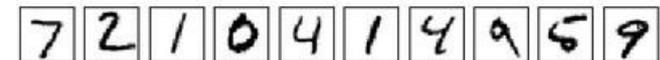
# Neuronales Netz erstellen
knn = neuralNetwork( input_nodes, hidden_nodes, output_no
```

```
5 0 4 1 9 2 1 3 1 4
3 5 3 6 1 7 2 8 6 9
4 0 9 1 1 2 4 3 2 7
3 8 6 9 0 5 6 0 7 6
1 8 7 9 3 9 8 5 9 3
3 0 7 4 9 8 0 9 4 1
4 4 6 0 4 5 6 1 0 0
1 7 1 6 3 0 2 1 1 7
8 0 2 6 7 8 3 9 0 4
6 7 4 6 8 0 7 8 3 1
```

Launcher x mnist_test_100.c x 10.2-ziffernerker x mnist_train_100 x +

Markdown Notebook Python (Pyodide)

```
[28]: # predictions anzeigen
for i in range(1):
    plot_list(test_data_lines[i*10:(i+1)*10])
    print( predict_list(test_data_lines[i*10:(i+1)*10]))
```



```
[7, 2, 1, 0, 4, 1, 4, 9, 2, 7]
```

1.9.1. Aufgabe 6

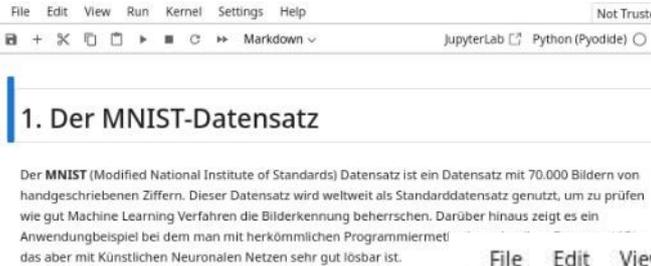
Teste, wie gut das KNN auf den unbekanntem Testdaten abschneidet. Stelle Vermutungen über die Grenzen unseres bisherigen Modells an.

Ergebnisse bitte hierher

inf-schule.de/5.1.3.6.10



Ziffernerkennung mit Jupyter-Notebooks

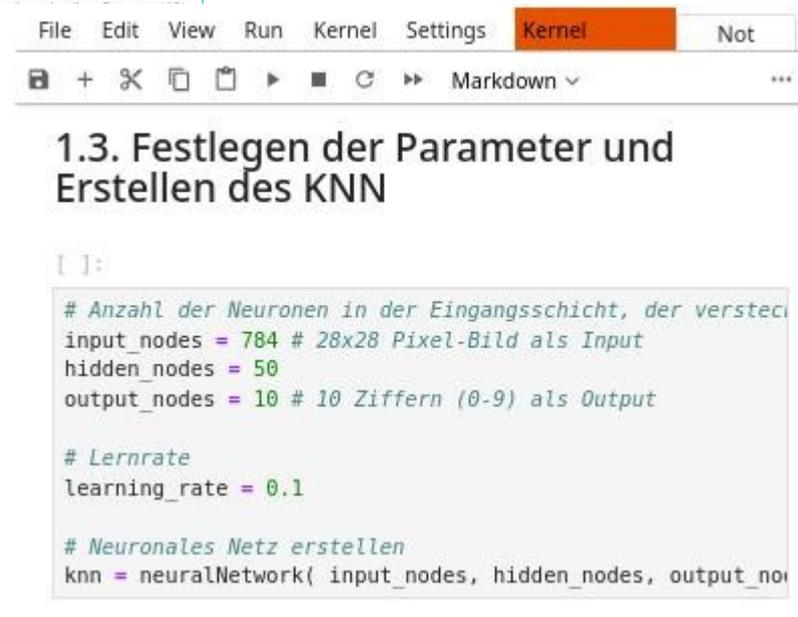
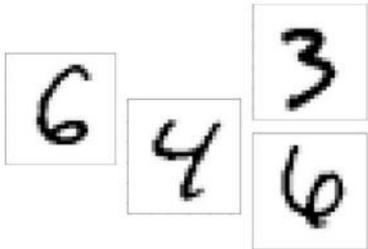


File Edit View Run Kernel Settings Help Not Trusted

Markdown Python (Pyodide)

1. Der MNIST-Datensatz

Der **MNIST** (Modified National Institute of Standards) Datensatz ist ein Datensatz mit 70.000 Bildern von handschriebenen Ziffern. Dieser Datensatz wird weltweit als Standarddatensatz genutzt, um zu prüfen wie gut Machine Learning Verfahren die Bilderkennung beherrschen. Darüber hinaus zeigt es ein Anwendungsbeispiel bei dem man mit herkömmlichen Programmiermetoden das aber mit Künstlichen Neuronalen Netzen sehr gut lösbar ist.



File Edit View Run Kernel Settings Kernel Not

1.3. Festlegen der Parameter und Erstellen des KNN

```
[ ]:
```

```
# Anzahl der Neuronen in der Eingangsschicht, der versteckten Schicht und der Ausgangsschicht
input_nodes = 784 # 28x28 Pixel-Bild als Input
hidden_nodes = 50
output_nodes = 10 # 10 Ziffern (0-9) als Output

# Lernrate
learning_rate = 0.1

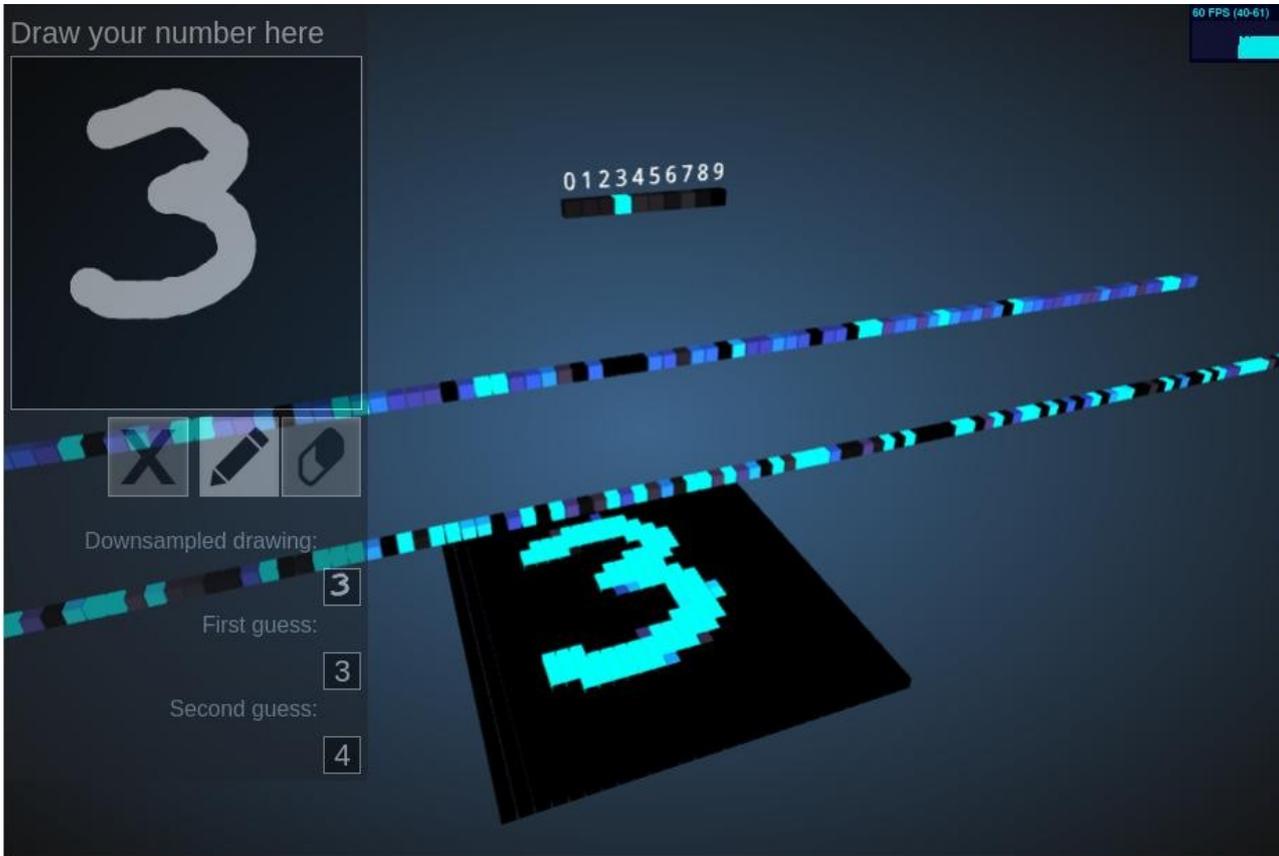
# Neuronales Netz erstellen
knn = neuralNetwork(input_nodes, hidden_nodes, output_nodes, learning_rate)
```

- ## Experimente zu
- Dimensionen des KNN
 - Lernrate
 - Overfitting

inf-schule.de/5.1.3.6.10



Visualisierung



inf-schule.de/5.1.3.6.10.3.2

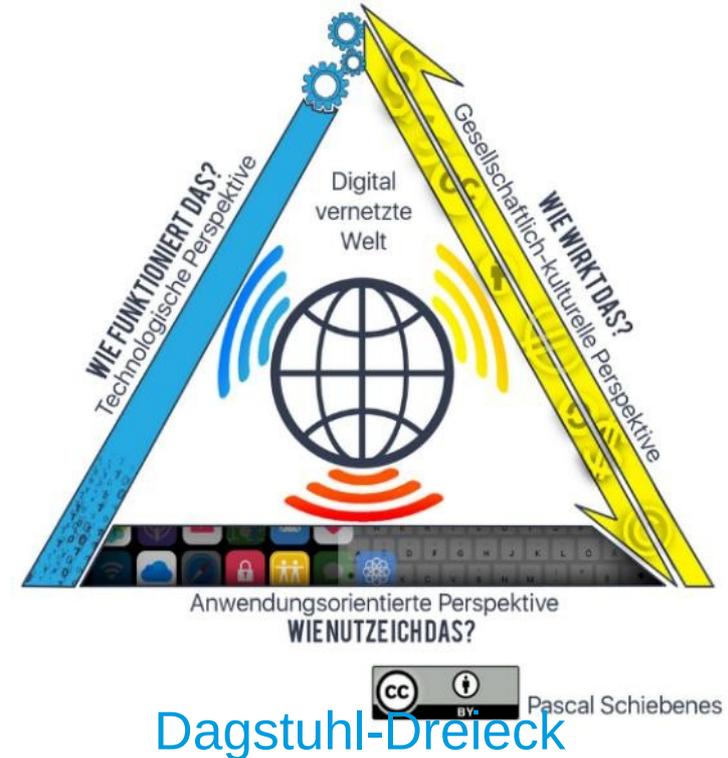


DeepLearning

- Perzeptron, Separationsgerade
- logische Gatter, Delta-Lernregel
- XOR-Problem, KNN
- künstl. Neuronen
- Forward- / Backward-Propagation
- MNIST-Datensatz, Ziffernerkennung
- Code from Scratch / Jupyter-Notebooks

DeepLearning

- Perzeptron, Seperationsgerade
- logische Gatter, Delta-Lernregel
- XOR-Problem, KNN
- künstl. Neuronen
- Forward- / Backward-Propagation
- MNIST-Datensatz, Ziffernerkennung
- Code from Scratch / Jupyter-Notebooks



Dagstuhl-Dreieck

CC BY Pascal Schiebenedes

Bild: Pascal Schiebenedes, CC BY, <https://bobblume.de/2019/10/02/digital-das-dagstuhl-dreieck-eine-grafische-aufbereitung-excitingedu/>

Ulla Diewald – Fortbildungen 2025

Ein nicht-technischer Einstieg in Algorithmen der "KI-Technologie"

Darmstadt

22.5.

DeepLearning mit Python und Jupyter-Notebooks

Darmstadt

23.5.

Python für Umsteiger:innen aus andern Programmiersprachen

Darmstadt

24.3.

Jupyter-Notebooks/Markdown mit Anwendungen Big-Data/Machine-Learning

Darmstadt

25.3.



<https://technologiefortbildung.hlft.hessen.de/fruehjahr-2025-1>

Vielen Dank!
Fragen?