Neuronale Netze: Deep Convolutional Neural Networks

Jens Ostertag | 6. Juli 2022

universität ulm

1. Computer lernen lassen

1. Computer lernen lassen
Allgemeines
Aufbau neuronaler Netze
Arten des maschinellen Lernens
Umgang mit neuronalen Netzen

2. Deep Convolutional Neural Networks

3. Praxisbeispiel

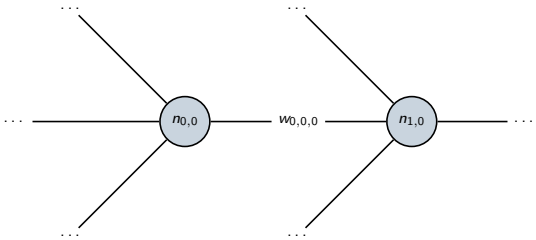
Allgemeines

Wo werden neuronale Netze angewendet?

- Straßenverkehr
- Medizinischer Bereich
- Industrie
- Soziale Netzwerke

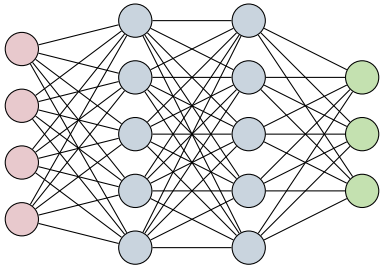
Aufbau neuronaler Netze

- Sehr stark an natürliche neuronale Netze angelehnt
  - Neuronen mit Synapsen verbunden
  - Synapsengewicht regelt Stromfluss zwischen zwei Neuronen



Aufbau neuronaler Netze

- Ausgaben von Neuronen und Synapsengewichte werden als Zahl betrachtet $\rightarrow$ Berechenbarkeit
- Einteilung der Neuronen in unterschiedliche Schichten
  - Input Layer
  - Hidden Layer
  - Output Layer



Aufbau neuronaler Netze

Berechnung der Ausgabe

$$o_{i,j} = \varphi\left(\sum_{k=0}^{|n_{i-1}|-1} o_{i-1,k} * w_{i-1,k,j}\right)$$

- $n_{i,j}$: Neuron in der Schicht i an der Stelle j
- $o_{i,j}$: Ausgabe des Neurons $n_{i,j}$
- φ: Differenzierbare Aktivierungsfunktion
- $|n_i|$: Anzahl der Neuronen in der Schicht i
- $w_{i,k,j}$: Synapsengewicht zwischen den Neuronen $n_{i,k}$ und $n_{i+1,j}$

Arten des maschinellen Lernens

- Überwachtes Lernen
  - Lernen mit einem vorgegebenen Datensatz
  - Erkennen von Eigenschaften der Daten
  - z.B. zur Klassifikation von Daten
- Unüberwachtes Lernen
  - Erkennen von Ähnlichkeiten in einer Datenmenge
  - z.B. zur Gruppierung von Daten
- Bestärktes Lernen
  - Lernen mit einem Belohnungssystem
  - z.B. zur Durchführung von Aufgaben

Umgang mit neuronalen Netzen

Hier am Beispiel des überwachten Lernens

- Vorbereiten eines Trainingsdatensatzes
  - Beispieldaten werden händisch klassifiziert
  - Evtl. einheitliche Bearbeitung von Daten
  - Erstellen eines Testdatensatzes zur Auswertung
- Trainieren
  - Trainieren mit unterschiedlichen Algorithmen
- Auswertung und Anwendung
  - Auswertung mithilfe des Testdatensatzes
  - Exportieren der Netzstruktur und der Gewichte
  - Importieren in Anwendung

2. Deep Convolutional Neural Networks

1. Computer lernen lassen

2. **Deep Convolutional Neural Networks**
   - Abwandlung neuronaler Netze
   - Convolution / Cross Correlation im eindimensionalen Raum
   - Padding
   - Convolution / Cross Correlation im zweidimensionalen Raum
   - Convolutional Layer
   - Subsampling
   - Aufbau eines Convolutional Neural Networks

3. Praxisbeispiel

Abwandlung neuronaler Netze

- Anwendung zur Bilderkennung

- Warum werden Convolutional Neural Networks benötigt?
  - Zu lange Trainingsdauer
  - Art und Weise der Erkennung eines Objekts
    - Zwei Pixel-Paare sind gleich relevant, unabhängig von Entfernung

  $\Rightarrow$ Risiko des **Overfittings**

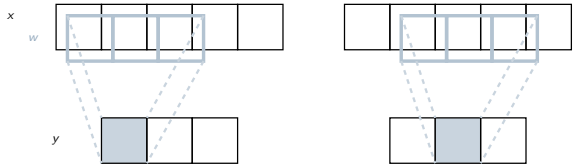
- Vorteile:
  - Viel bessere Genauigkeit
    - Lernvorgänge noch ähnlicher zu denen des Menschen
  - Schnelleres Training
    - Weniger anzupassende Gewichte

Convolution / Cross Correlation im eindimensionalen Raum

Berechnung der Cross Correlation

$$y_i = \sum_{k=0}^{|w|-1} x_{i+k} * w_k$$

- y_i: Ausgabe an der Stelle i
- x_i: Eingabe an der Stelle i
- w_i: Wert des Kernels an der Stelle i

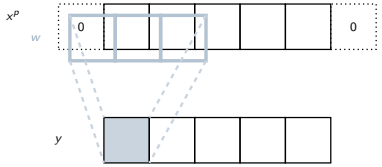


Padding

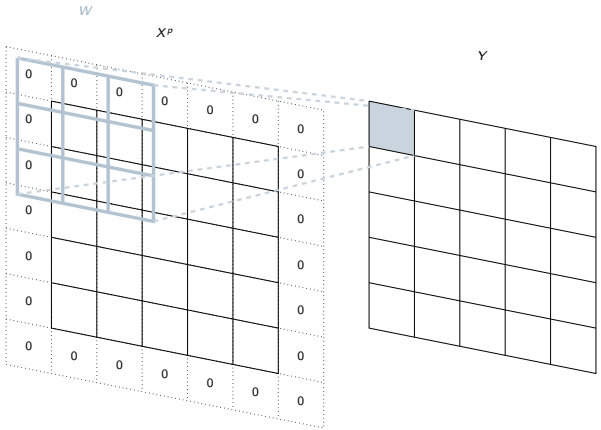
Problem: Ausgabe wird kleiner als Eingabe

$\Rightarrow$ Detailverlust

Lösung: Eingabe mit Nullen erweitern



Convolution / Cross Correlation im zweidimensionalen Raum

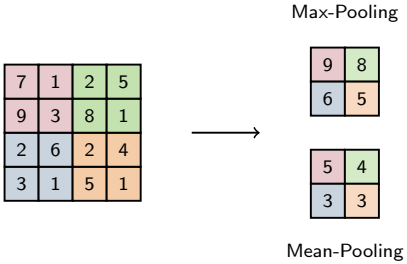


Convolutional Layer

- Mehrere Eingabechannel (zum Beispiel unterschiedliche Farbkanäle)
- Mehrere Ausgabechannel
- Jeder Eingabechannel hat Einfluss auf jeden Ausgabechannel
  $\Rightarrow$ Mehrere Kernel pro Convolutional Layer
- Ausgabe eines Convolutional Layer: Feature Map
  - Allgemeine Eigenschaften in höheren Schichten
  - Komplexere Eigenschaften in tieferen Schichten

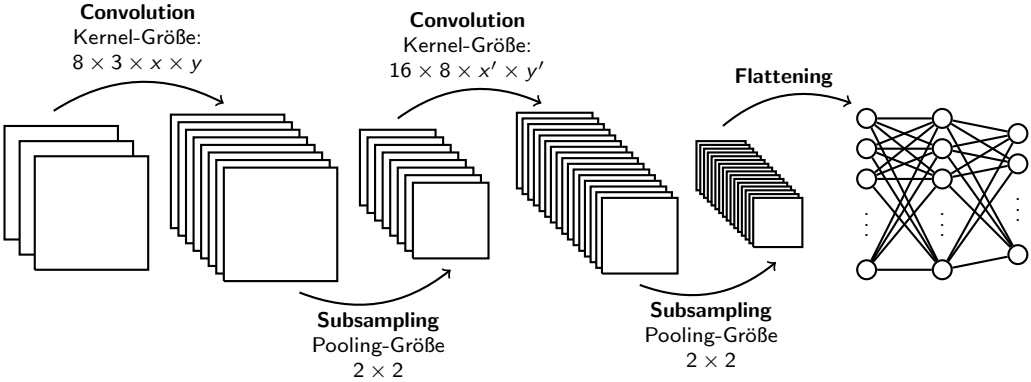
Subsampling

- Verringerung der Eigenschaften durch Pooling-Operationen
- Schnellerer Trainingsvorgang, nur geringer Leistungsverlust



- Keine anzupassenden Gewichte

Aufbau eines Convolutional Neural Networks



3. Praxisbeispiel

1. Computer lernen lassen

2. Deep Convolutional Neural Networks

3. **Praxisbeispiel**
   Ziffernerkennung

Ziffernerkennung

MNIST-Datensatz

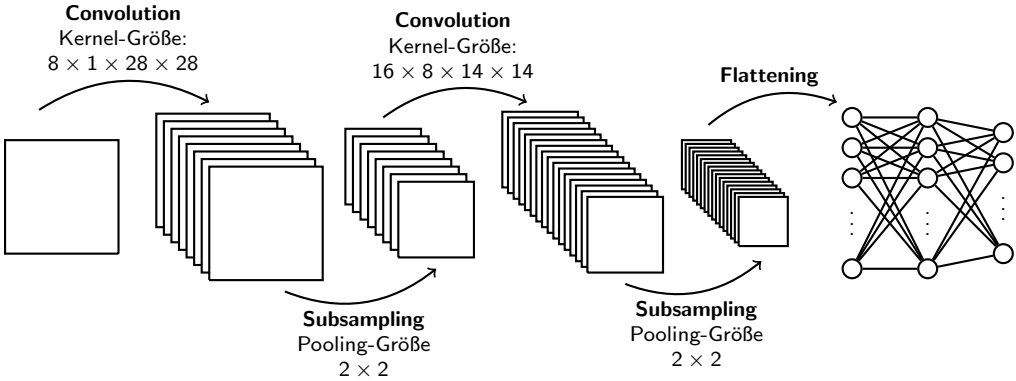
- Handgeschriebene Ziffern von 0 bis 9
- Schwarz-Weiß-Bilder der Größe 28×28

TensorFlow

- ML-Framework von Google
- Viele Architekturen neuronaler Netze
  - Allgemeine Datenverarbeitung
  - Bilderkennung
  - Texterkennung
  - Audioerkennung
  - Verstärktes Lernen
- Großer Komfort
  - Einfaches, aber genaues Training
  - GPU-Berechnungen

Ziffernerkennung

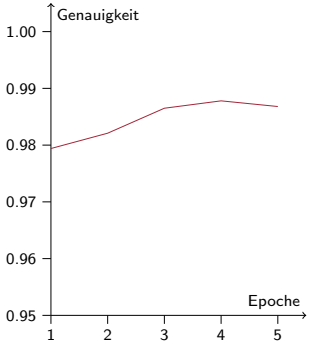
Aufbau des Netzes:



Ziffernerkennung

Ergebnisse:

- Erreichte Genauigkeit: 98.68% (nach fünf Epochen)



- Geringer Unterschied zu vollständig verbundenem Netz (97.5%)

Literaturverzeichnis

- Robert Callan: *Neuronale Netze im Klartext*. Pearson Studium, 1. Auflage, 2003.
- Sebastian Raschka und Vahid Mirjalili: *Python Machine Learning*. 3. Auflage, 2015. Kapitel 1 und Kapitel 15.
- Manfred Spitzer: *The Mind Within the Net: Models of Learning, Thinking and Acting*, Seite 21. MIT Press, 2. Auflage, 1999. Verweis von Wikipedia / Synapsengewicht.

- Recherche im Rahmen der Programmierung eines CNN's

- LaTeX-Template: SoftVarE-Group - Slide Template / GitHub