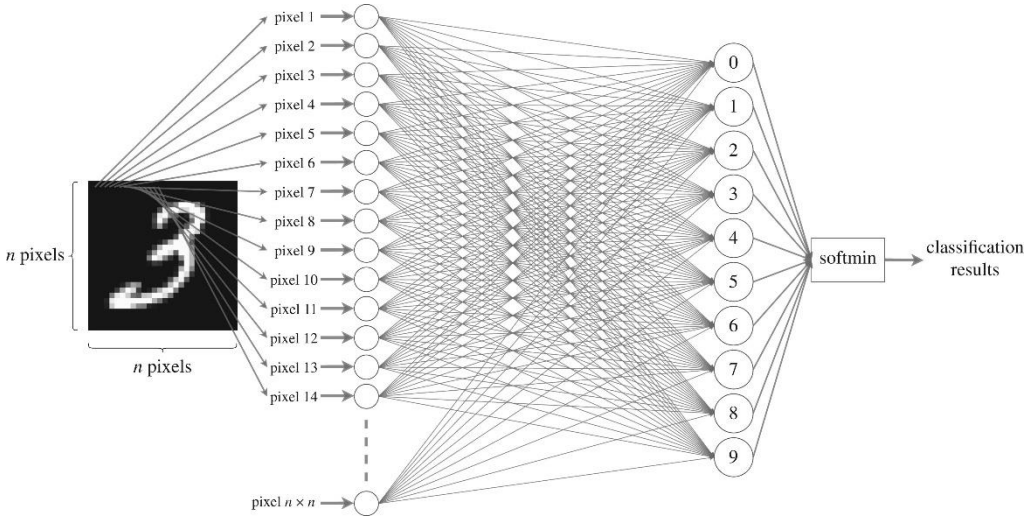
Praktikum Neuronale Netze in der Bildverarbeitung

# Protokoll

## Klassifizierung handgeschriebener Ziffern




Quelle: https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2019.0163

**Datum:**

| Name | Matrikelnr. | Punkte Protokoll |
|---|---|---|
| **Dustin Hanusch** | **4844370** | **/20** |

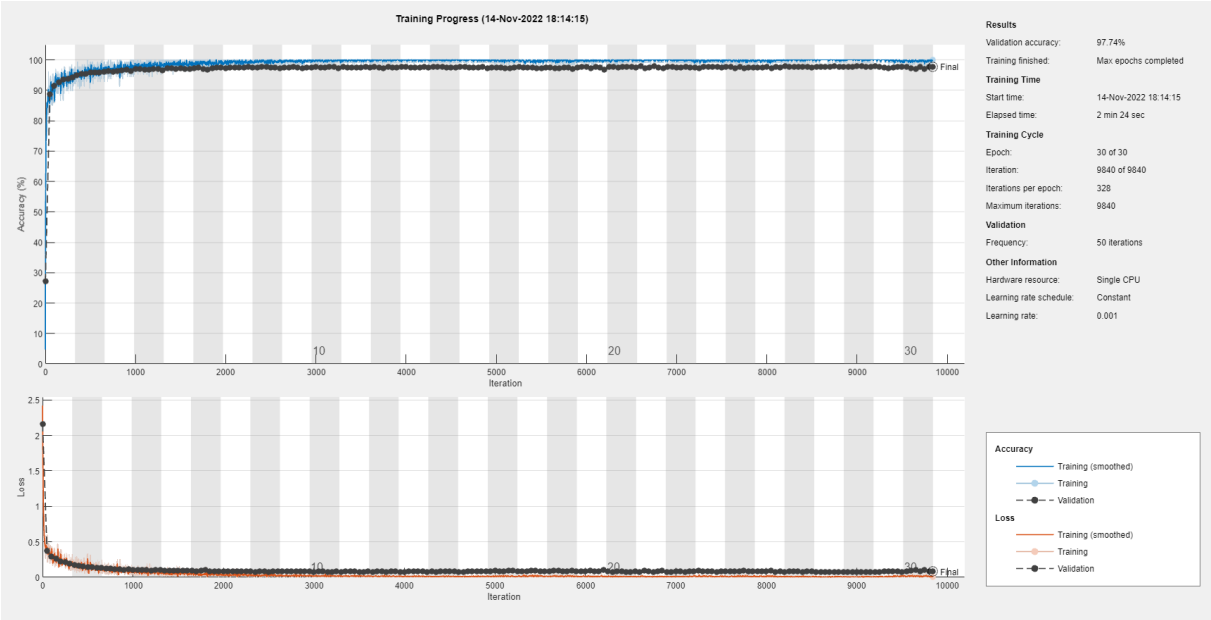
Stand: Dezember 2022

## *Aufgabe 1: Training eines Neuronalen Netzes zur Ziffernklassifizierung*

Entnehmen Sie der Versuchsanleitung die zur Lösung der Aufgabe notwendigen Schritte 1 (Laden des Trainings- und Validierungsdatensatzes) und 2 (Erstellung einer geeigneten Netzarchitektur).
Stellen Sie für beide Trainingsvorgänge (automatisierte und benutzerdefinierte Trainingsschleife) die Trainingskurven $\mathbf{loss} = \boldsymbol{f}(\mathbf{iteration})$ und $\mathbf{accuracy} = \boldsymbol{f}(\mathbf{iteration})$ in einem Diagramm dar.

Diagramm (5P):

### *1.1 Automatisiertes Training*




### *1.2 Benutzerdefiniertes Training*

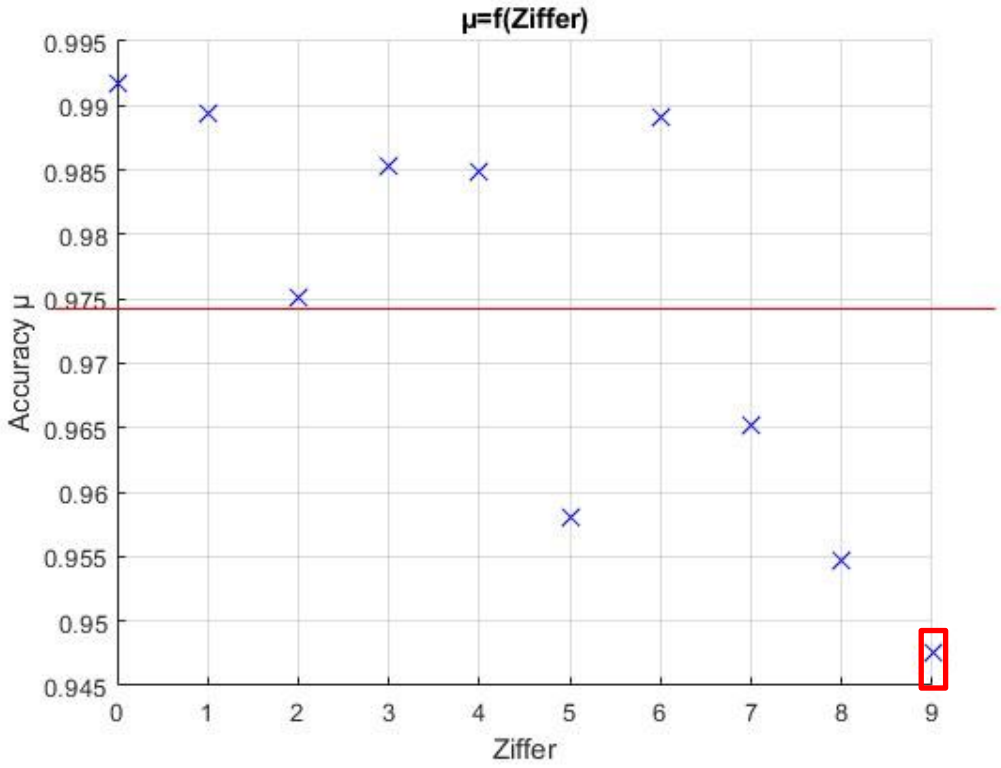

Beschreibung (1P):

**Verwenden Sie für alle nachfolgenden Aufgaben die benutzerdefinierte Trainingsschleife!**

## *Aufgabe 2: Klassifizierungsgenauigkeit in Abhängigkeit der eingelesenen Ziffer*

Sortieren Sie hierfür die Testdaten nach den jeweiligen Ziffern und ermitteln Sie für jede Ziffer die mittlere Klassifizierungsgenauigkeit über den Mittelwert. Stellen Sie das Ergebnis in einem Diagramm $\boldsymbol{\mu = f(\mathbf{Ziffer})}$ dar. Welche Ziffer kann am besten erkannt werden? Markieren Sie diese im Diagramm!

Diagramm (3P):




Beschreibung (1P):

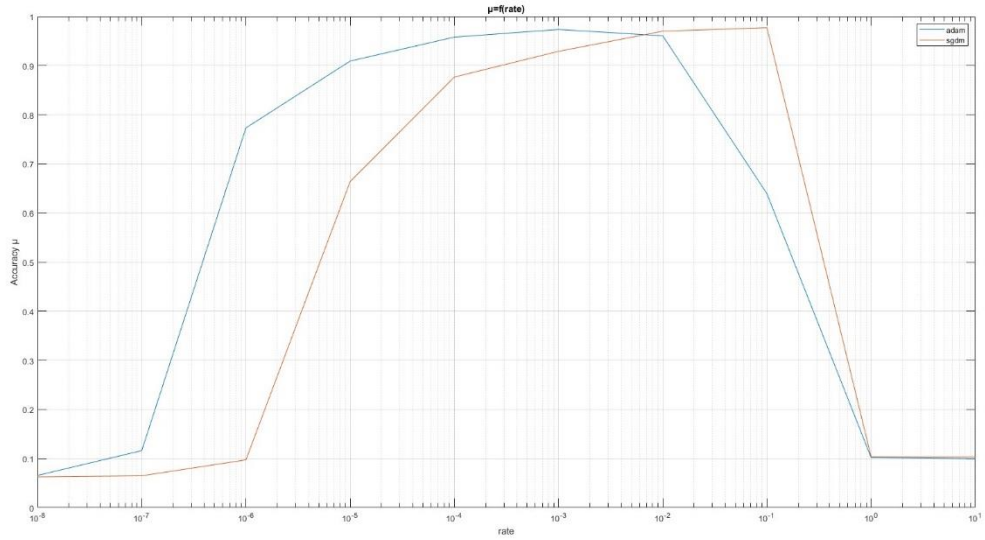
Im Diagramm wird die mittlere Genauigkeit der einzelnen Ziffern dargestellt, welche durch das Auswerten von Testdaten durch das Neuronale Netz errechnet worden ist.

Die Neun wird in diesem Fall mit einer mittleren Genauigkeit von ca. 94,8 % am schlechtesten erkannt. Die Genauigkeit aller Ziffern im Mittel beträgt ca. 97,4%, wobei die Null mit 99,2% am besten erkannt wird.

## *Aufgabe 3: Klassifizierungsgenauigkeit in Abhängigkeit von Lernrate und Optimierungssalgorithmus*

Vergleichen Sie nun die beiden Optimierer *adam* und *sgdm* mit mindestens 6 verschiedenen *learning rates* zwischen $10^{-6}$ und $10^{-1}$. Stellen Sie die erreichte mittlere Klassifizierungsgenauigkeit in Abhängigkeit von der *learning rate* $\boldsymbol{\mu = f(\mathrm{rate})}$ dar und verwenden Sie für die *learning rate* eine logarithmische Achse.

Diagramm (4P):




Beschreibung (1P):

Im Diagramm wurden auf der X-Achse die getesteten learning rastes

[$10^{-8}$ $10^{-7}$ $10^{-6}$ $10^{-5}$ $10^{-4}$ $10^{-3}$ $10^{-2}$ $10^{-1}$ $10^{0}$ $10^{1}$]

abgetragen und die mittlere Genauigkeit auf der Y-Achse.

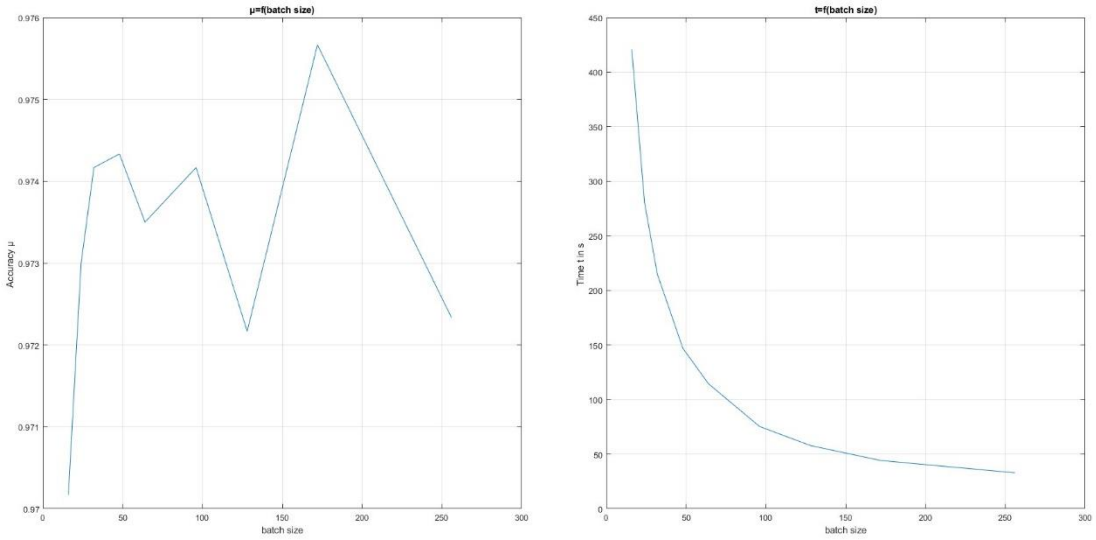
Die bei diesem Versuch verwendetet Batch Size beträgt 64 und die Epochenanzahl ist 10.

Bei diesen Einstellungen erreicht der adam Solver die beste Präzision von 97,4% bei einer Learning rate von $10^{-3}$.Der sgdm Solver hingegen erreicht hierbei mit 97,7% eine geringfügig höhere Genauigkeit bei einer learning rate von $10^{-1}$.

## *Aufgabe 4: Klassifizierungsgenauigkeit und Trainingszeit in Abhängigkeit der Größe des Mini-Batch*

Testen Sie mindestens 5 verschiedene Größen des Mini-Batch zwischen 16 und 256. Nutzen Sie den solver *adam*. Wählen Sie aus der vorherigen Aufgabe eine *learning rate* aus, bei der der Trainingsprozess zu einer hohen Klassifizierungsgenauigkeit konvergiert. Stellen Sie die mittlere Klassifizierungsgenauigkeit und die benötigte Trainingszeit in Abhängigkeit von der Größe des Mini-Batches dar*:* $\boldsymbol{\mu = f(\text{batch size})}$ und $\boldsymbol{t = f(\text{batch size})}$**.**

Diagramme (3P):




Beschreibung (1P):

Die verwendeten Hyperparameter sind: Batch Size = [16 24 32 48 64 96 128 172 256]

Learning rate = $10^{-3}$

Epochenanzahl = 10

In dem rechten Diagramm ist die Batch Size gegenüber der benötigten Lernzeit abgetragen. Zu erkenn ist dabei das die Zeit mit geringer Batchsize exponentiell steigt.

Das linke Diagramm stellt zum rechten passenden die Accuracy zu den verschiedenen Größen der Batches dar. Die höchste Genauigkeit mit 97,6% erreicht die Batch Size von 172.

## *Aufgabe 5: Diskussion (1P)*

Leiten Sie aus den Trainingsergebnissen Zusammenhänge zwischen den untersuchten Hyperparametern und der Trainingszeit, sowie der erreichten Klassifizierungsgenauigkeit ab. Formulieren Sie hierfür eine kurze Diskussion (Stichpunkte erlaubt):

- Eine kleine Lernrate sorgt prinzipielll führ eine höhere Genauigkeit, jedoch konvergiert der Prozess langsamer, was bei zu niedriger Epochenanzahl ebenso für ein schlechtes Ergebnis sorgt.
- Die Epochenanzahl und die Lernrate müssen aufeinander abgestimmt sein, um ein gutes Resultat zu erreichen
- die Trainingszeit steigt exponentiell bei fallender Batch Size
- die Klassifizierungsgenauigkeit steigt in derer Regel bei kleinerer Batch Size, jedoch sind die Abweichungen in mittleren Bereich eher gering
- Somit sollte eine möglichst so große Batch Size gewählt werden, das das Ergebnis nicht signifikant verschlechtert wird
- So wird eine hohe Genauigkeit bei  kleiner Trainingszeit erreicht
- Steigt die Epochenzahl so wird sowohl Klassifizierungsgenauigkeit als auch Trainingszeit größer
- Es ist wichtig das die Lernrate bei großen Epochenzahlen verringert wird um ein bessere Genauigkeit zu erreichen
- Der Einfluss der PC-Hardware ist ebenfalls Signifikant. Ein schneller Prozessor, aber besonders eine performante Grafikkarte reduzieren die Lernzeit erheblich.