



**HOCHSCHULE KONSTANZ** TECHNIK, WIRTSCHAFT UND GESTALTUNG  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Methoden des Deep Learning im Bereich Convolutional Neural Networks

Matthias Hermann

Konstanz, 30.09.2015

## MASTERARBEIT

# MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

**Master of Science (M. Sc.)**

an der

**Hochschule Konstanz**

Technik, Wirtschaft und Gestaltung

**Fakultät Informatik**

Studiengang Master of Science, Informatik

Thema: **Methoden des Deep Learning im Bereich Convolutional Neural Networks**

Masterkandidat: Matthias Hermann, Zimmererweg 3, 78467 Konstanz

1. Prüfer: Prof. Dr. Matthias O. Franz  
2. Prüfer: Martin Schall

Ausgabedatum: 01.04.2015  
Abgabedatum: 30.09.2015

## Abstract

Thema: Methoden des Deep Learning im Bereich Convolutional Neural Networks

Masterkandidat: Matthias Hermann

Firma: HTWG Konstanz

Betreuer: Prof. Dr. Matthias O. Franz  
Martin Schall

Abgabedatum: 30.09.2015

Schlagworte: Machine Learning, Deep Learning, Convolutional Neural Network, Backpropagation, Gradient Descent, Regularization, MNIST, CIFAR10

## Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich *Matthias Hermann*, geboren am *04.12.1988* in *Wangen im Allgäu*, dass ich

- (1) meine Masterarbeit mit dem Titel

### **Methoden des Deep Learning im Bereich Convolutional Neural Networks**

bei der HTWG Konstanz unter Anleitung von Prof. Dr. Matthias O. Franz selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine anderen als die angeführten Hilfen benutzt habe;

- (2) die Übernahme wörtlicher Zitate, von Tabellen, Zeichnungen, Bildern und Programmen aus der Literatur oder anderen Quellen (Internet) sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Konstanz, 30.09.2015

---

(Unterschrift)

## Danksagung

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract</b>	<b>II</b>
<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>III</b>
<b>Danksagung</b>	<b>IV</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Deep Learning . . . . .	2
1.2 Ziel der Arbeit . . . . .	3
1.3 Kapitelübersicht . . . . .	4
<b>2 Neuronale Netze</b>	<b>5</b>
2.1 Perzeptron und Mehrschichten Perzeptron . . . . .	5
2.2 Relevante Aktivierungsfunktionen . . . . .	5
2.3 Ein- und Ausgabeschicht . . . . .	5
2.4 Backpropagation-Algorithmus . . . . .	5
2.5 Coonvolutional Neural Networks . . . . .	6
2.5.1 Local Receptive Fields . . . . .	6
2.5.2 Convolution Layer . . . . .	6
2.5.3 Subsampling . . . . .	6
<b>3 Spezielle Methoden im Deep Learning</b>	<b>7</b>
3.1 Vorverarbeitung . . . . .	7
3.2 Initialisierung . . . . .	7
3.3 Relevante Fehlerfunktionen . . . . .	7
3.4 Gradientenabstieg . . . . .	7
3.4.1 Optimierungen . . . . .	7
3.4.2 Optimierungen zweiter Ordnung . . . . .	7
3.5 Regularisierung und Generalisierung . . . . .	8
3.5.1 A-priori Annahmen . . . . .	8
3.5.2 Model Restriktionen . . . . .	8
3.5.3 Korrumpierung der Eingabe . . . . .	8

3.5.4	Lokale Kontrastnormalisierung . . . . .	8
3.6	Unüberwachtes Training . . . . .	8
3.7	Visualisierungsmethoden . . . . .	9
3.7.1	Primitiv . . . . .	9
3.7.2	Rücktransformation . . . . .	9
3.7.3	Erweitert . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Implementierung</b>	<b>10</b>
4.1	Architektur . . . . .	10
4.2	Features . . . . .	10
4.2.1	Training . . . . .	10
4.2.2	Visualisierung . . . . .	10
4.2.3	Unüberwachtes Lernen . . . . .	10
4.3	Implementierungsdetails . . . . .	10
4.3.1	Vereinfachungen . . . . .	10
4.3.2	Vektorisierung . . . . .	10
4.3.3	Effiziente 2D-Convolution . . . . .	10
4.3.4	Parallelisierung . . . . .	10
4.3.5	Debugging . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Experiment</b>	<b>11</b>
5.1	Training . . . . .	11
5.2	Visualisierung . . . . .	11
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>12</b>
6.1	Ergebnisse . . . . .	12
6.2	Ausblick . . . . .	12
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>19</b>