

Machine Learning mit TensorFlow und deren Nutzung in den Geowissenschaften

S. Knispel

Institute of Geophysics, University of Hamburg
Wave Inversion Technology (WIT)



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG





Motivation

Machine Learning - kurze Einführung

Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



Motivation

Machine Learning - kurze Einführung

Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



Warum Machine Learning?

“If a typical person can do a mental task with less than one second of thought, we can probably automate it using AI either now or in the near future.” - Andrew Ng (2016)

“It is safe to go already with a minute instead of a second.” - Ingo Miersw (2017)

“The use cases for using Convolution Neural Networks are really only limited by your imagination.” - Ahmet Taspinar



Motivation

Machine Learning - kurze Einführung

Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

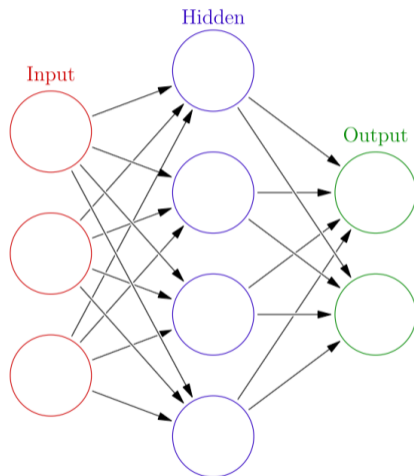
Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



- ▶ Ein Bereich der künstlichen Intelligenz
- ▶ Maschine lernt mit statistischen Techniken, ohne explizite Programmierung
- ▶ Supervised und Unsupervised Learning
- ▶ Neuronale Netze bestehen aus Neuronen, angeordnet in mehreren Schichten (Deep Learning)

Beispiel: Neuronales Netzwerk (2-Schichten)



Quelle: *A very brief overview of deep learning*, Maarten Grachten



- ▶ Regression zur Anpassung eines Modells an Daten in einem höherdimensionalen Raum

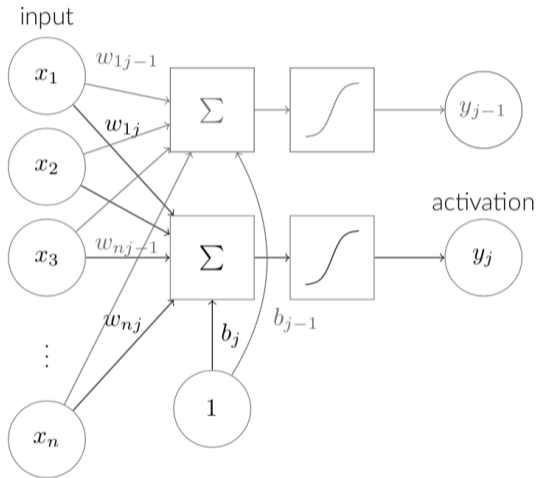
$$y = f(w^T x + b)$$

- ▶ Typischerweise nicht-lineare Beziehungen
- ▶ Daher Aktivierung durch nicht-lineare Funktion (ReLU, sigmoid, tanh)
- ▶ Training durch Backpropagation an Trainingsdaten



- ▶ Mit Daten D , definiere eine Verlust-Funktion zwischen Ziel und aktueller Ausgabe: $\mathcal{L}_D(\theta)$, zum Beispiel Cross-Entropy
- ▶ Nutze Gradientenverfahren zur Anpassung der Gewichte θ und der Bias
- ▶ Passe $\omega \in \theta$ an durch Subtraktion von $\alpha \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \omega}$ (α : Lernrate)
- ▶ Wiederholen bis Kriterium zum Stoppen erreicht ist

Beispiel: Neuronales Netzwerk



Quelle: *A very brief overview of deep learning*, Maarten Grachten

Wofür werden diese angewendet?



- ▶ Klassifikationen, Regressionsprobleme
- ▶ Gesichtserkennung, Musik (Rauschunterdrückung etc.)
- ▶ Objekterkennung, Spracherkennung, automatische Übersetzung
- ▶ Auch für die Google Suche (mit Benutzung von TensorFlow)



Motivation

Machine Learning - kurze Einführung

Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



- ▶ Interface, um Machine Learning Algorithmen auszudrücken
- ▶ Auf einer Vielzahl von heterogenen Systemen mit starker Skalierung
- ▶ Seit 2015 Open-Source
- ▶ Vom Google Brain Team
- ▶ Für Forschung und Produktion

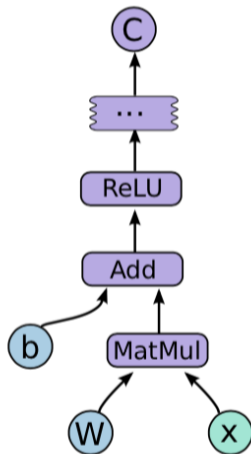


```
import tensorflow as tf

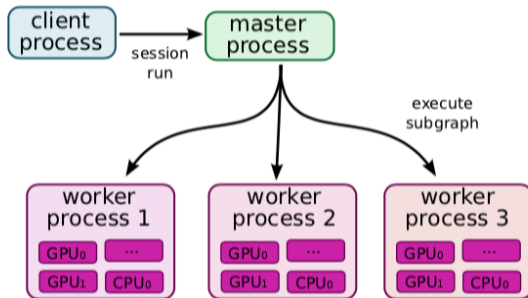
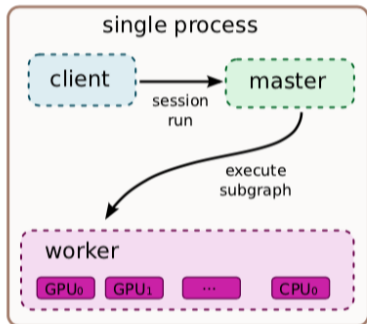
b = tf.Variable(tf.zeros([100])) # 100-d vector, init to zeroes
W = tf.Variable(tf.random_uniform([784,100],-1,1)) # 784x100 matrix w/rnd vals
x = tf.placeholder(name="x") # Placeholder for input
relu = tf.nn.relu(tf.matmul(W, x) + b) # Relu(Wx+b)
C = [...] # Cost computed as a function # of Relu

s = tf.Session()
for step in xrange(0, 10):
    input = ...construct 100-D input array ... # Create 100-d vector for input
    result = s.run(C, feed_dict={x: input}) # Fetch cost, feeding x=input
    print step, result
```

Quelle: *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning, Abadi et al., 2015*

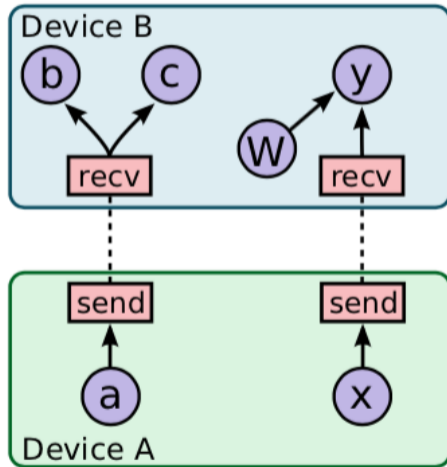
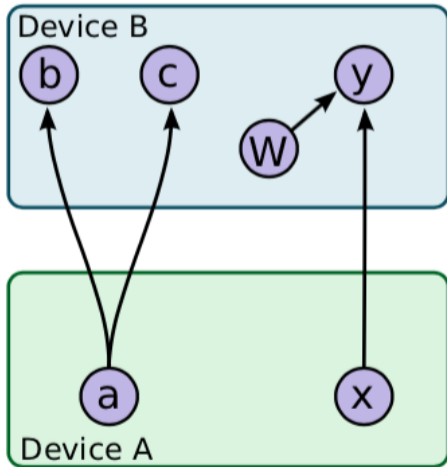


Quelle: *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning*, Abadi et al., 2015

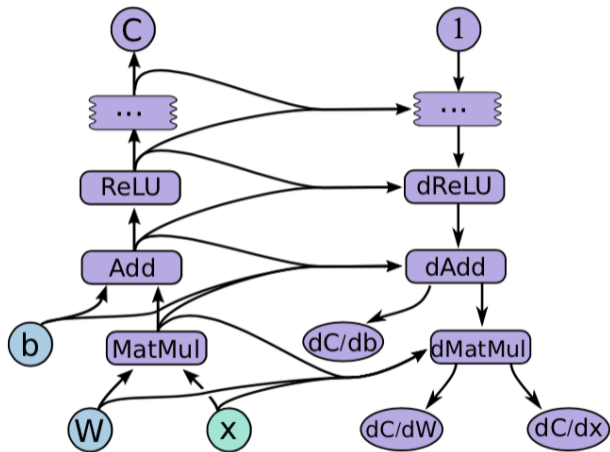


Quelle: *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning*, Abadi et al., 2015

Sende-/Empfangs-Knoten

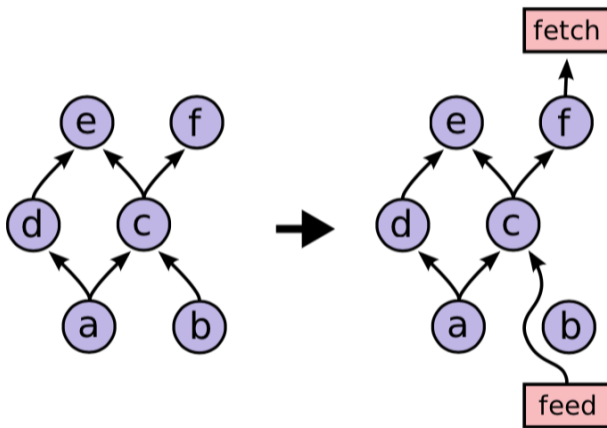


Inversion für Gradientenberechnung



Quelle: *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning, Abadi et al., 2015*

Teilweise Ausführung eines Graphen



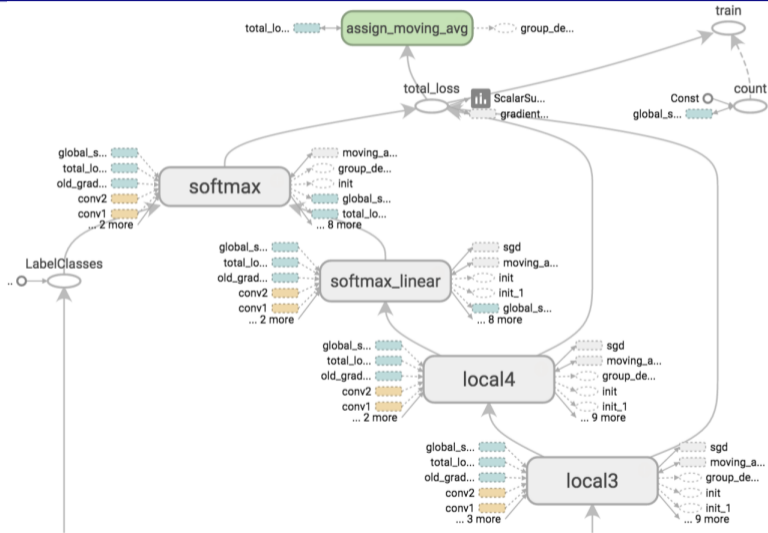
Quelle: *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning*, Abadi et al., 2015



Vom Google Brain Team:

- ▶ Nutze Tools, um die genaue Anzahl der Parameter im Graph zu sehen.
- ▶ Fange mit einem kleinen Netzwerk an und vergrößere es.
- ▶ Gehe sicher, dass die Verlust-Funktion passt. (Lernrate auf null setzen)
- ▶ Teste zuerst mit lokaler Implementierung.
- ▶ Betrachte numerische Fehler genauer und deren Auswirkung.

Beispiel Tensorboard-Visualisierung





Motivation

Machine Learning - kurze Einführung

Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



- ▶ Aktuelle gesellschaftliche Probleme oft geophysikalischer Natur (Klimawandel, Luftverschmutzung, Ressourcennutzung)
- ▶ Immer größere Datenmengen durch bessere Technik
- ▶ Dadurch wird Machine Learning attraktiver
- ▶ Daten jedoch durch physikalische Gesetze und bedingte Zusammenhänge sehr komplex
- ▶ Dadurch andere Herausforderungen an typische Machine Learning Algorithmen
- ▶ Daten durch Beobachtung (Messungen) oder Simulation (Theorie)



- ▶ Amorphe Ränder
- ▶ Raum-zeitlich zusammenhängende Strukturen
- ▶ Hohe Dimensionalität
- ▶ Heterogenität (in Ort und Zeit)
- ▶ Interessante Phänomene oft rar
- ▶ Unterschiedliche Auflösung der Daten
- ▶ Noise und inkomplette Daten
- ▶ Kleine Datensätze
- ▶ Mangel der Grundwahrheit



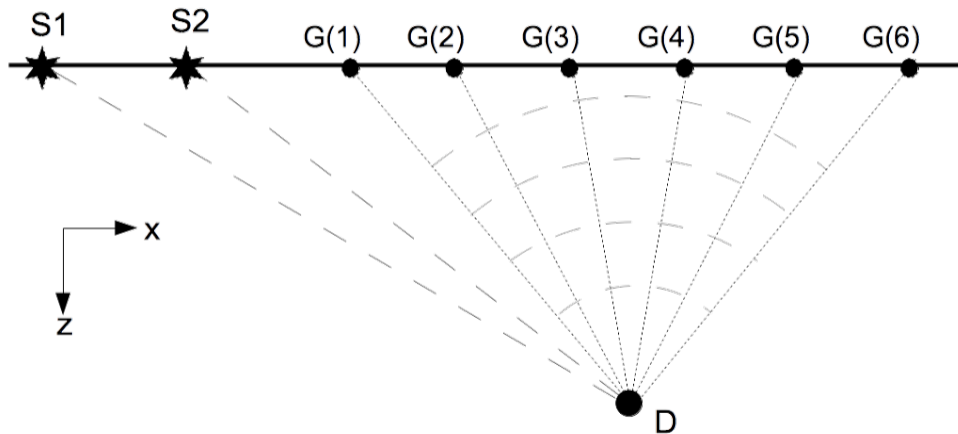
Motivation

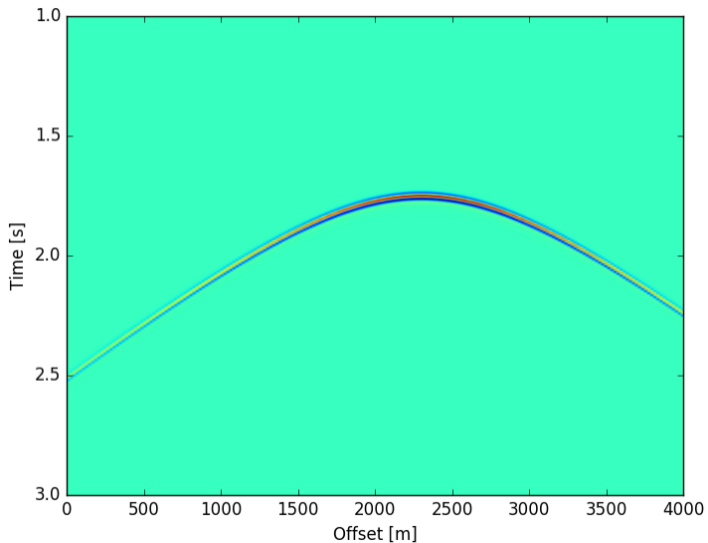
Machine Learning - kurze Einführung

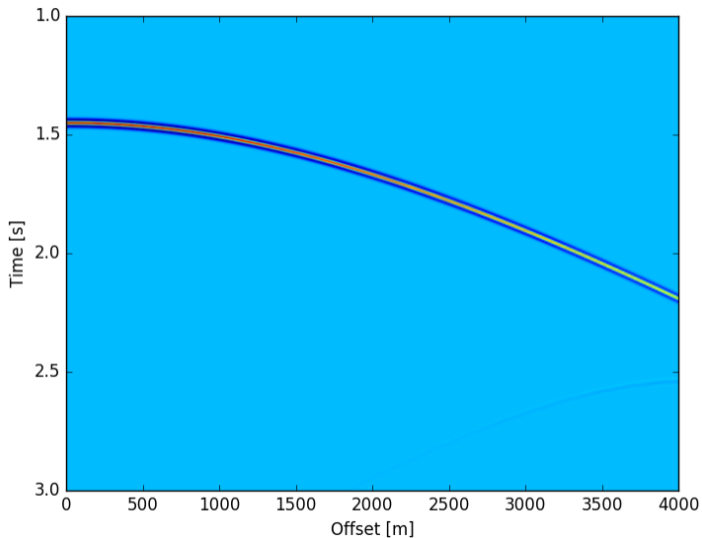
Tensorflow - Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems

Herausforderungen und Möglichkeiten bei der Anwendung in den Geowissenschaften

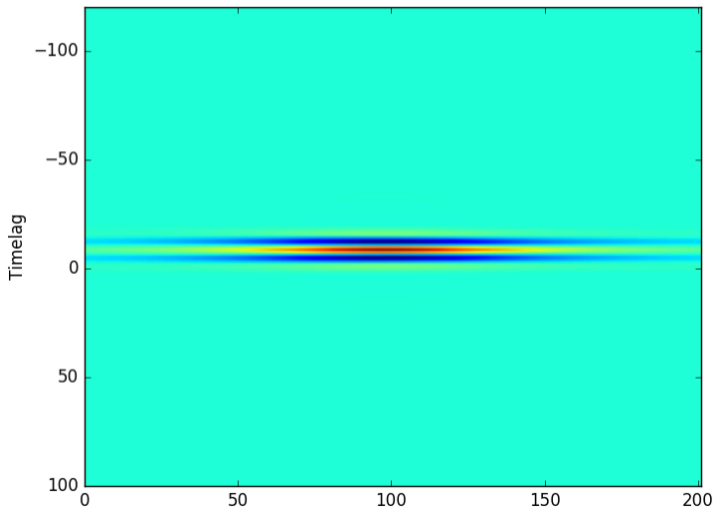
Beispielhafte Anwendung während meiner Masterarbeit



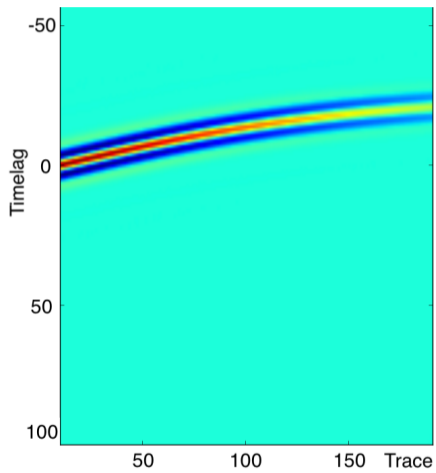




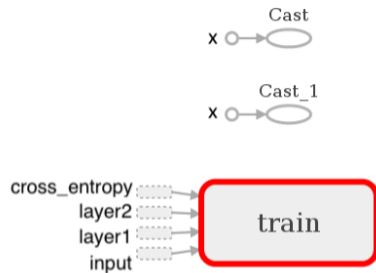
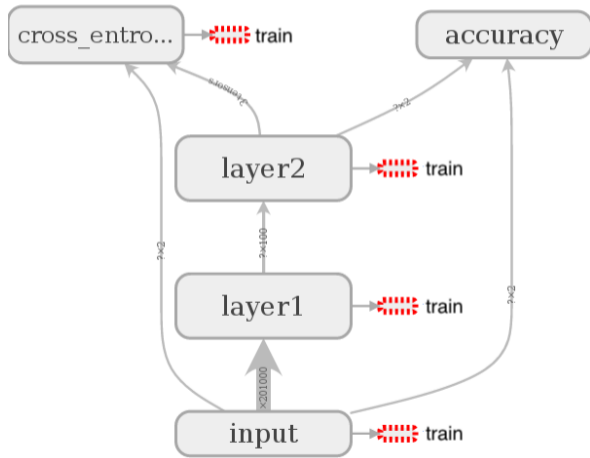
Kreuzkorrelation zweier Diffraktionen



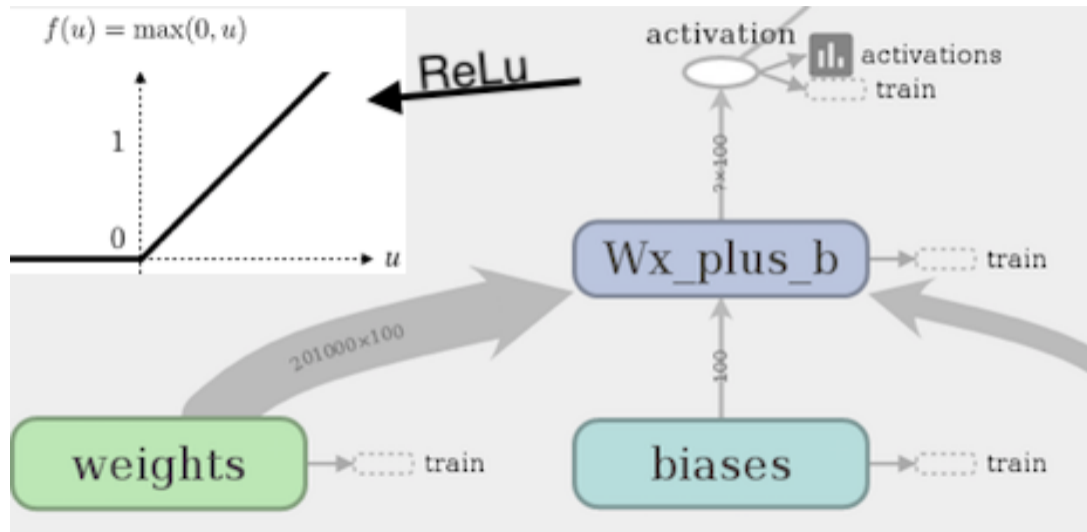
Kreuzkorrelation zweier Reflexionen



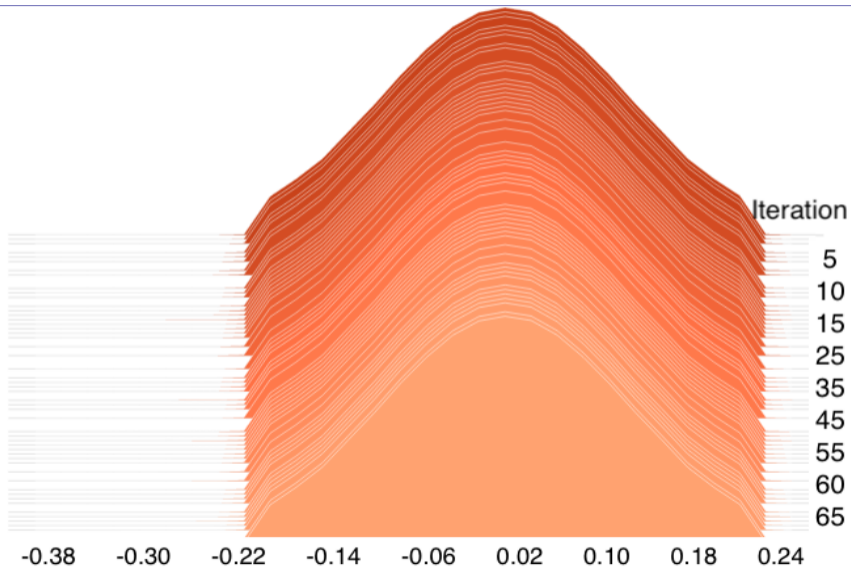
Graph visualisiert mit TensorBoard



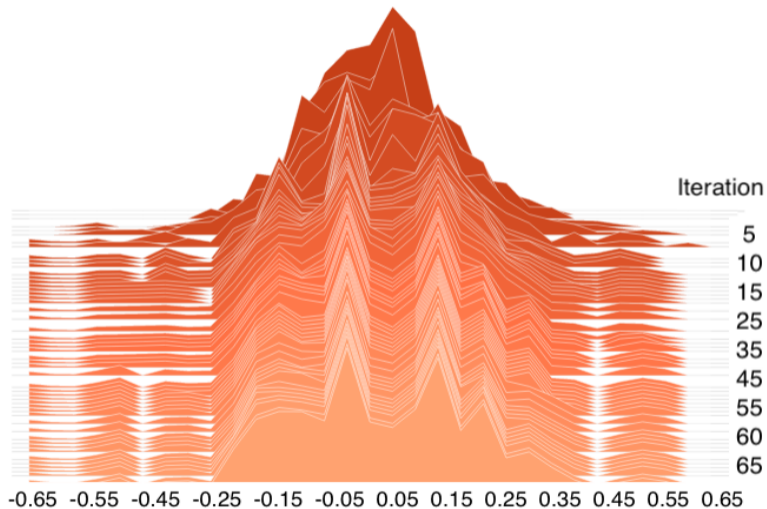
Schicht 1



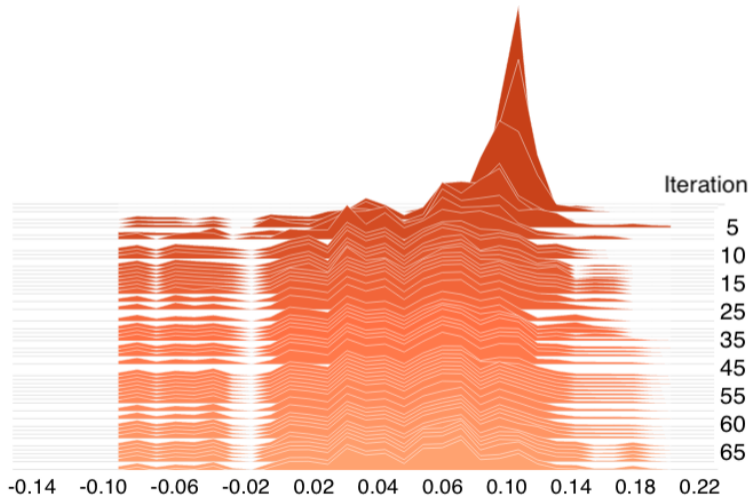
Gewichte in Schicht 1.



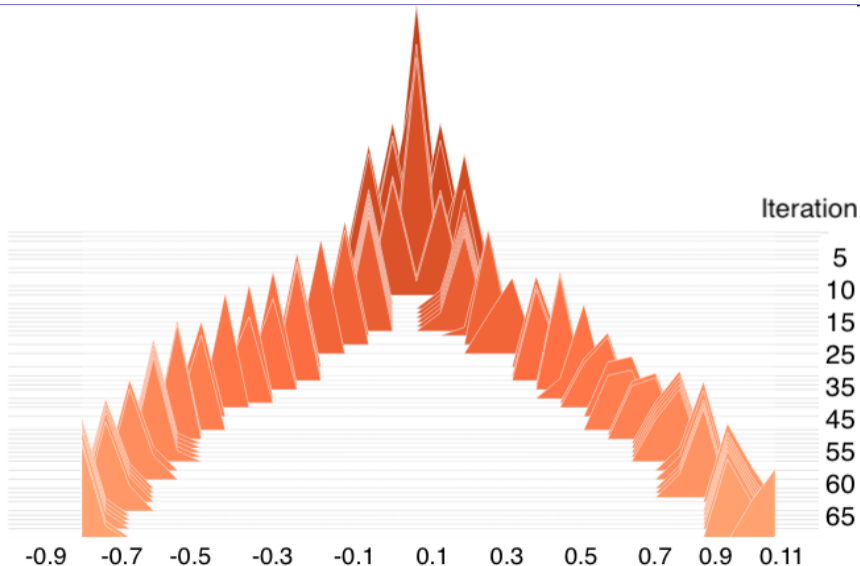
Gewichte in Schicht 2.



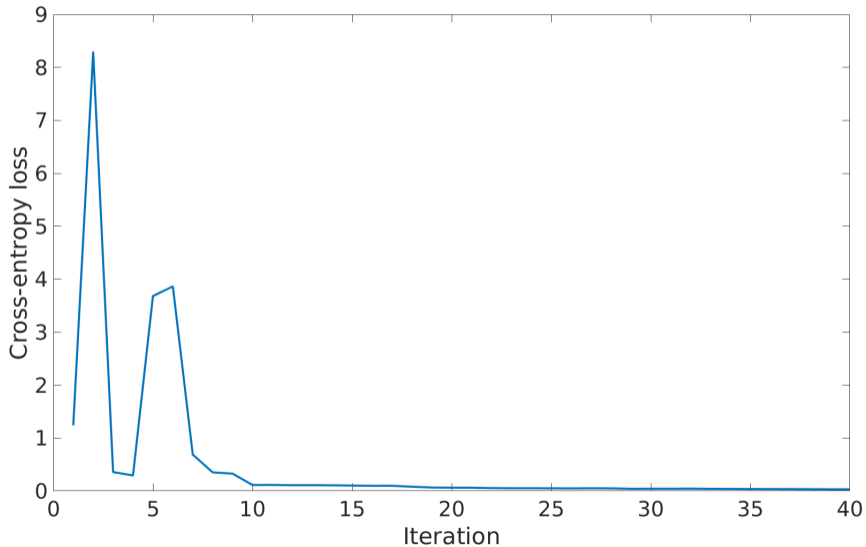
Bias in Schicht 1.



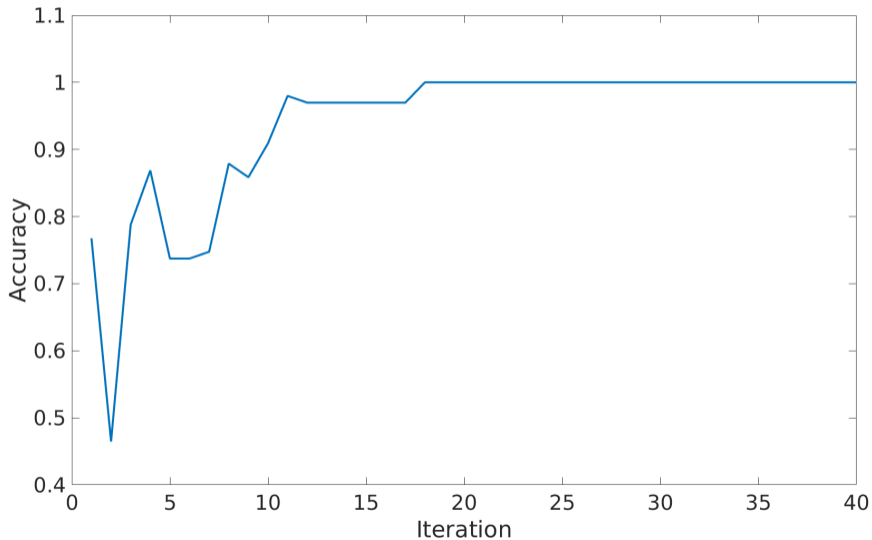
Bias in Schicht 2.



Cross-Entropy als Verlust-Funktion



Validation Accuracy





Thank you!