



## **IVS-Award 2020**

**mit Prämierung am 24.11.2020 / 01.12.2020 für**

### **Herrn Simon Kamm**

**für seine am Institut für Automatisierungstechnik und  
Softwaresysteme (IAS) durchgeführte Masterarbeit  
(Abgabe: 10/2019) mit dem Titel**

### **Untersuchung und prototypische Umsetzung eines Lifelong Deep Neural Network Algorithmus**

#### **Zusammenfassung**

Der Schutz von eigenen Daten und multitaskingfähige Machine Learning Algorithmen stehen bisher weitestgehend im Widerspruch. Dieser Widerspruch verhindert vielfach eine größere Nutzung von KI-Methoden in der Praxis. In dieser Arbeit wird ein sogenannter Lifelong Deep Neural Network (L DNN) Algorithmus prototypisch implementiert und untersucht, der das Potenzial haben soll diesen Widerspruch zu lösen. Dafür soll dieser Algorithmus kontinuierlich weiterlernen können und verteiltes Lernen ohne den Austausch von Rohdaten ermöglichen. Zudem soll er auch auf Edge Devices laufen, die mit wenig Speicher- und Rechenleistung ausgestattet sind.

Zunächst werden die Grundlagen und theoretischen Hintergründe für die relevanten Themen beleuchtet und der L DNN Algorithmus wird mit seinem grundlegenden Aufbau eingeführt und in Relation zu bereits bekannten Algorithmen gebracht. Auf dieser Basis werden ein spezifischer L DNN Algorithmus für die Anforderungen in dieser Arbeit konzipiert und passende Module ausgewählt. Hierfür werden unterschiedliche Modelle aus der Literatur mithilfe von definierten Merkmalen verglichen. Mit dieser Auswahl und Konzeption findet die prototypische Umsetzung statt, die im weiteren Verlauf evaluiert wird. Als Daten für die Evaluation dienen die beiden Bilddatensätze MNIST und ImageNet. Kriterien für die Evaluation sind die Klassifikationsgenauigkeit und der Speicherbedarf des Algorithmus. Zunächst wird der Einfluss modellabhängiger Parameter auf die Genauigkeit untersucht. Zudem wird untersucht, welchen Einfluss die Anzahl an verfügbaren Trainingsbilder pro Klasse auf die finale Genauigkeit hat. Weiter werden auf den genannten Datensätzen finale Ergebnisse für das kontinuierliche und verteilte Lernen auf bisher unbekanntem Testdaten generiert und mit Algorithmen des kontinuierlichen Lernens in Relation gesetzt. Mit den optimierten Parametern findet schließlich eine finale Auswertung auf Basis des gesamten ImageNet-Datensatzes statt. Diese Ergebnisse dienen zur finalen Analyse und Bewertung des L DNN Algorithmus. Zusätzlich wird im Rahmen dieser Arbeit ein Demonstrator für das inkrementelle Klassen Lernen in Echtzeit, auf einem speicher- und rechenbegrenztem Edge Device, aufgebaut.

**Schlüsselwörter:** *Künstliche Intelligenz, Maschinelles Lernen, Deep Learning, Deep Neural Networks, Kontinuierliches Lernen, Lebenslanges Lernen, Verteiltes Lernen, Inkrementelles Klassen Lernen, Live-Bild Klassifizierung*

## Abstract

The protection of own data and multitasking-capable machine learning algorithms have been contradictory so far. This contradiction often prevents a greater usage of AI methods in practice. In this thesis, a so-called Lifelong Deep Neural Network (L DNN) algorithm is prototypically implemented and evaluated, which should have the potential to solve this contradiction. Therefore, this algorithm should be able to learn continuously and enable distributed learning without the exchange of raw data. In addition, it should also run on edge devices that are equipped with little memory and computing power.

First, the basics and theoretical backgrounds for the relevant topics will be introduced and the L DNN algorithm with its basic structure will be described and brought into relation to already known algorithms. On this basis, a specific L DNN algorithm is designed for the requirements of this thesis and suitable modules are selected. Different possible models from the literature will be compared using defined features. With this selection and conception, the prototypical implementation takes place, which will be evaluated in the further course. The two image data sets MNIST and ImageNet serve as data for the evaluation. Criteria for the evaluation is the classification accuracy and the memory requirements of the algorithm. First, the influence of model-dependent parameters on accuracy will be investigated. In addition, the influence of the number of available training images per class on the final accuracy will be investigated. Furthermore, results for continual and distributed learning will be generated on these data sets on previously unknown test data and related to algorithms of continuous learning. With the previous optimized parameters, the final evaluation on the whole ImageNet-Dataset will take place. These results are used for the final analysis and evaluation of the L DNN algorithm. In addition, a demonstrator for incremental class learning in real time will be built on a memory and computational limited edge device.

**Key Words:** *Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Deep Neural Networks, Continual Learning, Lifelong Learning, Distributed Learning, Incremental Class Learning, Live-Image Classification*