

# Implementation von Deep Learning Algorithmen auf einem Mikrocontroller

## Diplomand



Fabian Dünki

**Ausgangslage:** Viele gängige neuronale Netzwerke werden heute meist auf kostspieliger Hardware, zum Beispiel mit dedizierten Servern in der Cloud oder auf speziellen Systemen wie Nvidia Jetson Boards, umgesetzt. Die Entwicklung von leistungsfähigeren Mikrocontrollern eröffnen hier neue Möglichkeiten. Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, verschiedene Tools zur Implementation eines neuronalen Netzwerkes zu evaluieren. Dabei soll das neuronale Netzwerk Audiobefehle in Echtzeit erkennen und klassifizieren können. Dazu soll ein Versuchsaufbau mit einem Mikrofon und einem Display aufgebaut werden. Schlussendlich soll eine Variante zur Implementation gewählt und auf einem STM32-Mikrocontroller umgesetzt werden.

**Vorgehen / Technologien:** Nach umfangreichen Recherchen zu möglichen Software Tools stachen vor allem die zwei aktuellen Leader TensorFlow Lite Micro und STM32 CubeAI hervor. Da als Vorgabe ein STM32-Mikrocontroller benutzt werden musste, wurde die CubeIDE-Software-Umgebung mit der X-CUBE-AI-Erweiterung ausgewählt. Als Hardware bot sich ein STM32H7-Chip, auf einem Discovery Kit an. Diese Lösung hat am meisten Speicherplatz, ein vorhandenes Display sowie einen Audio Input.

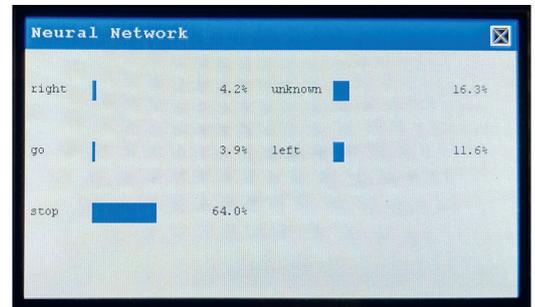
**Fazit:** Künstliche Intelligenz wird bereits seit Längerem erfolgreich auf leistungsfähigen Systemen eingesetzt. Seit einigen Jahren werden spezifische Lösungen für Mikrocontroller entwickelt. So entstanden in den letzten Jahren erfolgreiche Softwareapplikationen wie TensorFlow Lite Micro und CubeAI. Mit diesen Tools ist es möglich, kleinere Netzwerke auf klassischen Mikrocontrollern zu implementieren.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es gelungen, ein Netzwerk zur Befehlsenerkennung auf einem Mikrocontroller umzusetzen. Es hat sich gezeigt, dass es möglich ist, kleinere Netzwerke auf klassischen Mikrocontrollern zu realisieren.

**Versuchsaufbau**  
Eigene Darstellung

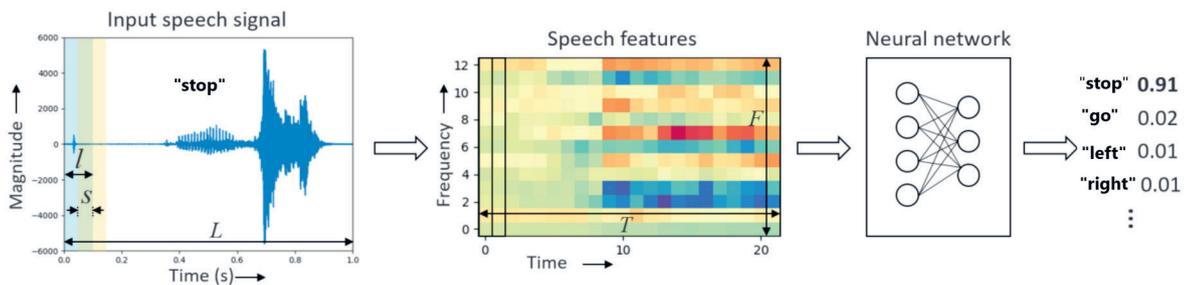


**Display Wahrscheinlichkeiten Befehle**  
Eigene Darstellung



## Funktionsprinzip

Hello Edge: Keyword Spotting on Microcontrollers



## Referent

Hannes Badertscher

## Korreferent

Gabriel Sidler, Teamup Solutions AG, Zürich, ZH

## Themengebiet

Artificial Intelligence

## Projektpartner

ICAI Interdisciplinary Center for Artificial Intelligence, Rapperswil, SG