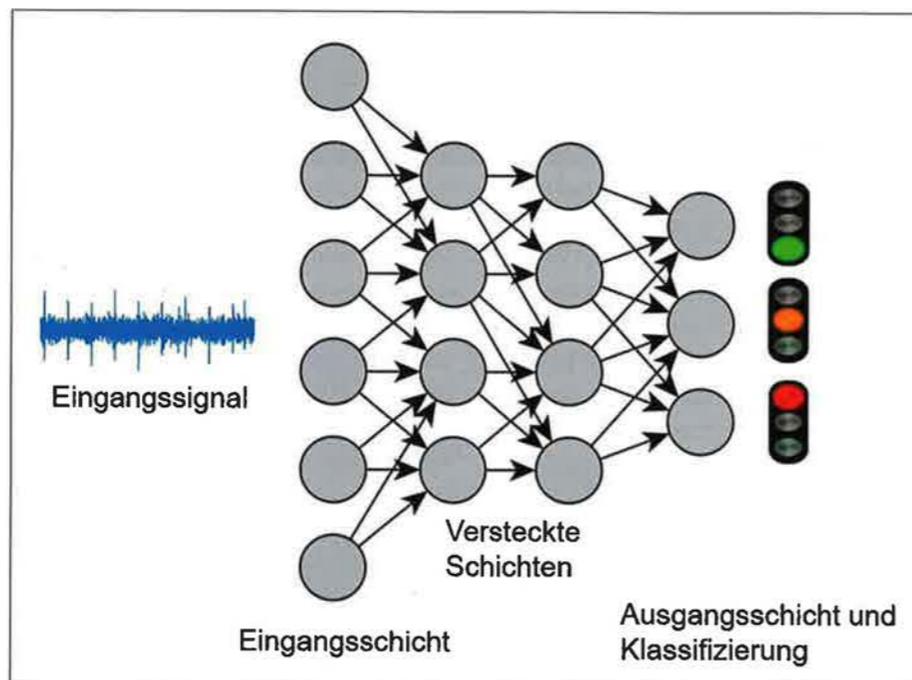


## Künstliche Intelligenz für verteilte Sensorsysteme mit 32-Bit Mikrocontrollern

Ein wesentlicher Bestandteil von Industrie 4.0 ist die Verwendung von maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz (KI). Dabei beschreibt KI die Möglichkeit der Maschine, selbständig Daten zu analysieren, Informationen zu generieren und autonom zu klassifizieren.

Für die Umsetzung von KI können neuronale Netze (NN) verwendet werden. Das NN ist in der Lage, durch den Einsatz einer gewissen Anzahl von Schichten, in denen mathematische Berechnungen die Verknüpfung von Neuronen im Gehirn imitieren, Muster und Klassen in Daten selbstständig zu erlernen. Durch diesen datenbasierten Ansatz können mithilfe der statistischen Auswertung durch das NN Probleme gelöst werden, für die eine physikalische Modellierung sehr aufwendig wäre oder es gar keine analytische Lösung gibt. Zudem können auftretende statistische Verteilungen und Abweichungen aufgrund eines dynamischen Systemverhaltens berücksichtigt werden.

Bereiche in denen NN schon erfolgreich eingesetzt werden sind zum Beispiel Sprach- und Bilderkennung sowie Übersetzungssoftware. Zur Erstellung und zum Trainieren solcher NN haben sich einige Open Source Frameworks (unter anderem Keras, TensorFlow, Caffe oder Lasagne) etabliert. Mithilfe dieser Frameworks können



▲ Neuronales Netz zur Klassifizierung von Vibrationsdaten.

NN mit unterschiedlicher Architektur und Komplexität aufgebaut werden. Für die Analyse von Sequenzen bieten sich beispielsweise rückgekoppelte Netze (»Recurrent Neural Network«, RNN) an. Durch die Rückkopp-

lung werden Informationen über die zeitliche Abfolge der zu analysierenden Daten gewonnen. Ist die Architektur aufgebaut, und vorausgesetzt es sind ausreichend Daten vorhanden, können die genannten Frameworks

auch zum Trainieren des NN genutzt werden. Im industriellen Sektor werden heutzutage immer mehr Sensoren zur Überwachung und Steuerung von Maschinen verwendet. Das Versenden der Messdaten über Datenleitungen an eine einzelne Recheneinheit in der Cloud zur Auswertung stellt jedoch nicht nur große Anforderungen an dessen Rechenkapazität dar. Für zeitkritische Systeme mit Echtzeitanforderung, in denen die Daten unmittelbar ausgewertet werden müssen um Entscheidungen zu treffen, ist solch ein Vorgehen ungeeignet, da die entstehenden Signallaufzeiten zu groß sein können. Außerdem stellt sich die Frage nach der erforderlichen Bandbreite des Kommunikationskanals. Werden mehrere Sensoren benutzt, können schnell sehr große Mengen an Sensordaten entstehen. Diese vollständig zu versenden ist sehr ressourcenaufwendig und daher wenig sinnvoll. Es ist daher wünschenswert, Sensordaten möglichst dort, wo sie entstehen, dezentral auszuwerten. Entscheidungen können so am Ort des Entstehens und aufgrund der Vermeidung von hohen Latenzen unmittelbar getroffen werden. Ist eine weitere Auswertung nötig, können die vorverarbeiteten Daten an ein übergeordnetes intelligentes System gesendet werden. Durch die Komprimierung der versendeten Datenmenge wird die erforderliche Bandbreite minimiert. Bei diesem Vorgehen wird

die Informationsverarbeitung durch die künstliche Intelligenz vom einzelnen, nicht lokalen Cloudsystem an kleinere Recheneinheiten direkt am Sensor selbst oder in dessen Nähe verschoben. Aufgrund dieser Verlagerung der KI, weg von der Cloud zum »Rand« (engl. Edge) spricht man auch von Edge-AI (AI für »artificial intelligence«).

In der Praxis bedeutet dies zum Beispiel, dass ein Vibrationssensor an einem Kugellager einer Eisenbahnachse mit der nötigen KI ausgestattet wird, um Schäden oder Materialermüdungen frühzeitig zu erkennen (vorausschauende Wartung, engl. »predictive maintenance«). Diese Information wird dann an ein lokales, übergeordnetes System versendet. Hier werden dann Informationen aller Sensoren des Zuges zusammengeführt und ausgewertet, wodurch der Zustand des gesamten Zuges erfasst wird. Obwohl es für die meisten Mikrocontroller heutzutage aufgrund der Speicher- und Prozessoranforderungen noch nicht möglich ist, ein NN (neuronales Netz) zu trainieren, so erfüllen sie doch grundsätzlich die Anforderungen, um ein schon fertig trainiertes Netz auszuführen. STMicroelectronics hat deshalb die Software STM32CubeMx.AI entwickelt, mit der sich trainierte NN mit unterschiedlichen Architekturen für den Einsatz auf einem STM32 Mikrocontroller konvertieren lassen. Zusätz-

lich optimiert STM32CubeMx.AI das NN für Mikrocontroller und überprüft die Funktionalität, mit dem Ergebnis, dass das konvertierte NN bei vernachlässigbar geringerer Genauigkeit bis zu 10x weniger Speicherbedarf besitzt als das Original. Mit der genannten Software können auch intelligente, integrierte und interaktive i<sup>3</sup>-Sensorsysteme von Lenord + Bauer mit künstlicher Intelligenz ausgestattet werden. In Zusammenarbeit mit STMicroelectronics wurde durch Einsatz dieser Technologie ein Demonstrator gebaut. Von einem Vibrationssensor, welcher auf einem Beschleunigungsmesser und einem Mikrocontroller basiert, werden verschiedene Signalmuster detektiert und durch ein neuronales Netz direkt am Sensor klassifiziert. Auf der electronica 2018 in München werden STMicroelectronics und Lenord + Bauer (in Halle C3, Stand 101) den Einsatz von künstlicher Intelligenz für industrielle Sensorsysteme präsentieren.

### ► INFO

Autor:  
Dr.-Ing. Simon Akhtari  
Ingenieur F&E  
Lenord, Bauer & Co. GmbH  
Dohlenstr. 32  
46145 Oberhausen  
Tel.: 0208 9963-0  
Fax: 0208 676292  
E-Mail: info@lenord.de  
www.lenord.de