

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IM KONTEXT VON FUNKTIONALER SICHERHEIT

Tickende Zeitbombe versus Bremsklotz?

Künstliche Intelligenz gilt als Schlüsseltechnologie für hochautomatisiertes Fahren. Allerdings könnte sie in sicherheitskritischen Anwendungsfällen Fehler machen. In diesem Artikel tritt auf dem Weg vom assistierten zum hochautomatisierten Fahren künstliche Intelligenz gegen funktionale Sicherheit an, die dafür sorgt, dass moderne Fahrzeuge sicher sind.

Wer würde sich in ein selbstfahrendes Fahrzeug setzen, bei dem nicht einmal die Entwickler genau verstehen, wie es funktioniert? Damit automatisierte Fahrzeuge die vielseitigen Herausforderungen des Straßenverkehrs meistern können, kommen Techniken aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz zum Einsatz. Neuronale Netze, als eine dieser Techniken, erzielen heutzutage erstaunliche Ergebnisse. Aufgrund ihrer Komplexität ist es bisher nicht möglich deren interne Verarbeitung vollständig zu verstehen. Es sind die Menschen, die sich in selbstfahrenden Fahrzeugen sicher fühlen müssen.

Schlüsseltechnologie für automatisiertes Fahren

Ein mit Fahrerassistenzsystemen (ADAS) automatisiertes Fahrzeug löst den Fahrer von einem Teil der Fahraufgabe ab. Ein hochautomatisiertes Fahrzeug beschleunigt, bremst und lenkt selbstständig, ohne den Input des Fahrers oder den Fahrer selbst dauerhaft zu benötigen. Hochautomatisierte Fahrzeuge sollen effizienter und sicherer sein als von Menschen gesteuerte [1].

Dazu muss das Fahrzeug sein Umfeld mithilfe von Kameras und weiterer Sensorik erkennen, um darauf reagieren zu können [2]. Umso mehr Automatisie-

rung in den Fahrzeugen steckt, desto komplexer wird die Aufgabe. Leistungsfähige Algorithmen zur Erfassung der Verkehrssituation, Planung der Trajektorie und Steuerung des Fahrzeugs werden benötigt.

In Fahrerassistenzsystemen übernehmen diese Aufgaben zunehmend die lernenden Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). Zum Beispiel kommen neuronale Netze (NN) zur Objekterkennung in kamerabasierten ADAS zum Einsatz. In diesem Artikel liegt der Fokus auf Neuronalen Netzen (NN), die eine Methode der KI darstellen. Aufgrund der herausragenden Ergebnisse gilt KI als Schlüsseltechnologie auf dem Weg

Reimagining
Mobility
with YOU

Solutions

- Autonomous Driving & ADAS
- Electric and Conventional Powertrain
- Connected Vehicles
- Vehicle Diagnostics
- AUTOSAR
- Mechatronics

Meet us at

ELIV

at Booth No 48
20-21 Oct, 2021,
Bonn

KPIT Technologies
GmbH

+49 89 3229966-0
info@kpit.com

kpit.com

zum hochautomatisierten Fahren.

Als wichtiger Einflussfaktor bei der Entwicklung und während des Betriebs, stellt die Gewährleistung der Sicherheit von neuronalen Netzen eine noch weitgehend ungelöste Herausforderung dar. Besonders bei deren Einsatz in sicherheitsrelevanten Anwendungen, können durch Fehlfunktionen oder eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Systeme Gefahren für Menschen entstehen [3, 4]. Aus diesem Grund müssen neue, auf den Methoden der KI basierende Systeme, mit den Standards und Normen zur Gewährleistung der Funktionalen Sicherheit (FuSi) konform sein [5].

Künstliche Intelligenz

Sprachassistenten, Übersetzungsprogramme, Fingerabdruckererkennung – künstliche Intelligenz ist bereits heute ein Bestandteil des alltäglichen Lebens. Was versteht man eigentlich unter KI, von der immer häufiger die Rede ist? KI ist ein Sammelbegriff für technische Systeme, mit der „[...] Fähigkeit, Aufgaben selbständig und effizient zu bearbeiten“ [6]. Zum Beispiel zeichnet sich das Maschi-

(Nervenzellen) sind miteinander verbunden (Synapsen). Diese technische Realisierung der biologisch motivierten Informationsverarbeitung kennzeichnet sich durch lernfähige parallele Strukturen einfacher Elemente, den Neuronen. Technisch gesehen handelt es sich bei NN also um Regelschleifen, die mathematische Operationen ausführen und dabei ihre Eigenschaften optimieren. Sie lernen [9].

Zur Veranschaulichung zeigt Bild 1 ([10]) ein vereinfachtes neuronales Netz, das in den Prozess einer Objekterkennung eingebunden ist. Dabei dienen Kamerabilder als Eingangsdaten. Die erkannten Objekte ordnet das NN zuvor festgelegten Klassen zu und markiert diese im Bild.

Funktionale Sicherheit

Seit Jahren kann man einen immer höheren Anteil an sicherheitsrelevanten elektrischen, elektronischen oder programmierbar elektronischen (E/E/PE-) Systemen in Fahrzeugen beobachten. In der Vergangenheit traten so Probleme und Katastrophen ein, hervorgerufen durch Fehlfunktionen sicherheitsrelevanter Systeme aufgrund systematischer Fehler,

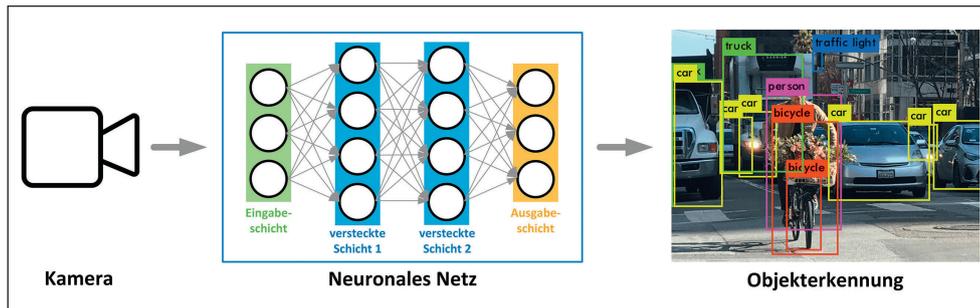


Bild 1: Prozess der Objekterkennung mit einem neuronalen Netz

© Hochschule Kempten

nelle Lernen (ML) als Untergruppe der KI dadurch aus, dass mithilfe adaptiver Verfahren hochkomplexe Aufgaben gelöst werden – die Rede ist von lernfähigen Systemen. Die Algorithmen lernen anhand von Beispielen, den Trainingsdaten, und analysieren sowie klassifizieren Daten eigenständig [7].

Beim ML erzielt derzeit die Untergruppe des Deep Learnings die besten Ergebnisse. Das Deep Learning setzt künstliche NN ein. Im Bereich der Objekterkennung übertreffen die NN die klassischen Verfahren der Bildverarbeitung hinsichtlich Detektion und Klassifizierung zum Teil signifikant [8]. In der Theorie ist noch nicht vollständig geklärt, wie NN diese eindrucksvollen Ergebnisse zustande bringen. Fest steht: NN imitieren das menschliche Gehirn in Software. Einzelne Neuronen

wie eine Fehlplanung während der Entwicklung oder zufällige Hardware-Fehler, zum Beispiel der Ausfall von Bauteilen. Daraus entwickelte sich die funktionale Sicherheit mit dem Ziel, diese Fehler zu kontrollieren, sodass diese nicht zu einer ernsthaften Gefahr werden können. Dabei steht die Vermeidung von Personen- und Sachschäden im Vordergrund. Auch das Vertrauen der Nutzer und das Ansehen von Produkten und Unternehmen spielen eine wichtige Rolle. Funktionale Sicherheit ist eine wichtige Produkteigenschaft [11].

Welche Barrieren müssen Fahrzeugsysteme für ihre Markteinführung überwinden? Für den Automobilbereich legt die Norm ISO 26262, „Road vehicles – Functional Safety“ einen Rahmen für die Entwicklung fest. Der Sicherheitsnachweis (safety case)



Bild 2: Konzept für den Sicherheitsnachweis Neuronaler Netze in Fahrerassistenzsystemen

© Hochschule Kempten

belegt in Form einer argumentativen Dokumentation, dass die Arbeitsprodukte der ISO 26262 und deren Aktivitäten, Anforderungen und Maßnahmen während der Entwicklung erfüllt und somit funktionale Sicherheit für die Systeme erreicht wird.

Konflikt zwischen KI und funktionaler Sicherheit

Aufgrund der hohen Anzahl an Neuronen und Rechenoperationen ist es schwierig bis unmöglich, die interne Verarbeitung von NN nachzuvollziehen. NN gelten als nicht deterministische Black-Box-Modelle mit unsicheren Ergebnissen. Bestehende Standards und Normen zur Gewährleistung der funktionalen Sicherheit gehen von einem vollständigen Verständnis eines Systems und dessen Umgebung aus. Systeme mit NN erfüllen diese Grundannahme nicht. Im Gegensatz dazu sind bestehende FuSi-Normen nicht darauf ausgelegt, die Methoden der KI einzusetzen [12]. Die Normung in diesem Gebiet befindet sich in der Entwicklung. Die Verwendung von NN in sicherheitsrelevanten Anwendungen steckt in den Anfängen. Der Konflikt zwischen der überlegenen Leistungsfähigkeit komplexer NN und der Möglichkeit deren Sicherheit nachzuweisen ist ein vorherrschendes Thema im Bereich des automatisierten Fahrens.

Sicherheitsnachweis neuronaler Netze

Die aufgezeigte Problemstellung thematisiert die Schwierigkeit, den Einsatz lernender Systeme für Fahrerassistenzsysteme sowie das hochautomatisierte Fahren mit den bereits verfügbaren Normen nachweislich sicher zu gestalten.

Was lässt bereits tun, um KI oder

NN sicher in Fahrerassistenzsystemen einzusetzen? Die in diesem Artikel vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer Masterarbeit für den Studiengang Fahrerassistenzsysteme an der Hochschule Kempten [13]. Die Masterarbeit ist in Zusammenarbeit mit Sensor-Technik Wiedemann entstanden. Ein Ziel der Arbeit war die Erstellung eines Konzepts für den Sicherheitsnachweis von neuronalen Netzen in Fahrerassistenzsystemen. Mithilfe dieses Konzepts können auf NN basierende Assistenzsysteme auf Grundlage der bereits verfügbaren Normen in den Markt gebracht werden.

Für die Entwicklung des Konzepts wurden neben Sicherheitsnormen aus dem Automobilbereich auch Normen für den Bereich der mobilen Arbeitsmaschinen sowie Normen aus verwandten Branchen wie der Robotik, der Luftfahrt oder von Schienenfahrzeugen analysiert. Außerdem flossen alternative Ansätze mit ein, die unter anderem versuchen, die Ergebnisse NN zu erklären, deren Unsicherheit zu bestimmen oder diese als Teilsystem einzusetzen.

Die Erfüllung der Sicherheitsziele eines Fahrerassistenzsystems muss der Hersteller vor der Auslieferung an den Kunden durch einen Sicherheitsnachweis belegen. Bild 2 zeigt das Konzept, wie der Sicherheitsnachweis für auf NN

basierende Fahrerassistenzsysteme auf der Grundlage der bereits heute veröffentlichten Normen erbracht werden kann. Die einzelnen Abschnitte des Konzepts werden im Folgenden erläutert.

Systemaufbau

Alternative Ansätze zum Einsatz neuronaler Netze zeigen viel Potenzial, um einen Sicherheitsnachweis zu erbringen. Mit dem aktuellen Stand der Normung bietet sich keine ausreichende Grundlage zum sicheren Einsatz der NN ohne Überwachung. Deshalb fällt die Wahl auf den Einsatz des neuronalen Netzes als Komponente eingebettet in eine konventionell programmierte sicherheitsgerichtete Software.

Ergänzung

Parallel und in Ergänzung zur ISO 26262 stellt die ISO/PAS 21448 „Road Vehicle – Safety of the Intended Functionality“ (kurz SOTIF) mit der Sicherheit der Sollfunktion den einzigen aktuell normativ verankerten Ansatz für den Einsatz NN in Fahrerassistenzsystemen dar. Die so genannten „Triggering Events“, die die beabsichtigte Sollfunktion des Fahrerassistenzsystems einschränken, müssen bei der Entwicklung berücksichtigt werden. Dazu gehört zum Beispiel neben heftigem Schneefall oder starker Sonneneinstrahlung auch vorhersehbare Fehlbenutzung der Systeme.

Entwicklung

Die aus der ISO/PAS 21448 abgeleiteten Sicherheitsziele können anschließend in die Entwicklung des Systems nach der ISO 26262 oder einer entsprechenden branchenspezifischen Sicherheitsfachgrundnorm einfließen. Die ISO 26262 ist der Mittelpunkt des Konzepts.

INFO

Masterarbeit als Basis

Die referenzierte Masterarbeit ist aufgrund eines Sperrvermerks ab dem 01.11.2021 verfügbar. Bei Interesse bitte unter info.stw@wiedemann-group.com anfragen. Über die Weitergabe wird im Einzelfall entschieden.

SMART TEST SYSTEMS FOR THE FUTURE OF MOBILITY

Product Validation



UTP 7033

Cellular, GNSS & Wireless

Board-Level-Test



UTP 9011

Multi DUT RF Test

End-of-Line-Test



UTP 5065 RTS

Radar Test System & 5G OTA Test

Weitere Maßnahmen

Damit die konventionelle, für die Sicherheit zuständige Software eingreifen kann, bieten Methoden der Unsicherheitsbestimmung neuronalen Netzen eine Möglichkeit zur Überwachung derer Ergebnisse. Denn ohne einen Fehler des NN zu erkennen, kann dieser auch nicht durch Sicherheitsmechanismen abgefangen werden. Neben den bereits genannten Anforderungen des Konzepts, gibt es einige weitere, die es zu beachten gilt: Das System sollte möglichst genau spezifiziert werden, besonders in Hinblick auf die Schnittstelle zwischen den Systemaufgaben und der Rolle des Fahrers.

Künftige Fahrzeuggenerationen, werden in Gefahrensituationen oder bei Systemfehlern ohne die Übergabe der Fahraufgabe an den Fahrer auskommen. Die hochautomatisierten Fahrzeuge müssen funktionsfähig bleiben (fail operational) und das Auto im Fehlerfall zum Beispiel sicher am Straßenrand anhalten.

Sicherheitsnachweis

Ein Zusammenspiel aus analytischer argumentativer und testbasierter Beweisführung liefert für den Sicherheitsnachweis eine optimale Abdeckung.

Zwei Kontrahenten – ein Ziel

Künstliche Intelligenz oder neuronale Netze als Methode der KI einzusetzen, ist aufgrund der Überlegenheit gegenüber den herkömmlichen Verfahren zur Objekterkennung sinnvoll. Eingebettet in eine konventionell programmierte Software, die die Funktion und die aktuelle Leistungsfähigkeit der neuronalen Netze überwacht sowie die Sicherheitsmechanismen übernimmt, können NN das Gesamtsystem verbessern. Auf diese Weise ist ein Sicherheitsnachweis mit den aktuellen Normen der funktionalen Sicherheit möglich. Als Teilsystem in einem automatisierten Fahrzeug tragen NN maßgeblich zu dessen Verbesserung in Form einer Steigerung des Komforts, der Effizienz und der Genauigkeit bei und als Folge dessen zur Erhöhung der Sicherheit.

Ziel ist das hochautomatisierte Fahren. Neuronale Netze als eine Methode der KI stellen aktuell den vielversprechendsten Weg dar, um die damit verbundenen hochkomplexen Aufgaben zu lösen. Ohne dass Fahrerassistenzsysteme oder hochautomatisierte Fahrzeuge sicher sind, werden diese am

Markt nicht nur keine Chance haben, sie würde gar nicht erst zugelassen werden. Dabei darf die funktionale Sicherheit die KI nicht zu sehr einschränken. Im selben Zug müssen Sicherheitsanforderungen zu einer grundlegenden Eigenschaft bei der Auslegung von neuronalen Netzen werden.

Künstliche Intelligenz und funktionale Sicherheit als Kontrahenten anzusehen, ist eine zu starke Vereinfachung der Situation. Die FuSi ist genauso wenig der Bremsklotz, wie die KI die tickende Zeitbombe. Nur ein Zusammenspiel von FuSi und KI ist erfolgfähig, um das gemeinsame Ziel des sicheren hochautomatisierten Fahrens zu erreichen. ■ (eck)

www.hs-kempten.de

Quellenverzeichnis

- [1] VDA Verband der Automobilindustrie e.V., Ed.: „Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum Automatisierten Fahren“, 2015
- [2] Internationales Verkehrswesen, Ed.: „KI-Absicherung: Wie autonomes Fahren sicherer wird“, 2020
- [3] A. Cremers et al., Fraunhofer IAIS, Ed.: „Vertrauenswürdiger Einsatz von Künstlicher Intelligenz“, 2019
- [4] J. Vollmuth, Konstruktionspraxis, Ed.: „Was Künstliche Intelligenz für die Maschinensicherheit bedeutet“, 2019
- [5] A. Rudolph, S. Voget, and J. Mottok: „A consistent safety case argumentation for artificial intelligence in safety related automotive systems“, 2018.
- [6] VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Ed.: „VDI-Statusreport Künstliche Intelligenz“, 2018.
- [7] R. Becker, Just Add AI GmbH, Ed.: „Convolutional Neural Networks – Aufbau, Funktion und Anwendungsgebiete“, 2019
- [8] A. Jungmann, C. Lang, and M. Pelz, ATZ Elektronik Ed.: „Künstliche Intelligenz für automatisiertes Fahren – Quo Vadis?“, 2020
- [9] H.-L. Ross: „Funktionale Sicherheit im Automobil – Die Herausforderung für Elektromobilität und automatisiertes Fahren“, 2019
- [10] L. Wuttke, datasolut GmbH, Ed.: „Einführung in maschinelles Sehen“, 2019
- [11] H. Winner, Springer Vieweg, Ed.: „Handbuch Fahrerassistenzsysteme – Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort“, 2015
- [12] R. Salay and K. Czarnecki: „Using Machine Learning Safely in Automotive Software: An Assessment and Adaption of Software Process Requirements in ISO 26262“, 2018
- [13] L. Kolberg, Hochschule Kempten: „Entwicklung eines funktionalen Sicherheitskonzepts für kamerabasierte Objekterkennung auf Basis Neuronaler Netze“, 2020



Leon Kolberg ist Entwicklungsingenieur für Fahrerassistenzsysteme bei Evomotiv in Flacht, vormals Institut für Fahrerassistenz und vernetzte Mobilität der Hochschule Kempten in Benningen.

© Hochschule Kempten

Unterstützt durch: **Prof. Dr. Rolf Jung**, Institut für Fahrerassistenz und vernetzte Mobilität der Hochschule Kempten sowie **Stefan A. Lang** und **Phillip Luger**, Sensor Technik Wiedemann in Kaufbeuren.

