

Künstliches Lernen: Trainingsdaten aus dem virtuellen Fahrversuch für Deep Learning Algorithmen

Thesis Subtitle

Author Name

A thesis presented for the degree of
Master of Science



Department Name

University Name

Country

Date

Abstract

Abstract Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) goes Test (T) here
[**einstein**]. test mit Ö, ä und ß ...

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig verfasst, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde sowie die Satzung des KIT zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis in der jeweils gültigen Fassung beachtet zu haben.

Karlsruhe, 23. Dezember 2018

Manuel Kaiser

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung und Motivation	1
1.2	Zielsetzung	1
2	Grundlagen	3
2.1	Hochautomatisiertes Fahren	3
2.1.1	Entwicklung von Fahrerassistenzfunktionen	4
2.1.2	Klassifizierung von Fahrszenarien	10
2.2	Künstliche Neuronale Netze	10
2.2.1	Maschinelles Lernen	10
2.2.2	Convolutional Neural Network	10
2.2.3	Recurrent Neural Network	10
2.2.4	Training mit synthetischen Daten	10
3	Konzept	11
3.1	Struktur	11
3.2	Methodik	11
4	Umsetzung	13
4.1	Datenvorbereitung	13
4.1.1	Definition von Fahrszenarien	13
4.1.2	Simulation mit CarMaker	13
4.1.3	Daten Labeling	14
4.2	Training	14
4.2.1	Inputdaten	14

4.2.2	Architektur des neuronalen Netzes	14
4.2.3	Experimente	14
4.3	Evaluation	15
4.3.1	Simulierte Daten	15
4.3.2	Reale Daten	15
5	Zusammenfassung	17
5.1	Ergebnis und Diskussion	17
5.2	Ausblick	17
	Literaturverzeichnis	xii
	Abkürzungsverzeichnis	xiii
	Tabellenverzeichnis	xv
	Abbildungsverzeichnis	xvii
A	Appendix Title	xix
A.1	Teil 1 des Anhangs	xix

1. Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation

Hochautomatisierte Fahrerassistenzsysteme werden zunehmend komplexer. Herkömmliche Testmethoden sind durch die Vielzahl an möglichen Szenarien nicht mehr praktisch testbar. Heutzutage wird schon vieles in Simulation getestet. Dabei gibt es aktuell noch Probleme..

Autonomes Fahren - kaum ein Trend ist aktuell ein stärkerer Treiber in der Automobilindustrie. Dabei spielt der Einsatz von Verfahren des maschinellen Lernens eine bedeutende Rolle. Eine große Herausforderung für diese Algorithmen ist, dass Trainingsdaten, sofern sie auf realen, aufgezeichneten Daten beruhen, manuell annotiert werden müssen, was diesen Prozess sehr aufwändig macht. Ein weiteres Problem von realen Daten ist ihre geringe Varianz. Während Standardsituationen sehr häufig vorkommen und damit auch mit einem neuronalen Netz erlernt werden können, gibt es einige Situationen die selten auftreten, allerdings sehr kritisch sind. Es ist daher schwieriger ein neuronales Netz für diese Situationen, wie z.B. das „schneiden“ eines anderen Fahrzeugs beim Spurwechsel, zu trainieren.

Genau hier soll diese Arbeit ansetzen. Es soll ein Konzept entwickelt und umgesetzt werden, wie eine bereits existierende Simulationsumgebung eingesetzt werden kann, um neuronale Netze zu trainieren und zu testen.

1.2 Zielsetzung

Das Ergebnis der Arbeit soll eine Methodik sein bisher unbekannte Testfälle zu finden. Dabei sollen Videodaten mit CarMaker erzeugt und mit diesen Daten ein neuronales Netz

trainiert werden um Fahrszenarien zu klassifizieren. Mit einem trainierten neuronalen Netz sollen auch Fahrszenarien mit realen Daten erkannt und klassifiziert werden.

Die oben genannten Probleme sollen mit der Verwendung von simulierten Trainingsdaten adressiert und weiter untersucht werden:

- Trainingsdaten müssen nicht mehr aufwendig manuell annotiert werden.
- Die Umgebung ist bei der Simulation der Daten vollständig kontrollierbar und die Datenerfassung wird effizienter.
- Bisher unbekannte Testfälle können gefunden werden.

Diese Arbeit soll einen theoretischen und praktischen Beitrag zum automatisierten Training von neuronalen Netzen im Bereich automatisiertem Fahren liefern. Der Fokus liegt dabei auf den Möglichkeiten und Herausforderungen, die sich durch die Verwendung von simulierten Trainingsdaten ergeben.

2. Grundlagen

In diesem Kapitel werden die zum Verständnis nötigen Grundlagen für diese Arbeit erklärt. Dabei wird im Abschnitt 2.1 der Stand der Technik von automatisierten Fahrfunktionen und deren Entwicklung beschrieben. Im Abschnitt 2.2 wird maschinelles Lernen im Allgemeinen und im Speziellen künstliche neuronale Netze, die für die Umsetzung dieser Arbeit nötig sind, beschrieben.

2.1 Hochautomatisiertes Fahren

Hochautomatisiertes Fahren wird in den vergangenen Jahren zunehmend von der Automobilindustrie vorangetrieben. Aktuelle Fahrerassistenzsysteme (FAS) wie der Spurhalteassistent oder die Abstandsregelung sind nach der Norm SAE J3016 (Abbildung 2.1) bei Level 2 des autonomen Fahrens eingeordnet. Mit neuen Technologien werden immer mehr Funktionen für automatisiertes Fahren entwickelt und verknüpft. Es entstehen zunehmend komplexe Fahrfunktionen mit einer steigenden Anzahl möglicher Fahrsituationen und Szenarien [Kin17]. Das stellt Automobilhersteller und Automobilzulieferer vor eine große Herausforderung, da die Systemkomplexität wächst. Das schließt sowohl die Entwicklung von FAS als auch die dazu benötigten Testszenarien ein [PL16].

In den folgenden Abschnitten wird erläutert wie aktuell diesen Herausforderungen begegnet wird. In Abschnitt 2.1.1 wird ein allgemeiner Überblick über die aktuellen Entwicklungsmethodiken für FAS gegeben. Dabei wird besonders auf das Konzept Vehicle-in-the-Loop (ViL) eingegangen. Danach werden in Abschnitt 2.1.2 bisherige Ansätze für die Klassifizierung von Fahrszenarien vorgestellt.

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Copyright © 2014 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed provided SAE International and J3016 are acknowledged as the source and must be reproduced AS-IS.

Abbildung 2.1: Norm SAE J3016 für die Level des autonomen Fahrens, entnommen aus [Com14]

2.1.1 Entwicklung von Fahrerassistenzfunktionen

FAS sind Funktionen im Kraftfahrzeug, die den Fahrer unterstützen. Diese Systeme nutzen Sensordaten, wie Radar-, Ultraschall-, oder Kameradaten, aus dem Fahrzeug um den Fahrer dann auf Basis der abgeleiteten Informationen zu unterstützen. Beispielsweise erkennt ein Spurhalteassistent wenn das Fahrzeug die Spur verlässt und kann die Fahrspur korrigieren.

FAS werden in der Automobilindustrie mit dem V-Modell entwickelt. Das V-Modell ist ein chronologischer Entwicklungsprozess und aus der Softwareentwicklung adaptiert [Bun05]. Das V-Modell kann in einen linken absteigenden und einen rechten aufsteigenden Ast unterteilt werden. Der linke Ast enthält die Funktionsanforderungen, die nach unten weiter detailliert und aufgeschlüsselt werden. Der rechte Ast umfasst aufsteigend Funktionstests auf dem jeweiligen Detaillierungsgrad [HK15]. Das V-Modell ist schematisch in Abbildung 2.2 dargestellt.

Durch die steigende Komplexität werden für die Validierung und Verifikation von

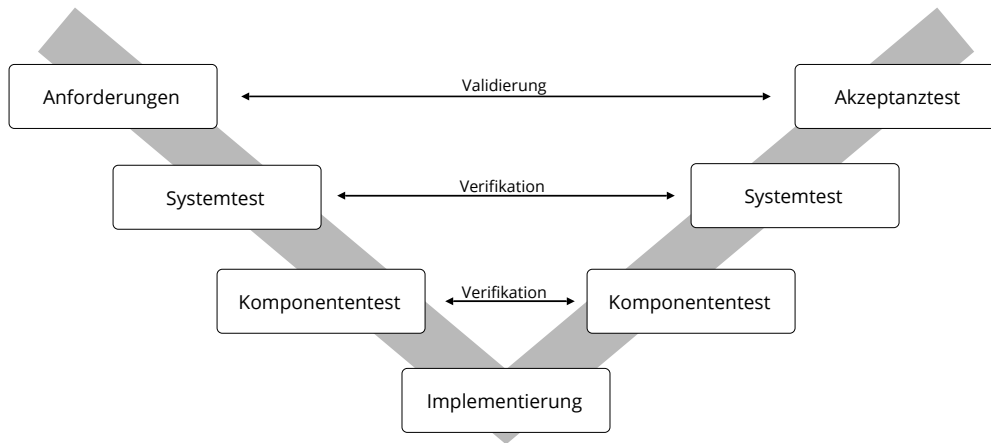


Abbildung 2.2: V-Modell, adaptiert aus [HK15]

FAS neue Testmethoden benötigt [Tel11].

Diese werden

— V Modell — [HK15]

Fahrerassistenzfunktionen werden funktional weitestgehend in Software abgebildet. Daher ist es sinnvoll, das aus dem Software Engineering bekannte V-Modell[3]oder seine Weiterentwicklung „V-Modell XT“ [4] als Entwicklungsprozess für Fahrerassistenzfunktionen zu verwenden. Das V-Modell stellt grundsätzlich einen chronologischen Entwicklungsprozess dar. Der Ablauf ist dabei nicht linear über der Zeitachse aufgetragen, sondern über die Form des Buchstabens V. Es wird dabei von einem absteigenden und einem aufsteigenden Ast gesprochen. Der absteigende Ast enthält die Arbeitsschritte der Analyse der Aufgabenstellung. Aus der Analyse resultieren schrittweise Spezifikationen für die zu entwickelnden Komponenten. Dabei ist wesentlich, dass zunächst die Gesamtprodukthanforderungen (oft auch Kundenanforderungen genannt) analysiert und danach in eine logische Architektur überführt werden. Im Anschluss daran folgt die Entwicklung einer technischen Architektur, die im weiteren Verlauf in Systeme und in Komponenten zerlegt und spezifiziert wird. Parallel zu jedem dieser Schritte entstehen Testfallspezifikationen, die später zur Überprüfung der Entwicklung verwendet werden. Der letzte Schritt des absteigenden Astes markiert gleichzeitig den ersten Schritt im aufsteigenden Ast. Auf ihm erfolgt die eigentliche Implementierung beziehungsweise Entwicklung der spezifizierten Komponenten. Der aufsteigende Ast beinhaltet alle Test- und Integrationsschritte von der einzelnen Komponente über das Gesamtsystem bis hin zum Akzeptanztest beim Kunden. Er stellt also das Integrieren und Testen im Entwicklungsprozess dar. Jeder Schritt auf dem absteigenden Ast hat eine Beziehung zu einem Schritt im aufsteigenden Ast.

Dabei entspricht die Beziehung dem Verifizieren des im entsprechenden Prozessschritt erstellten Teilsystems gegenüber der zugehörigen Spezifikation. Die jeweils verwendeten Testfälle sind diejenigen, die während der Spezifikationsphase im absteigenden Ast entwickelt wurden. Im letzten Schritt erfolgt die Validierung, d. h. die Überprüfung der Erfüllung aller Kundenanforderungen sowie der Akzeptanztest. . Abbildung 8.1 zeigt den generellen Entwicklungsprozess nach dem V-Modell.

Die Leitidee des virtuellen Fahrversuchs ist die möglichst realitätsgetreue Übertragung des realen Fahrversuchs in die virtuelle Welt mit dem Ziel, von den charakteristischen Stärken der Simulation in Sachen Reproduzierbarkeit, Flexibilität und Aufwandsreduktion zu profitieren und früh im Fahrzeugentwicklungsprozess eine Test- und Bewertungsmöglichkeit für Spezifikationen und daraus abgeleitete Lösungen herzustellen. Die Nutzung geeigneter Simulationsverfahren ermöglicht eine effizientere Konzeption, Entwicklung und Applikation von Fahrzeugen und Fahrzeugkomponenten. Sie überbrücken und verkürzen die Zeit bis zur Verfügbarkeit von realen Fahrzeugprototypen.

Der virtuelle Fahrversuch besteht wie sein reales Gegenstück aus mehreren Komponenten. Die zentrale Rolle spielt ein virtueller Fahrzeugprototyp, dessen Bestandteile je nach Fortschritt im Entwicklungsprozess als Modelle, Software-Code oder als Hardware integriert sind.

Während in der frühen Konzeptphase noch alle Bestandteile des Fahrversuchs virtuell sind, erfolgt im Laufe der Entwicklung durch die verschiedenen Integrationsstadien, ein schrittweiser Austausch von virtuellen gegen die zugehörigen realen Versuchsbestandteile, bis im vollständig realen Fahrversuch auf der Straße mit realem Fahrer und echten Verkehrsteilnehmern die Simulationsanteile komplett der Realität gewichen sind.

Ziel muss daher sein, entwicklungsbegleitend Teillösungen sowohl gegen die zugehörigen Spezifikationen zu testen als auch im gleichen Kontext im Gesamtfahrzeugkonzept auf die Erfüllung der gewünschten Eigenschaften für die Gesamtlösung überprüfen zu können. Der wirkliche Mehrwert des virtuellen Fahrversuchs besteht deshalb darin, die im realen Fahrzeug bei der Freigabe gefahrenen Manöver und die zugehörigen Bewertungskriterien durchgängig durch die in Abschn. 8.3 am Beispiel des V-Modells diskutierten Integrationsschritte bis zum Beginn der Konzeptphase zu überführen und schon dort verfügbar zu machen.

For early assessment, a common approach is to set up vehicles with additional prototyping hardware and perform real world testing. While this approach is essential to

assess the look-and-feel of newly developed concepts, its drawbacks are reduced reproducibility and high expenses to achieve a sufficient and balanced sample. To overcome these drawbacks, new flexible, realistic and preferably automated virtual test methods to complement real world verification and validation are especially required during early development phases [Bac17].

While real world validation is indispensable, it hampers reproducibility. The preliminary development phase is characterized by tight resources, frequent changes in design and an iterative modus operandi. Scant experience with the system properties leads to regular realignments and refactorings. To achieve satisfying results within an appropriate time span, besides the RP approach further stimuli for iterative test of control systems are required. These range from test vectors modelling certain interesting waveforms and replay of recorded data to more sophisticated approaches such as Time Partition Testing (TPT) [2], which facilitates systematic testing of embedded systems with continuous behavior, or X-in-the-loop (XiL) simulation [3-5]. XiL represents a simulation based methodology for the test of embedded systems over all development stages of the automotive industry. The selection of the appropriate stimuli depends on the specific characteristics of the System under Test (SuT). As shown in Figure 1, closed-loop control systems require stimulation by methods such as XiL, RP or TPT, which offer a sufficient degree of reactivity. Unfortunately, these elaborate methods require significant resources for deployment and maintenance. [Bac17]

Reuse of naturalistic driving data recorded with RP systems offers a substantial contribution to the preliminary development of open-loop systems because sparse additional resources are needed for the provision of realistic, repeatable and consistent stimuli. Closed-loop systems require the simulation of a plant model for feedback and time-consuming scenario definition, leading to limited variants and realism. [Bac17]

Aktuelle und künftige Assistenzsysteme können mit etablierten Methoden oft nur eingeschränkt oder gar nicht erprobt werden. Der derzeit vertretbare Auslösezeitpunkt einer automatischen Notbremsung liegt beispielsweise in einem sehr kurzen Zeitfenster unmittelbar vor einer Kollision [3]. Deshalb erweist sich die reproduzierbare und vor allem für den Versuchsfahrer sichere Erprobung derartiger Assistenzsysteme bisher als sehr schwierig. Fahrerassistenzsysteme, die in kritischen Verkehrssituationen unterstützen, erfordern eine Erprobung und Absicherung unter nahezu realen Verkehrsbedingungen. Der derzeitige Stand der Technik sind Fahrsimulatoren, Verkehrssimulationen und Erprobungsfahrzeuge, die mit Ersatzobjekten wie beispielsweise Schaumstoffwürfeln kollidieren. Die derzeit verfügbaren Testwerkzeuge, einen Überblick

gibt Bild 4, erfüllen die Anforderungen nach einer realistischen, reproduzierbaren, sicheren und zugleich Ressourcen schonenden Testumgebung allerdings nur eingeschränkt. [Boc08]

Der Ansatz des Prüfaufbaus Vehicle in the Loop (ViL) von Audi liegt daher in der Kopplung des realen Testfahrzeugs mit einer virtuellen Verkehrsumgebung, um die Vorteile beider Verfahren zu vereinen, Bild 4. [Boc08]

Insbesondere die Fahrzeugentwicklung ist von vielen Innovationen geprägt, die den Komfort, die Effizienz sowie die Sicherheit verbessern und optimieren sollen. Um ein globales Optimum zu erreichen, darf das System Fahrzeug nicht losgelöst von den Systemen Umwelt und Fahrer betrachtet werden. [Alb10]

Car-to-X-(beziehungsweise Car2X)-Technologien sorgen für die notwendige Vernetzung. Reale Fahrversuche sind aber mit einem enormen Kosten- und Zeitaufwand verbunden. Um diese durchzuführen und Szenarien abzubilden, müssen geeignete Testgelände sowie eine ausreichende Anzahl an Fahrzeugen mit prototypischen Car2X-Systemen vorhanden sein. Zudem bieten Tests in der realen Welt oft ein geringes Maß an Reproduzierbarkeit [2]. Aktuell beschränken sich Simulationen im Bereich Car2X auf Applikations- und Protokolltests [2]. [Alb10]

Das X-in-the-Loop-Framework beschreibt eine durchgängige und integrierte Entwicklungsumgebung für Antriebssysteme. Abgeleitet wurde dieser Ansatz vom klassischen Hardware-in-the-Loop-Ansatz (HiL). Dieser bezieht sich ausschließlich auf das Testen von Steuergeräten und Steuergerätefunktionen, integriert aber bereits „die Akteure“ Fahrer und Umwelt konsequent. Beim X-in-the-Loop-Framework steht das „X“ jeweils für den zu untersuchenden Prüfling, die Unit Under Test (UUT). Diese kann eine einzelne Antriebsstrangkomponente, zum Beispiel eine Kupplung, ein Steuergeräte-Code oder ein komplettes Fahrzeug sein – jeweils real oder virtuell. Auf jedem Systemdetailierungs-Layer (XiL-Layer) wird das Restfahrzeug simuliert. Mit dem Ziel, realitätsnahe Wechselwirkungen und Belastungen für die UUT zu gewährleisten. [Alb10]

Der Simulationsfortschritt wird getriggert, durch diskrete Ereignisse. Je größer das betrachtete Szenario und je mehr Kommunikationsknoten oder Fahrzeuginstanzen simuliert werden, desto mehr Ereignisse werden pro Simulationsschritt ausgelöst und desto höher sind folglich die Anforderungen an die Rechenleistung. Daher ist insbesondere hier die Wahl des richtigen Abstraktions- oder Genauigkeitsgrades wichtig. Die Technik, die dabei angewendet wird, ist das sogenannte Multi Resolution Modeling (MRM). Dabei werden komplexe Modelle, zum Beispiel das Umwelt- oder Verkehrsmodell parameterabhängig im Detailierungsgrad beziehungsweise der Performance vari-

iert. [Alb10]

Um die funktionale Sicherheit neuer Fahrerassistenzsysteme (FAS) abzusichern, kommen bei OEMs und Zulieferern je nach Entwicklungsphase unterschiedliche Test- und Bewertungsverfahren zum Einsatz. Simulationsmethoden wie Model-in-the-Loop (MiL) und Software-in-the-Loop (SiL) werden vor allem in einer frühen, Hardware-in-the-Loop (HiL) in einer späteren Entwicklungsphase eingesetzt. Die Systeme werden in ein virtuelles Fahrzeug integriert und im virtuellen Fahrversuch geprüft. Auf diese Weise können in sehr kurzer Zeit zahlreiche Tests unter beliebig konfigurierbaren und reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt werden [1]. Diese simulativen Methoden sind allerdings kein Ersatz für den realen Fahrversuch. Auch wenn die aktuellen Modelle sehr gut sind, besteht die Unsicherheit, dass die Ergebnisse nicht exakt auf das reale Fahrzeugverhalten übertragbar sind. Darüber hinaus ist eine subjektive Bewertung im Fahrversuch unerlässlich, um die Akzeptanz des Fahrers zu gewährleisten. Das Testen von FAS im klassischen Fahrversuch auf Straßen wird jedoch mit zunehmender Komplexität der Systeme immer aufwendiger. Während bei Einparkassistenten hauptsächlich nur stehende Objekte variiert werden müssen, um verschiedene Parkszenarien darzustellen, wird bei Systemen zur Unfallvermeidung wie dem Notbremsassistenten mindestens ein potenzieller Unfallgegner benötigt. In derzeit eingesetzten Verfahren werden hierfür sogenannte Dummy-Targets eingesetzt (zum Beispiel in [2]). Diese Ziele sind hauptsächlich für Auffahrszenarien im Längsverkehr ausgelegt. Weitere relevante Verkehrssituationen, wie etwa Querverkehr an einer Kreuzung, plötzlich einscherende Fahrzeuge oder die Kollisionsgefahr mit Fußgängern oder Radfahrern können nur eingeschränkt beziehungsweise mit erheblichem Aufwand untersucht werden. [Sch14]

Die neue Vehicle-in-the-Loop-Simulation (ViL) ist nach HiL und SiL eine innovative Methode, um die Komplexität bei der funktionalen Absicherung von Fahrerassistenzsystemen beherrschbar zu machen und gleichzeitig den Testaufwand zu reduzieren. Diese Methode kombiniert die Vorteile des Fahrversuchs und der Simulation, indem ein reales Fahrzeug in eine virtuelle Verkehrsumgebung eingebunden wird. [Sch14]

Dieses Testkonzept bietet folgende Vorteile: : reale Fahrdynamik : weniger materieller Aufwand als im rein realen Fahrversuch : reproduzierbare Testbedingungen : beliebig konfigurierbare Szenarien.

Weitere Anwendungsfelder für ViL sind unter anderem das Testen von Spurwechselassistenten, Notbremsassistenten mit und ohne Fußgängerbeziehung sowie die Untersuchung komplexer, autonomer Fahrfunktionen im virtuell fließenden Verkehr. [Sch14]

2.1.2 Klassifizierung von Fahrszenarien

- Terminologie, Unterscheidung Szene, Szenario, ... - Tabelle + Erklärung

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

2.2 Künstliche Neuronale Netze

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

2.2.1 Maschinelles Lernen

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

2.2.2 Convolutional Neural Network

A	B	C
1	2	3
4	5	6

Tabelle 2.1: very basic table

2.2.3 Recurrent Neural Network

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat [**latexcompanion**].

2.2.4 Training mit synthetischen Daten

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat [**latexcompanion**].

3. Konzept

In diesem Kapitel wird das gesamte Konzept für die Klassifizierung von Fahrszenarien erklärt.

In Abschnitt 3.2 wird die Auswahl der Werkzeuge etc. beschrieben

3.1 Struktur

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

3.2 Methodik

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

4. Umsetzung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua.

4.1 Datenvorbereitung

At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

4.1.1 Definition von Fahrszenarien

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

4.1.2 Simulation mit CarMaker

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

4.1.3 Daten Labeling

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

4.2 Training

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

4.2.1 Inputdaten

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

4.2.2 Architektur des neuronalen Netzes

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

4.2.3 Experimente

Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, At accusam aliquyam diam diam dolore dolores duo eirmod eos erat, et nonumy sed tempor et et invidunt justo

labore Stet clita ea et gubergren, kasd magna no rebum. sanctus sea sed takimata ut vero voluptua. est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur

4.3 Evaluation

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

4.3.1 Simulierte Daten

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

4.3.2 Reale Daten

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

5. Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum.

5.1 Ergebnis und Diskussion

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue duis dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

5.2 Ausblick

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

Literaturverzeichnis

- [Alb10] Albert Albers u. a. “X-in-the-Loop-Framework für Fahrzeuge, Steuergeräte und Kommunikationssysteme”. In: *ATZelektronik* (2010).
- [Bac17] Johannes Bach u. a. “Reactive-replay approach for verification and validation of closed-loop control systems in early development”. In: *SAE World Congress* (2017).
- [Boc08] Thomas Bock u. a. “Vehicle in the Loop: Ein innovativer Ansatz zur Kopplung virtueller mit realer Erprobung”. In: *ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift* (2008).
- [Bun05] Der Beauftragte der Bundesregierung für Informationstechnik. *V-Modell XT*. 2005. URL: https://www.cio.bund.de/Web/DE/Architekturen-und-Standards/V-Modell-XT/vmodell_xt_node.html (besucht am 19. 10. 2018).
- [Com14] SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee u. a. “Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems”. In: *SAE Standard* (2014).
- [HK15] Stephan Hakuli und Markus Krug. “virtuelle Integration”. In: *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. 2015.
- [Kin17] Christian King u. a. “Identifikation von Fahrszenarien während einer virtuellen Testfahrt”. In: *INFORMATIK 2017*. 2017.
- [PL16] Raphael Pfeffer und Tobias Leichsenring. “Continuous development of highly automated driving functions with vehicle-in-the-loop using the example of Euro NCAP scenarios”. In: *Simulation and Testing for Vehicle Technology*. 2016.

- [Sch14] Sebastian Schwab u. a. “Durchgängige Testmethode für Assistenzsysteme”. In: *ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift* (2014).
- [Tel11] Dirk Tellmann. “Hardware-in-the-Loop-gestützte Entwicklungsplattform für Fahrerassistenzsysteme”. Universität Kassel, 2011.

Abkürzungsverzeichnis

FAS Fahrerassistenzsysteme. 3–5

ITIV Institut für Technik der Informationsverarbeitung. iii

T Test. iii

ViL Vehicle-in-the-Loop. 3

Tabellenverzeichnis

2.1	very basic table	10
-----	----------------------------	----

Abbildungsverzeichnis

2.1	Norm SAE J3016 für die Level des autonomen Fahrens, entnommen aus [Com14]	4
2.2	V-Modell, adaptiert aus [HK15]	5

A. Appendix Title

A.1 Teil 1 des Anhangs

Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur adipiscing elit, sed diam nonumy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat.

Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis at vero eros et accumsan et iusto odio dignissim qui blandit praesent luptatum zzril delenit augue dui dolore te feugait nulla facilisi.

Nam liber tempor cum soluta nobis eleifend option congue nihil imperdiet doming id

quod mazim placerat facer possim assum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed diam nonummy nibh euismod tincidunt ut laoreet dolore magna aliquam erat volutpat. Ut wisi enim ad minim veniam, quis nostrud exerci tation ullamcorper suscipit lobortis nisl ut aliquip ex ea commodo consequat.

Duis autem vel eum iriure dolor in hendrerit in vulputate velit esse molestie consequat, vel illum dolore eu feugiat nulla facilisis.

At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, sed diam nonumy eirmod tempor invidunt ut labore et dolore magna aliquyam erat, sed diam voluptua. At vero eos et accusam et justo duo dolores et ea rebum. Stet clita kasd gubergren, no sea takimata sanctus est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur sadipscing elitr, At accusam aliquyam diam diam dolore dolores duo eirmod eos erat, et nonumy sed tempor et et invidunt justo labore Stet clita ea et gubergren, kasd magna no rebum. sanctus sea sed takimata ut vero voluptua. est Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum dolor sit amet, consetetur