

Informatik aktuell

Herausgeber: W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

Peter Holleczeck
Birgit Vogel-Heuser (Hrsg.)

Echtzeitsysteme im Alltag

Fachtagung der GI-Fachgruppe
Echtzeitsysteme (RT)
Boppard, 30. November/1. Dezember 2006



 Springer

Herausgeber

Peter Holleczeck
Regionales Rechenzentrum
der Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 1, 91058 Erlangen
peter.holleczeck@rrze.uni-erlangen.de

Birgit Vogel-Heuser
Universität Kassel
Fachgebiet Eingebettete Systeme
Fachbereich Elektrotechnik/Informatik
Wilhelmshöher Allee 73, 34121 Kassel
vogel-heuser@uni-kassel.de

Programmkomitee

R. Arlt	Hannover
R. Baran	Hamburg
J. Benra	Wilhelmshaven
F. Dressler	Tübingen
W. Gerth	Hannover
W. Halang	Hagen
H. Heitmann	Hamburg
P. Holleczeck	Erlangen
H. Kaltenhäuser	Hamburg
R. Müller	Furtwangen
D. Sauter	München
U. Schneider	Mittweida
G. Thiele	Bremen
B. Vogel-Heuser	Kassel
H. Windauer	Lüneburg
D. Zöbel	Koblenz

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

CR Subject Classification (2001): C3, D.4.7

ISSN 1431-472-X

ISBN-10 3-540-47690-3 Springer Berlin Heidelberg New York

ISBN-13 978-3-540-47690-0 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Berlin Heidelberg New York
Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
Printed in Germany

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage vom Autor/Herausgeber
Gedruckt auf säurefreiem Papier SPIN: 11891819 33/3142-543210

Vorwort

Wenn man als Experte mit diesem etwas flapsig formulierten Thema „Echtzeitsysteme im Alltag“ konfrontiert wird, sieht man sich unwillkürlich zuerst in die Erfahrungswelt des Normalbürgers gedrängt. Die Automatisierungs- und Steuertechnik ist in alle Bereiche des täglichen Lebens vorgedrungen und spielt, bemerkt oder unbemerkt, eine immer größere Rolle, meist nicht immer eine glückliche. Davon kann sich jeder ein Bild machen, und das ist

- ärgerlich bis zynisch (Bahn-Kassenautomaten),
- drohend (sich selbst befüllender Kühlschrank),
- befremdlich (intelligente Kleidung),
- riskant (vollautomatisiertes Wohnhaus),
- fatalistisch („von diesem Fahrzeug wird es keine Oldtimer geben“).

Man hat das Gefühl, die propagierte schöne neue Welt soll sukzessive von uns Besitz ergreifen, damit wir immer geeignet investieren. Dort, wo wir (wie bei Kassenautomaten) der Technik bedingungslos ausgeliefert sind, muss sich kein Entwickler die Mühe machen, sich an seinen Unterricht in Sachen Benutzerschnittstelle zu erinnern. Nur wenig scheint hilfreich ausgedacht und soll Energie und Rohstoffe schonen (wie Waschmaschine und Geschirrspüler) oder uns in kritischen Situationen korrigieren (wie ESP im Kfz).

Der Workshop als Forum zur Klage? Nein, wir wissen schließlich, dass Technik ambivalent ist - und dass es darauf ankommt, was man mit den Errungenschaften macht.

Die FG möchte handwerklich an das technisch hochinteressante Gebiet herangehen, die oft beeindruckenden Anforderungen herausarbeiten, einige Schulweisheiten hervorkramen, neue hinzufügen und einige positiv besetzte Themen untersuchen. Wer sah sich nicht schon einmal dem feinmotorischen Albtraum ausgesetzt, als Ungeübter einen Anhänger rückwärts fahrend steuern zu müssen? Wer möchte seine Modelleisenbahn nicht so steuern wie die Profis?

Zu dem Schwerpunktthema des Workshops „Echtzeitsysteme im Alltag“ reichen die Beiträge in den drei Sitzungen von der Untersuchung von Fahrerassistenz, über Videokonferenzsysteme bzw. Digitales Fernsehen bis zu Mixed Reality und Serviceorientierten Architekturen. Die Unterstützung von Wartungsaufgaben mittels Head Mounted Display oder Stereobrille gehört zu den bekannten Bildern von Echtzeitsystemen im Alltag. Häufig treffen diese Systeme jedoch nicht die Anforderungen der Endanwender und werden in Folge dessen auch nicht akzeptiert. Unter dem Stichwort Mixed Reality wird ein vereinfachtes Verfahren ohne solch technisches Equipment vorgestellt.

Traditionell werden die Methoden und Anwendungen in einem eigenen Schwerpunkt diskutiert. Im Schwerpunkt Methoden werden Agentenorientierte Ansätze und Semantic Web-Technologien für eine ganzheitliche semantische Beschreibung ebenso diskutiert wie die Koexistenz unterschiedlicher Zeitanforderungen in einem gemeinsamen Rechensystem.

Das Programmkomitee der Fachgruppe ist überzeugt, ein aktuelles und interessantes Programm zusammengestellt zu haben und freut sich, in Gestalt der Reihe Informatik aktuell wieder ein vorzügliches Publikationsmedium zur Verfügung zu haben. Unser besonderer Dank gilt den Firmen Artisan, GPP, Siemens und Werum, die mit ihrer Unterstützung die Herausgabe des Tagungsbandes erst ermöglicht haben.

Wir wünschen den Teilnehmern einen interessanten und intensiven Erfahrungsaustausch.

September 2006

Kassel

Birgit Vogel-Heuser

Erlangen

Peter Holleczeck

Inhaltsverzeichnis

Echtzeit im Alltag (1)

Visuelle Lenkassistentz für Fahrzeuge mit Einachsanhänger 1
D. Zöbel, U. Berg, M. Schönfeld

DVB-T-C-S – Digitales Fernsehen über Antenne, Kabel und Satellit,
MHP – Echtzeitübertragung im digitalen Fernsehen 11
A. Sieber

Methoden

Koexistenz unterschiedlicher Zeitanforderungen in einem gemeinsamen
Rechensystem 16
R. Kaiser

Semantic-Web-Technologie für die ganzheitliche semantische
Beschreibung von Mechatronikobjekten 26
*U. Schmidtman, G. von Cölln, G. Kreutz, J. Thomaschewski,
R. Koers, B. Wenker*

Kopplung von regelungstechnischer Analyse und Agentensystemen 36
A. Wannagat, B. Vogel-Heuser

Echtzeit im Alltag (2)

Der FHFTrain als Modell für eine Service orientierte Architektur im
Ubiquitous Computing 46
H. Böttger, L. Piepmeyer

Embedded Systems und Bussysteme zur digitalen Steuerung von
Modelleisenbahnen – oder, wie viele Mikro's werden heute in modernen
Modellbahnsteuerungen eigentlich verbaut?..... 53
W. Kabatzke

Kommunikation

Implementierung und Vergleich verschiedener Strategien zur
Durchführung von Ethernet Performance Messungen 63
*M. Gernoth, J. Reinwand, S. Kraft, V. Venus, R. Karch, R. Kleineisel,
B. König*

Evaluation of Real-Time Aspects of Multiparty Security on Low-Power
Mobile Devices 71
T. Limmer, F. Dressler, R. Gonzalez

Echtzeit im Alltag (3)

„Mixed Reality“– kann der Computer zum echten Helfer werden? 81
P.F. Elzer, H. Chen, V. Nikolic, R. Behnke

Ein ausfallsicheres Kommunikationssystem für Schiffsbesatzungen auf
Basis von VoIP 91
J. Rödel, R. Baumgartl

Ein PEARL-Einplatinenrechner hält Einzug auf dem Bauernhof 101
E. Steinle, W.A. Halang

Visuelle Lenkassistenz für Fahrzeuge mit Einachsanhänger

Dieter Zöbel, Uwe Berg, Martin Schönfeld

Universität Koblenz-Landau, Fachbereich Informatik, Institut für Softwaretechnik

Zusammenfassung. Das Rückwärtsfahren von Fahrzeugen mit Anhängern macht erfahrungsgemäß große Schwierigkeiten. Anders als beim Vorwärtsfahren zeigen Gliederfahrzeuge bei der Rückwärtsfahrt chaotisches Verhalten, d.h. kleine Lenkradbewegungen haben große Wirkungen. Ein geeignetes Assistenzsystem könnte den alltäglichen Umgang mit einem Gespann erleichtern. Im vorliegenden Artikel wird ein Assistenzsystem vorgestellt, das dem Fahrer/der FahrerIn die Kontrolle eines Einachsanhängers durch eine optische Assistenz erleichtern will. Neben technischen und ergonomischen Fragestellungen, die in diesem Zusammenhang zu lösen sind, ist auch gefordert, eine hohe Reaktivität des Systems zu erreichen. Im konkreten Anwendungsfall bedeutet dies, dass die Wirkung von Lenkradbewegungen unmittelbar sichtbar gemacht werden muss.

1 Einleitung

Das Zurückstoßen mit Fahrzeugen, an die ein Anhänger angekoppelt ist, wird als schwierige Aufgabe aufgefasst. Diese Empfindung wird dadurch bestätigt, dass das kinematische Verhalten von Gespannen aus physikalischer Sicht in die Kategorie der nicht-holonomen Bewegungen fällt und komplexe mathematische Beschreibungsmitel erfordert. Auch aus der Sicht des autonomen Fahrens gelten solche Fahrzeuge als schwer zu beherrschen (vergleiche [4]).

Besonders unerfahrene Fahrer und Fahrerinnen¹ sind beim Rückwärtsfahren mit Anhänger überfordert. Aber selbst für professionelle Kraftfahrer, die tagtäglich mit Gliederfahrzeugen unterwegs sind, stellen rückwärtige Fahrmanöver mit Gliederfahrzeugen eine Herausforderung dar. Wir haben eine Reihe solcher Fahrer hinsichtlich der von ihnen empfundenen Schwierigkeiten beim Rückwärtsfahren mit Anhänger befragt. Folgendes wurde genannt:

- geringer Anteil des Rückwärtsfahrens an der Gesamtfahrzeit
- wenig intuitiver Lenkvorgang
- eingeschränkte Sicht nach hinten

Der erste Grund für die Schwierigkeiten ist darin zu suchen, dass nur zu einem kleinen Teil der Zeit, die ein Fahrer am Lenkrad verbringt, rückwärts gefahren wird. Oftmals werden deshalb notwendig werdende Rückfahrmanöver als außergewöhnliche Belastung empfunden.

¹ Im Folgenden wird der Einfachheit halber immer nur von Fahrern gesprochen werden.

Ein weiterer Grund ist der, dass der Lenkvorgang als unlogisch empfunden wird. Diese gilt insbesondere für den Einachsanhänger, der in diesem Artikel im Vordergrund steht. Denn, wenn man ein solches Gespann beispielsweise nach links einknicken möchte, ist zunächst nach rechts zu lenken. Erst wenn der Anhänger die gewünschte Fahrtrichtung eingenommen hat, wird das Zugfahrzeug in die ursprünglich intendierte Richtung gelenkt.

Den letzten Grund, den professionelle Kraftfahrer angeben, liegt in der Sicht nach hinten und zu beiden Seiten hin. Diese sind in Abbildung 1 verdeutlicht, (a) für die Linkskurve und (b) für die Rechtskurve. Bei der Vermessung der sichtbaren Bereiche bei unterschiedlichen Herstellern von Lastkraftwagen war immer die Seite, die abgewandt zum Fahrer ist, besonders schmal geschnitten. Während auf der Fahrerseite ungefähr 23° eingesehen werden konnten, waren es auf der anderen nur etwa 12° . Dies trägt dazu bei, dass Rechtskurven als besonders kritisch betrachtet werden. Insgesamt hat der Fahrer eine deutlich eingeschränkte Wahrnehmung bezogen auf die hinteren Fahrzeugteile, wobei er auch noch intensiv auf die Bewegung, die er mit der Spitze des Zugfahrzeugs macht, achten muss.

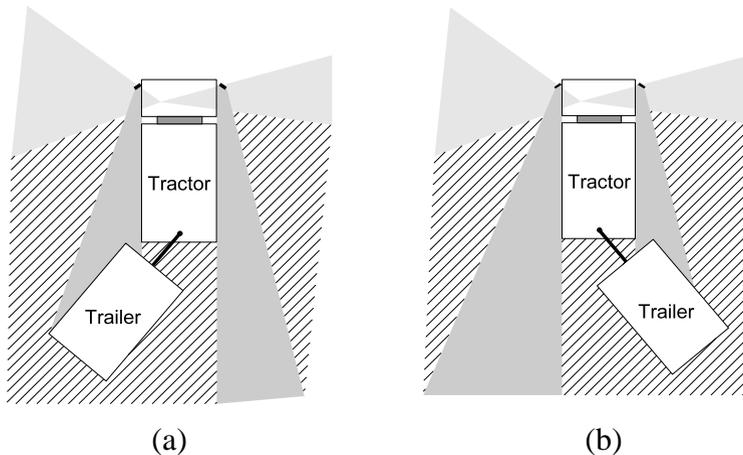


Abbildung 1: Sichtbarkeit von Zugfahrzeug und Anhänger (a) in einer Linkskurve und (b) in einer Rechtskurve.

Trotz aller Schwierigkeiten, die hier beschrieben wurden, sind uns wenige wissenschaftliche Untersuchungen bekannt, die sich mit der Kinematik von Gespannen und ihrer assistierten Benutzung auseinandersetzen (vergleiche [1], [2], [3], [5] und [8]). Dies ist umso verwunderlicher, als gerade diese Manöver bei Speditionen zu den herausragenden Schadensquellen gezählt werden. Aus diesem Grund sind im Rahmen einer Förderung durch das Land Rheinland-Pfalz² verschiedene Formen der Fahrassistenz entworfen und prototypisch entwickelt worden. Diese verfolgen das Ziel, dem Fahrer geeignete Unterstützungen für das Rückwärtsfahren mit einachsigen Anhängern zu bieten. Eine Form der Assistenz, die auf einer visuellen Darstellung von Fahrkurven beruht, ist in diesem Artikel dargestellt.

² Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

Dieser Artikel beginnt damit, die Hardware- und Software-technische Struktur des Lenkassistentzsystems zu beschreiben. Es folgt eine kurze Erläuterung der kinematischen Grundlagen von Gespannen, die die Voraussetzung bilden, um angemessene Lenkassistentz zu ermöglichen. Eine Bewertung der Lenkassistentz durch Testfahrer und eine abschließende Betrachtung runden den Artikel ab.

2 Architektur des Lenkassistentzsystems

Eine visuelle Unterstützung des Fahrers soll ihm die aktuelle Situation des Fahrzeugs in seiner Umgebung sowie die zukünftige Entwicklung der Fahrzeugbewegung anzeigen. Im Mittelpunkt stehen dabei sowohl Personenwagen mit Einachsanhänger wie beispielsweise Wohnwagen als auch Lastkraftwagen mit einachsigen Anhänger. Sattelschlepper mit Sattelaufleger haben ein unwesentlich modifiziertes Bewegungsverhalten und sind im aktuellen Prototyp noch nicht integriert. Aber eine Erweiterung der Assistentz auf diesen Fahrzeugtyp ist bereits in Arbeit.

Nach Gesetzeslage ist bei Lenkassistentzsystemen nach wie vor der Fahrer für alle Fahrzeugbewegungen verantwortlich. Er muss lenken, Gas geben und bremsen. Damit beeinflusst er allein den Zustand des Fahrzeugs, der von einem System von Sensoren wahrgenommen und an die Logik des Lenkassistentzsystems weitergeleitet wird.

Auf der anderen Seite verfügt der Fahrer über einen Bildschirm, in den die Sicht vom Anhänger aus nach hinten eingebildet wird. Zusätzlich wird dieses reale Bild ergänzt durch eine Projektion der virtuellen Trajektorien, die sein Fahrzeug beim Rückwärtsfahren in Zukunft verfolgen wird. Diese Projektion stellt eine Überblendung der Realität dar und wird mit dem Schlagwort *augmented reality* bezeichnet. Beides, reale und virtuelle Darstellung, bildet die Mensch-Maschine-Schnittstelle bzw. *human machine interface* (HMI in Abbildung 2).

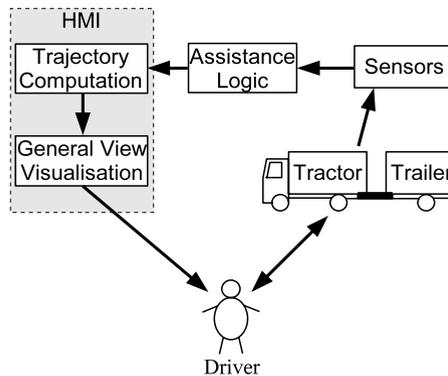


Abbildung 2: Blockdiagramm der wesentlichen Komponenten des Lenkassistentzsystems

Die Berechnung der Trajektorien und deren Projektion auf die rückwärtige Fahrfläche bildet eine zentrale Aufgabe des Lenkassistentzsystems. Dazu sind zwei entscheidende Kenngrößen erforderlich, die von entsprechenden Sensoren geliefert wer-

den. Dies ist zum einen die aktuelle Lenkradstellung, die auf die Stellung der gelenkten Räder, den so genannten Radlenkwinkel α , umzurechnen ist. Zum anderen muss der Winkel zwischen den Längsachsen des Zugfahrzeugs und des Anhängers, der so genannte Einknickwinkel γ , ermittelt werden.

Der Einknickwinkel γ ist noch einmal genauer zu betrachten. Zwei Winkelwerte, und damit zwei Zustände, sind markant. Zum einen ist das der Winkel (K1), ab dem es nicht mehr möglich ist, das Gespann in Rückwärtsfahrt gerade zu richten. Wird dieser Winkel überschritten, dann ist es notwendig, zunächst ein Stück nach vorne zu fahren, um den Einknickwinkel wieder zu verkleinern. Diese unangenehmen Manöver kennt jeder, der eher selten mit Anhängern rückwärts fahren muss. Der andere Wert (K2) ist noch unangenehmer, ja gar gefährlich. Er bezeichnet denjenigen Einknickwinkel, bei dem eine vordere Ecke des Anhängers bereits mit dem Zugfahrzeug kollidiert. Winkel dieser Art sind unbedingt zu vermeiden.

Bei einem Lenkassistentensystem ist besonderes Augenmerk auf die Mensch-Maschine-Schnittstelle zu legen. Neben den ergonomischen Gesichtspunkten (siehe auch Abschnitt 4) steigt und fällt der Nutzen einer Darstellung damit, inwieweit es gelingt, Änderungen des Fahrzeugzustandes unmittelbar zu erkennen und mit möglichst geringer Verzögerung an den Fahrer weiterzugeben.

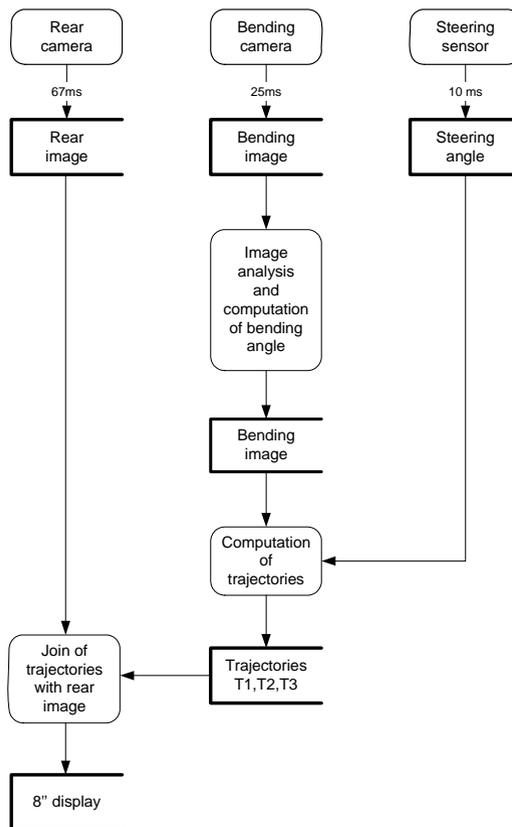


Abbildung 3: Blockdiagramm der wesentlichen Komponenten des Lenkassistentensystems

Drei Sensoren, davon 2 Kameras, liefern die Eingabedaten in regelmäßigen Zeitabständen (siehe Abbildung 3, Zeitabstände an den oberen Kanten):

- Rückfahrkamera (*rear camera*): Diese Kamera ist am Heck des Anhängers angebracht und erfasst den rückwärtigen Bereich des Gespanns.
- Kamera zur Erfassung des Einknickwinkels (*bending camera*): Diese Kamera ist am Heck des Zugfahrzeugs angebracht und erfasst eine vermessene Musterfläche an der Stirnseite des Anhängers.
- Potentiometer am Lenkgestänge (*steering sensor*): Die ermittelte Spannung wird in den Radlenkwinkel α umgerechnet.

Die Eingangsdaten *rear image*, *bending image* und *steering angle* werden konkurrierend auf einem zentralen Rechner weiter verarbeitet und auf einem Bildschirm angezeigt (vergleiche Abbildung 5). Grob sind drei wesentliche Aufgaben zu erledigen:

1. Mit einem photogrammetrischen Verfahren wird aus dem *bending image* und der Geometrie des Gespanns der Einknickwinkel *bending angle* γ berechnet (vergleiche [8]). Die dazu notwendige Analyse des Pixelbildes dauert datenabhängig zwischen *30ms* und *60ms*.
2. Aus dem Einknickwinkel und dem Radlenkwinkel werden die Trajektorien (T_1 , T_2 , T_3) berechnet. Die Dauer dieses Verfahrens liegt unter *2ms*.
3. Die Projektion und Verschmelzung der Trajektorien mit dem realen Bild der Rückfahrkamera dauert höchstens *11ms*.

Den Aufgaben (2.) und (3.) wird eine höhere Bedeutung eingeräumt als der Aufgabe (1.). Das hängt einerseits damit zusammen, dass das Bild der Rückfahrkamera aus Sicherheitsgründen so aktuell wie möglich sein soll. Des Weiteren soll der Fahrer den Eindruck haben, dass seine Lenkradbewegungen ohne erkennbare Zeitverzögerung weitergegeben werden. Lenkradbewegungen können viel abrupter sein als die Änderung des Einknickwinkels. Somit erhält die die Sequenz der Aufgaben (2.) und (3.) die höchste Priorität und wird alle *30ms* angestoßen, damit neue Bilder der Rückfahrkamera in weniger als *100ms* an den Fahrer gegeben werden können.

Die Aufgabe (1.) läuft auf niedrigster Priorität. Bedingt dadurch erhält sie erhält sie nur $(30-11-2)/30$ -tel der Rechenzeit des Prozessors. Unter ungünstigen Bedingungen kann es deshalb fast *250ms* dauern, bis die Veränderung des Einknickwinkels auf den Bildschirm in entsprechend veränderten Trajektorien wirksam wird. Dies ist bei den typischen Geschwindigkeiten beim Rückwärtsfahren gerade noch hinreichend.

3 Kinematik einachsiger Gespanne

Die Trajektorien, die das reale Bild überblenden, sind auf der Grundlage der kinematischen Eigenschaften von einachsigen Gespannen zu berechnen. Dynamische Eigenschaften der Fahrzeugteile können deshalb außer Acht gelassen werden, weil diese bei den typischen Geschwindigkeiten, mit denen rückwärtige Manöver ausgeführt werden, keine entscheidende Rolle spielen. Damit beschränkt sich die Assistenz auf Geschwindigkeiten von maximal *1m/s*, was bislang nicht als Einschränkung empfunden wurde.

Die Berechnung kinematischer Eigenschaften basiert darauf, die Fahrzeuggeometrie auf ein so genanntes Einspurmodell zu reduzieren. Dabei ist jede Achse auf ein