



FOM Hochschule für Ökonomie und Management

Hochschulzentrum München

Seminararbeit

Im Rahmen des Moduls

Arbeitsmethoden und Softwareunterstützung

Über das Thema

Umwelteffekte des autonomen Fahrens

von

Julian Türner

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	IV
1 Umweltbelastung	1
2 Kraftfahrzeuge	2
2.0.1 Antriebseinheit	2
2.0.2 Arbeitseinheit	3
2.0.3 Energieübertragungseinheit	3
2.0.4 Stütz- und Trageinheit	3
2.0.5 Steuerungs- und Regelungseinheit	3
2.1 Fahrzeugklassen	4
2.1.1 Klasse M	4
2.1.2 Klasse N	5
2.2 Umweltbelastungen von Kraftfahrzeugen	6
2.2.1 Verbrennungsabgase	6
2.2.2 Abrieb	7
2.2.3 Infrastruktur	7
2.3 Wie kann autonomes Fahren die negativen Auswirkungen reduzieren?	7
2.3.1 Autonomes Fahren	7
2.3.2 Umwelteinflüsse	8
2.3.3 Feinstaub	9
3 Hauptteil	10
3.1 Forschungsgegenstand im Detail	10
3.1.1 Aktueller Stand der Technik beim Autonomen Fahren	10
3.1.2 Voraussichtliche Verteilung der Fahrzeuge künftig	10
3.1.3 Produzenten von Freistaub	10
3.1.4 Problemsituationen	10
4 Schluss	11
4.1 Kurzzusammenfassung der Arbeit	11

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	:	Teilsysteme des Kraftfahrzeugs	2
--------	---	--------------------------------	-------	---

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Kfz *Kraftfahrzeug*

Nfz *Nutzfahrzeug*

Pkw *Personenkraftwagen*

SAE *Society of Automotive Engineers*

GRA *Geschwindigkeitsregelanlage*

km/h Kilometer pro Stunde

t Tonnen

NO Stickoxide

NO_x Stickstoffoxide

CO₂ Kohlenstoffdioxid

CO Kohlenmonoxid

HC Hydrocarbon

z.B. zum Beispiel

u.a. unter anderem

u.s.w. und so weiter

1 Umweltbelastung

Durch das erreichte Stadium der technischen Entwicklung in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verändert und belastet der Mensch die Umwelt. Die Umweltbelastung kann viele Ursachen haben, möglicherweise sind bessere Lösungen nicht umsetzbar oder wirtschaftlich nicht attraktiv. Die Umweltbelastung entsteht auf verschiedenen Ebenen, die sich in ihrer Gegebenheit unterscheiden. Es gibt energetischen Belastungen, wie Strahlen, Lärm und Erschütterungen. Es gibt Umweltbelastungen durch feste Stoffe wie Abfälle die durch Bau und Abbruch entstehen, Abfälle aus Produktionen und Abfälle aus der Gewinnung von Bodenschätzen. Auch flüssige Stoffe belasten die Umwelt. Sie entstehen durch Chemie Fabriken, Reste von Medikamenten die durch den Urin in das Abwasser gelangen oder durch Umweltkatastrophen bei der sich das Wasser mit anderen Stoffen vermischt. Ein Beispiel hierfür könnte ein Erdbeben sein, welches ein Atomkraftwerk beschädigt und radioaktives Wasser ausläuft. Die größte Umweltbelastung ist aber die gasförmige Verschmutzung, welche die Luft verschmutzt. Durch unsachgemäßes Recycling kann eine Luftverschmutzung entstehen. Wenn zum Beispiel feste Stoffe verbrannt werden um nicht brennbare Stoffe wieder zu verwerten. Das ist der Fall bei Stromkabeln wenn die Isolierung verbrannt wird um das wertvolle Kupfer zu gewinnen. Die Luftverschmutzung ist die eine große Ursache für Krankheiten und den vorzeitigen Tod von Menschen. Sie kann in den Körper eindringen und schwerwiegende Krankheiten auslösen. Luftverschmutzung entsteht bei Tierhaltung sowie durch den Einsatz von Pestiziden.

Die Hauptursache sind aber Abgase die bei der Verbrennung von fossilen Kraftstoffen entstehen. Ein großer Träger bei der Verbrennung von fossilen Kraftstoffen sind Kraftfahrzeuge.

2 Kraftfahrzeuge

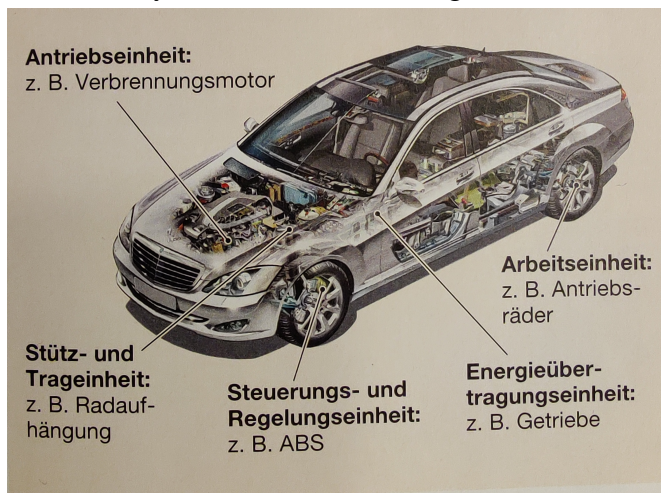
*Als Kraftfahrzeuge im Sinne dieses Gesetzes gelten Landfahrzeuge, die durch Maschinenkraft bewegt werden, ohne an Bahngleise gebunden zu sein.*¹

Da Kraftfahrzeuge Landfahrzeuge sind gehören Flugzeuge, Schiffe oder Boote nicht zu der Kategorie, obwohl sie durch Maschinenkraft bewegt werden. Auch Züge oder Trambahnen gehören nicht in die Kategorien, da sie an Bahngleise gebunden sind.

Moderne Kraftfahrzeuge werden aus folgenden Teilsysteme gebildet:

- Antriebseinheit
- Energieübertragungseinheit
- Stütz- und Trageinheit
- Steuerungs- und Regelungseinheit
- Arbeitseinheit

Bild 1: Teilsysteme des Kraftfahrzeugs



Quelle: Westermann S. 19

2.0.1 Antriebseinheit

Die Antriebseinheit wandelt die zugeführte Energie in die erforderliche Antriebsenergie um.² Diese Umwandlung wird im Motor durchgeführt. Hauptsächlich werden Elektro- und Verbrennungsmotoren eingesetzt.

¹Straßenverkehrsgesetz, § 1 Abs. 2

²Westermann S. 19

Verbrennungsmotoren unterscheiden sich von Elektromotoren durch ihre Energieerzeugung. Die Energieerzeugung wird durch die Verbrennung von Kraftstoff erzeugt. Dazu wird ein Kraftstoff Luftgemisch in einem Brennraum mit Kolben zur Verbrennung verwendet. Durch die Verbrennung steigt der Druck im Brennraum stark an und bewegt einen Kolben.

2.0.2 Arbeitseinheit

Die Arbeitseinheit ist die Verbindung zwischen den Antriebsrädern und der Fahrbahn. Durch die Bewegung der Antriebsrädern wird das Kraftfahrzeug in Bewegung gesetzt.

2.0.3 Energieübertragungseinheit

Die Energieübertragungseinheit leitet die Energie in der geforderten Bewegungsart und Bewegungsgeschwindigkeit zur Arbeitseinheit weiter.³

Energieübertragungseinheiten sind Baugruppen einer Maschine, die zur Übertragung von Energie in benötigt werden. Beispiel hierfür sind Kabel zur die Elektrische Engergie leiten, aber auch Wellen, Zahnräder oder Riemen welche mechanische Energie weiterleiten.

2.0.4 Stütz- und Trageinheit

Am Kraftfahrzeug ist die Stütz- und Trageinheit der Rahmen oder oder der selbsttragende Aufbau. Diese haben hauptsächlich die Aufgabe, die Teilsysteme aufzunehmen und zu einer Einheit zu verbinden.⁴

2.0.5 Steuerungs- und Regelungseinheit

Die Steuerungs- und Regelungseinheit Beeinflusst die Stoff- und Energieumsetzung durch Informationsverarbeitung⁵

Steuerungseinheit

Bei der Steuerungseinheit werden verschiedene Eingangsgrößen durch das System ein oder mehrere Ausgangsgrößen erzeugt. Beispiele für Steuerungen sind:

- Klimaanlage: Es wird eine Solltemperatur eingestellt. Die Klimaanlage kühlt konstant. Die Klimaanlage kühlt solange mit dieser eingestellten Temperatur bis sie verändert wird. Die Umgebungstemperatur wird nicht berücksichtigt.
- Licht: Der Schalter wird betätigt und das Licht wird eingeschaltet. Das Licht bleibt permanent eingeschaltet. Das Licht geht erst aus wenn der Schalter ausgeschaltet wird. Das Umgebungslicht wird nit berücksichtigt.

Regelungseinheit

Bei einer Regelungseinheit werden die Eingangsgrößen mit einem Sollwert verglichen und so lange angepasst bis der Sollwert erreicht wird. Beispiele für Regelungen sind:

³Westermann S. 19

⁴Westermann S. 19

⁵Westermann S. 19

- Klimaautomatik: es wird eine Solltemperatur eingestellt. Es wird gemessen wie warm oder wie Kalt die Temperatur ist. Sollte die Temperatur unter der Solltemperatur liegen, wird die Klimaautomatik auf Heizen gestellt. Sollte die Temperatur über der Solltemperatur liegen, wird die Klimaautomatik auf Kühlen gestellt.
- Lichtautomatik: Es gibt eine Schwelle bei der das Licht eingeschaltet werden soll. Es gemessen wie hell das Umgebungslicht ist. Sollte das Umgebungslicht zu gering sein wie zum Beispiel (z.B.) im Tunnel oder bei Dämmerung wird das Licht eingeschaltet. Sobald das Umgebungslicht wieder hell genug ist zum Beispiel (z.B.) beim verlassen des Tunnels oder bei Sonnenaufgang, wird das Licht wieder ausgeschaltet.

2.1 Fahrzeugklassen

Kraftfahrzeuge können Bauartbedingt in Kategorien eingeordnet werden. Die EU Kommission hat hierfür acht Klassen definiert.⁶

- Klasse L: Leichte ein- und zweispurige Kraftfahrzeuge
- Klasse M: Vorwiegend für die Beförderung von Fahrgästen und deren Gepäck ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge
- Klasse N: Vorwiegend für die Beförderung von Gütern ausgelegte und gebaute Kraftfahrzeuge
- Klasse O: Anhänger, die sowohl für die Beförderung von Gütern und Fahrgästen als auch für die Unterbringung von Personen ausgelegt und gebaut sind
- Klasse S: unvollständige Fahrzeuge, die der Unterklasse der Fahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung zugeordnet werden soll
- Klasse R: Anhänger, die in der Land- und Forstwirtschaft verwendet werden
- Klasse S: Maschinen, die in der Land- und Forstwirtschaft zum Einsatz kommen und gezogen werden
- Klasse T: Zugmaschinen, die in der Land- und Forstwirtschaft verwendet werden wie Traktoren
- Klasse C: Zugmaschinen, die in der Land- und Forstwirtschaft verwendet werden und auf Ketten laufen wie ein Bagger

Die relevantesten Klassen sind M und N.

2.1.1 Klasse M

In der Klasse M werden Kraftfahrzeuge eingeordnet die für die Beförderung von Personen und Gepäck zuständig sind und mindestens 4 Räder haben sowie eine Höchstgeschwindigkeit von über 25 Kilometer pro Stunde (km/h) haben.

Die Klasse M wird spaltet sich in 3 Unterklassen auf.

- Klasse M1

⁶VERORDNUNG (EU) Nr. 678/2011 DER KOMMISSION vom 14. Juli 2011, TEIL A ABS.1 - <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/678/oj?locale=de>

- Klasse M2
- Klasse M3

Klasse M1

Kraftfahrzeuge der Klasse M1 haben über die Eigenschaften der Klasse M noch folgende weitere Eigenschaften:

- nicht mehr als 8 Sitzplätze und 1 Platz für den Fahrer
- keine Stehplätze
- zulässiges Gesamtgewicht von maximal 3,5 Tonnen (t)

In der Klasse M1 Kraftfahrzeuge wie Personenkraftwagen (Limousine, Cabrio) und Wohnmobile zu finden.

Klasse M2

Kraftfahrzeuge der Klasse M2 haben über die Eigenschaften der Klasse M noch folgende weitere Eigenschaften:

- mehr als 8 Sitzplätze
- zulässiges Gesamtgewicht von maximal 5 t

In der Klasse M2 sind Kraftfahrzeuge wie ein Eindecker-Bus bis 5 t oder ein Doppeldecker-Bus bis 5 t zu finden.

Klasse M3

Die dritte Unterklasse der Klasse M ist M3.

Kraftfahrzeuge der Klasse M3 haben über die Eigenschaften der Klasse M noch folgende weitere Eigenschaften:

- mehr als 8 Sitzplätze
- zulässiges Gesamtgewicht von über 5 t

In der Klasse M3 sind Kraftfahrzeuge wie ein Eindecker-Bus über 5 t oder Doppeldecker-Bus über 5 t zu finden.

2.1.2 Klasse N

In der Klasse N werden Kraftfahrzeuge eingeordnet die für die Beförderung von Gütern zuständig sind und mindestens 3 Räder haben sowie ein zulässiges Gesamtgewicht von über 1 t haben. Die Klasse N spaltet sich in 3 Unterklassen auf.

- Klasse N1
- Klasse N2
- Klasse N3

Klasse N1

Fahrzeuge zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse bis zu 3,5 t. In der Klasse N1 sind Kraftfahrzeuge die in dicht besiedelten Regionen gut zurecht kommen, wie Paketzusteller oder Fahrzeuge der Post.

Klasse N2

Fahrzeuge zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse von zu 3,5 t bis 12 t. In der Klasse N2 sind Kraftfahrzeuge die regional Güterbefördern, dies könnten Kraftfahrzeuge die Waren aus einem Zentrallager in die Filialen transportieren. Diese Kraftfahrzeuge sind darauf ausgelegt hunderte Kilometer zurückzulegen.

Klasse N3

Fahrzeuge zur Güterbeförderung mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 t. In der Klasse N3 sind Kraftfahrzeuge die überregional Güterbefördern, wie ein Kraftfahrzeug das große Mengen an Ladung fassen kann und darauf ausgelegt sind tausende Kilometer zurückzulegen.

2.2 Umweltbelastungen von Kraftfahrzeugen

Kraftfahrzeuge belasten die Umwelt auf verschiedene Arten. Hierunter fallen die Erzeugung von Rohstoffen für Materialien die für die Produktion von Kraftfahrzeugen benötigt werden, die tatsächliche Produktion von Kraftfahrzeugen, der Betrieb von Kraftfahrzeugen, sowie die Entsorgung von Kraftfahrzeugen.

Gerade aber der Betrieb von Kraftfahrzeugen belastet die Umwelt durch die verschiedenen Arten von Schadstoffen. Unterschieden wird durch die Verbrennung von Kraftstoff freigesetzten Schadstoffe in Form von Verbrennungsabgasen aber auch durch Partikel die durch den Abrieb der Reifen oder Bremsbeläge freigesetzt werden. Aber auch die Infrastruktur belastet die Umwelt.

2.2.1 Verbrennungsabgase

Die größten Anteile der giftigen Schadstoffe die durch die Verbrennung von Kraftstoff entstehen sind:

- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickoxide (NO)
- unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC)
- Feinstaub

Es gibt auch ungiftige Stoffe die durch die Verbrennung erzeugt werden wie z.B. Wasser, Kohlenstoffdioxid (CO₂). Die durch die Verbrennung entstehenden Abgase werden in einer Abgasanlage in die Umwelt geleitet. In der Abgasanlage werden auch giftige Gase im Rahmen des technisch Möglichen aufgespalten und umgewandelt um den negativen Einfluss zu verringern.

2.2.2 Abrieb

2.2.3 Infrastruktur

2.3 Wie kann autonomes Fahren die negativen Auswirkungen reduzieren?

2.3.1 Autonomes Fahren

!!! Was sind autonome Fahrzeuge? !!! Welche

Beim autonomen Fahren, fährt ein *Kraftfahrzeug* (Kfz) Verwaltungsgefäß selbständig. Für Kfz wurden von der *Society of Automotive Engineers* (SAE) Institut in der Norm SAE J3016⁷ Automatisierungsgrade definiert.

- Stufe 0 (Keine Automation)
- Stufe 1 (Assistenzsysteme)
- Stufe 2 (Teilautomatisierung)
- Stufe 3 (Bedingte Automatisierung)
- Stufe 4 (Hochautomatisierung)
- Stufe 5 (Vollautomatisierung)

Was passiert in den Stufen?

Die Stufen unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Anzahl der Automatisierungsgrade.

In der Stufe 0 (Keine Automation):

- keine Assistenzsysteme
- Kfz kann keine Fahraufgaben übernehmen
- Fahrer ist unter permanenter Kontrolle

In der Stufe 1 (Assistenzsysteme):

- Assistenzsysteme wie *Geschwindigkeitsregelanlage* (GRA) oder eine Berganfahrhilfe
- Fahrer hat eine passive Unterstützung bei Fahraufgaben
- Kfz kann keine Fahraufgaben übernehmen
- das Kfz ist unter permanenter Kontrolle des Fahrers

In der Stufe 2 (Teilautomatisierung):

- Assistenzsysteme, wie der Spurführungsassistent oder Stauassistent
 - automatisch bremsen

⁷SAE J3016_202104 - https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104

- automatisch beschleunigen
- automatisch lenken
- Kfz kann Fahraufgaben teilautomatisiert übernehmen
- Fahrer kann sich für kurze Zeit von den Fahraufgaben abwenden
- Fahrer muss jeder Zeit die Fahraufgabe übernehmen können

In der Stufe 3 (Bedingte Automatisierung):

- hochautomatisierte Assistenzsysteme
- Kfz kann Fahraufgaben unter bestimmten Voraussetzungen vollständig übernehmen
- Fahrer kann sich unter bestimmten Voraussetzungen dauerhaft von den Fahraufgaben abwenden
- Fahrer muss innerhalb wenigen Sekunden die Fahraufgabe übernehmen können

In der Stufe 4 (Hochautomatisierung):

- hochautomatisierte Assistenzsysteme
- Kfz kann Fahraufgaben in hochkomplexen Verkehrssituationen vollständig übernehmen
- Fahrer dauerhaft von den Fahraufgaben abwenden
- Fahrer muss fahrtüchtig sein, um im Bedarfsfall die Fahraufgabe übernehmen zu können

In der Stufe 5 (Vollautomatisierung):

- hochautomatisierte Assistenzsysteme
- Kfz übernimmt alle Fahraufgaben vollständig
- Fahrer ist nicht erforderlich
- alle Personen im Wagen werden zu Passagieren

2.3.2 Umwelteinflüsse

*Umwelt bezeichnet etwas, mit dem ein Lebewesen in Beziehungen steht.*⁸

Einfluss ist eine Wirkung auf ein Subjekt, das eine bestimmte Umweltbedingung erfüllt.

Umwelteinflüsse sind daher eine Wirkung auf Lebewesen.

Unter Umwelteinflüssen von Kfz fallen unter anderem (u.a.):

- benötigte Flächen, für Infrastruktur, Parkplätze und so weiter (u.s.w.)
- der Verbrauch von Stoffen um Energie für Kfz zu erzeugen oder Betriebszustände für Bahnhöfe herzustellen

⁸Ludwig Trepl: Allgemeine Ökologie. Band 1: Organismus und Umwelt. Frankfurt/M., Lang: 106ff.; vgl. 1. Uexküll, Jakob von 1909: Umwelt und Innenwelt der Tiere. Springer, Berlin 2005.

- der Ausstoß von Gasen die zum Beispiel (z.B.) durch Verbrennung von Kraftstoff oder beim Laden einer Batterie entstehen
- der Verlust von Betriebsmitteln durch Leckage an Systemen
- der Ausstoß von festen Stoffe wie u.a. Bremsstaub oder Abrieb der Reifen der beim Bremsen entsteht
- Wärme und Schall durch die Umwallung von Energie oder Reibung von Komponenten die beim Betrieb des Kfz entstehen
- Licht zur Beleuchtung der Fahrbahn oder Absicherung der Verkehrsführung

2.3.3 Feinstaub

!!! Warum entsteht Feinstaub? !!! Wann und wie entsteht Feinstaub?

Feinstaub entsteht durch natürlichen Ursprung oder wird durch menschliches Handeln erzeugt. Der primäre Feinstaub entsteht direkt aus der Quelle wie durch eine Verbrennung.

Der sekundäre Feinstaub entsteht durch eine chemische Reaktionen in der Atmosphäre aus gasförmigen Substanzen, wie Schwefel- und Stickstoffoxiden, Ammoniak oder Kohlenwasserstoffen.

Wichtige durch menschliches Handeln verursachte Feinstaubquellen sind:

- Kfz
- Kraft- und Fernheizwerke
- Abfallverbrennungsanlagen
- Heizungen in Wohnhäusern
- bestimmte Industrieprozesse

In urbanen Regionen sind vor allem der Straßenverkehr und Bautätigkeiten große Feinstaubquellen.

Hierbei entsteht Feinstaub nicht nur aus dem Verbrennungsprozess in die Luft, sondern auch durch Bremsen-, Reifen- und Fahrbahnabrieb. Auch die Aufwirbelungen des Staubes von der Straßenoberfläche tragen dazu bei. Wichtige natürliche Quellen für Feinstaub sind Emissionen aus Vulkanen und Meeren aber durch Bodenerosionen, Wald- und Buschfeuer oder bestimmte biogene Gemische von Viren, Sporen, Bakterien oder Pilzen.

3 Hauptteil

3.1 Forschungsgegenstand im Detail

3.1.1 Aktueller Stand der Technik beim Autonomen Fahren

Aufteilung der Kfz in die Fahrzeug Kategorien.
Anteile der Stufen die im Verkehr unterwegs sind

3.1.2 Voraussichtliche Verteilung der Fahrzeuge künftig

3.1.3 Produzenten von Feistaub

Warum wird Feistaub produziert? Wer produziert am meisten Feistaub? Wann wird am meisten Feistaub produziert? Wann wird am wenigsten Feistaub produziert?

3.1.4 Problemsituationen

Warum ist Feinstaub überhaupt ein Problem? Warum sind KFZ ein Problem? Warum sind nicht autonom Fahrende KFZ ein Problem?

4 Schluss

Warum sollten man autonom Fahren?

4.1 Kurzzusammenfassung der Arbeit