



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 Einleitung	1
2 Umweltbelastung	4
3 Kraftfahrzeuge	5
3.1 Teilsysteme von Kraftfahrzeugen	5
3.1.1 Antriebseinheit	6
3.1.2 Arbeitseinheit	6
3.1.3 Energieübertragungseinheit	6
3.1.4 Stütz- und Trageinheit	6
3.1.5 Steuerungs- und Regelungseinheit	6
3.2 Fahrzeugklassen	7
3.2.1 Klasse M	8
3.2.2 Klasse N	9
3.3 Umweltbelastungen durch Kraftfahrzeuge	9
3.3.1 Verbrennungsabgase	9
3.3.2 Feinstaub	10
3.3.3 Infrastruktur	11
4 Assistenzsysteme	12
4.1 Assistenzsysteme	12
4.1.1 Keine Assistenzsysteme	12
4.1.2 Assistenzsysteme	12
4.1.3 Teilautomatisierung	12
4.1.4 Bedingte Automatisierung	12
4.1.5 Hochautomatisierung	12
4.1.6 Vollautomatisierung	12
5 Problemlösung durch Assistenzsysteme	13

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	:	Teilsysteme des Kraftfahrzeugs	5
--------	---	--------------------------------------	---

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

H₂O Wasser

CO₂ Kohlenstoffdioxid

CO Kohlenmonoxid

HC Hydrocarbon

z.B. zum Beispiel

u.a. unter anderem

u.s.w. und so weiter

1 Einleitung

Anhand der technologischen Entwicklung, erster Testfelder, sowie Prototypen Industrie stellt die Frage, welche Umwelteffekte beim autonomen Fahren auftreten werden. Dies hängt mitunter mit neuen Antriebsformen (z. B. Elektroantrieb) und Betriebsmodellen (z. B. geteilte Fahrzeuge) zusammen.

Je nach der Entwicklung in den einzelnen Bereichen werden auch sich unterschiedliche Kraftfahrzeuge bei einer Einführung des autonomen Fahrens durchsetzen. Als Umwelteffekte des Autonomen Fahrens bezeichnet man die Einflüsse die sich durch autonomen Fahren ändern, hierbei kann es zur Verringerung oder Anstieg von Schadstoffausstößen kommen, oder eine Veränderung in der Infrastruktur, da Parkplätze oder Seitenstreifen nicht mehr in gleicher Zahl benötigt werden oder der Ausbau von Straßen da das Verkehrsaufkommen zugenommen hat. Der Umstieg auf autonomes Fahren erfolgt nicht in einem Schritt, sondern schrittweise oder je nach Fahrzeugs nur für einzelne Anwendungsfälle (siehe Anlage I, Stufen der Automatisierung, autonomes Fahren bei Level 5). Im Öffentlichen Verkehr (ÖV) könnten sich Veränderungseffekte schneller einstellen.

Denn durch den Verkehr verursachten Schadstoffe sind eine wesentliche Ursache für den schnell voranschreitenden Klimawandel.

Durch die voranschreitende technische Entwicklung in Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft verändert und belastet der Mensch zunehmend die Umwelt. Umweltbelastungen können 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 andren Stoffen vermischt. Ein Beispiel hierfür könnte ein Erbeben sein, welches ein Atomkraftwerk beschädigt und radioaktives Wasser ausläuft. Die größte Umweltbelastung für die Umwelt ist aber die gasförmige Verschmutzung, welche die Luft verschmutzt. Die Gasformringe Verschmutzung welche die Luft verunreinigt ist die eine von den größten Belastungen für die Umwelt. Durch unsachgemäße Wiederverwertung können Luftverschmutzungen entstehen, wie zum Beispiel die Verbrennung von Stromkabeln um das Kupfer aus der Isolierung zu trennen. Die Luftverschmutzung ist ebenso verantwortlich für Krankheiten und vorzeitigen Tod von Menschen. Feinstaub kann in den Körper eindringen und schwerwiegende Krankheiten auslösen. Luftverschmutzung entsteht bei Tierhaltung sowie durch den Einsatz von Pestiziden.

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

Gemeint sind damit Fahrzeuge, die nicht nur automatisch fahren, sondern von einem System gesteuert und disponiert werden und damit aus Sicht der Nutzenden „autonom“ unterwegs sind. Die Erwartungen gehen weit auseinander: während die einen in der Verbreitung autonomer Fahrzeuge die Lösung aller Probleme sehen, prognostizieren die anderen eine Verschärfung der bereits angespannten Verkehrslage. Welche Bedeutung aber solche Fahrzeuge in Zukunft haben werden, hängt neben der Bewältigung der technischen Komplexität von der Art und Wei-

se der politischen Regulierung ab. Ob solche Systeme überhaupt im öffentlichen Straßenraum erscheinen und welche Wirkungen sich für den zukünftigen Verkehr daraus ergeben, entscheidet maßgeblich der gesetzliche Rahmen. Dieser gesetzliche Rahmen ist wiederum abhängig vom Zielbild, wie wir künftig leben wollen und wie der Verkehr von morgen aussehen soll. Eckpfeiler dieses Zielbildes sind zum einen die Sicherheit und die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum und zum anderen die drastische Reduktion schädlicher Emissionen sowie nicht zuletzt die Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr. Dafür bedarf es einer umfassenden Verkehrswende, die mehr ist als eine Antriebswende. Private Pkw werden in den nächsten Jahren serienmäßig mit weitgehenden Assistenzfunktionen angeboten, damit können sie eine zusätzliche Attraktivität erhalten und der Autoverkehr kann sogar noch weiter zunehmen. Eine fortschreitende Automatisierung privater Autos mit einem solchen Effekt wäre im Sinne der angestrebten Verkehrswende kontraproduktiv. Dieser Entwicklung ist vor allem mit einem Abbau der Privilegien für das private Auto, also in erster Linie mit einer konsequenten Internalisierung der externen Kosten zu begegnen. Auf der anderen Seite bieten (teil-) automatisierte Fahrzeuge, nicht zuletzt neue Fahrzeugformate zwischen Pkw und Bus, bereits jetzt neue Chancen für einen effizienten und attraktiven Öffentlichen Verkehr. Im ersten Schritt automatisierte Shuttles als ein neues Element eines künftigen Öffentlichen Verkehrs zu etablieren. Gleichzeitig sollte der neu zu schaffende Regulierungsrahmen die heute schon entstehenden on demand-Verkehre ermöglichen und den Weg dafür frei machen, deren optimale Verknüpfung mit dem klassischen ÖPNV zu erproben. Diese neuen Angebote operieren heute noch mit Fahrern. Sie sind aber als Vorläufer autonomer Fahrzeugflotten zu verstehen, die in Zukunft möglich werden. Mit diesen neuen Angebotsformen im Zusammenspiel mit dem klassischen Umweltverbund erscheint es perspektivisch möglich, in einem definierten Bediengebiet eine wirkliche Alternative zum privaten Pkw zu kreieren und damit die Zahl der Fahrzeuge, zumindest in der Stadt, insgesamt auf die vom Umweltbundesamt angestrebten 150 Kraftfahrzeuge je 1.000 Einwohner deutlich zu verringern. Voraussetzung ist, dass die Kapazitäten der öffentlichen Verkehrsangebote verdoppelt und mindestens ein Viertel davon im digitalen on demand-Modus bedient werden kann. Mit einem hochintegrierten intermodalen Öffentlichen Verkehr ist in weiterer Zukunft die Mobilität sogar mit noch viel weniger Fahrzeugen zu gewährleisten. Eine zukünftige Regulierungspraxis könnte durch einen Mix aus Groß- und Kleinfahrzeugen, aus spurgeführten und getakteten sowie flexiblen on demand-Verkehren die Zahl der Straßenfahrzeuge zur Abwicklung sämtlicher Personenkilometer in den Städten auf bis zu 50 Einheiten pro 1.000 Einwohner insgesamt reduzieren. Gegenüber konventionellen Bussystemen können automatisch fahrende Shuttles die Kosten des operativen Betriebes um rund die Hälfte senken. Im Ergebnis bedeutet dies, dass mit automatisierten Fahrzeugflotten der Verkehr in Zukunft verlässlicher, sozial ausgewogener, leistungsfähiger und vor allen Dingen mit einem geringeren Ressourceneinsatz gestaltet werden kann. Ein völlig neu aufgestellter und flexiblerer Öffentlicher Verkehr ist damit verbunden, dass sich die bisherigen Zuständigkeiten und Branchengrenzen verschieben und die Organisation des gesamten Verkehrs als eine öffentliche Regieaufgabe begriffen werden muss.

es offensichtlich, dass für einen nachhaltigen Verkehr weder die bisherige Aufteilung des öffentlichen Raumes noch die Organisation und Finanzierung des Verkehrs, insbesondere des Öffentlichen Verkehrs, beibehalten werden kann. Die bisherige Dominanz privater Fahrzeuge im öffentlichen Raum gerade in der Stadt wird bei der Einführung automatisierter Systeme erodieren. Der private motorisierte Individualverkehr wird durch neue gemeinschaftliche Mobilitätsformen („Sharing“) schrittweise zurückgefahren. Kerngedanke einer Verkehrswende ist, dass sich der individualisierte Verkehrswunsch vom Eigentum an einem Fahrzeug löst und durch die Nutzung eines vielfältigen Fahrzeugparks ersetzt wird. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die on demand-Angebote verkehrs- und innovationspolitisch unterstützt werden. Dazu gehört, dass die bereits heute möglichen, digital basierten Services zugelassen und als Teil des neuen öffentli-

chen Verkehrsangebotes verstanden werden. Der Wettlauf um die Automatisierung im Verkehr hat längst begonnen. Die Ausgangslage verschiedener Akteure für den Start in die Zukunft der Mobilität sind aber sehr unterschiedlich: Während digitale Plattformbetreiber wie Uber und Waymo offensiv Milliarden in die Technologieentwicklung investieren, befinden sich die klassischen Automobilhersteller noch mitten im konventionellen Geschäftsmodell. Es ist davon auszugehen, dass die Automobilunternehmen mit einer Steigerung des Automatisierungsgrades primär die Attraktivität des privaten Fahrzeuges zurückgewinnen möchten. Damit könnten sich die Zahl der Fahrzeuge und ihre Fahrleistung noch weiter erhöhen. Die Entwickler (teil-) automatisierter Shuttles bleiben in ihren technologischen Potenzialen hinter diesen Entwicklungen weit hinterher. Die Betreiber öffentlicher Verkehrssysteme wiederum spielen in diesem Technologiewettbewerb bislang überhaupt keine Rolle, sie müssen für diesen Wettbewerb erst noch ertüchtigt werden. Dafür brauchen sie nicht zuletzt verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen.

2 Umweltbelastung

3 Kraftfahrzeuge

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

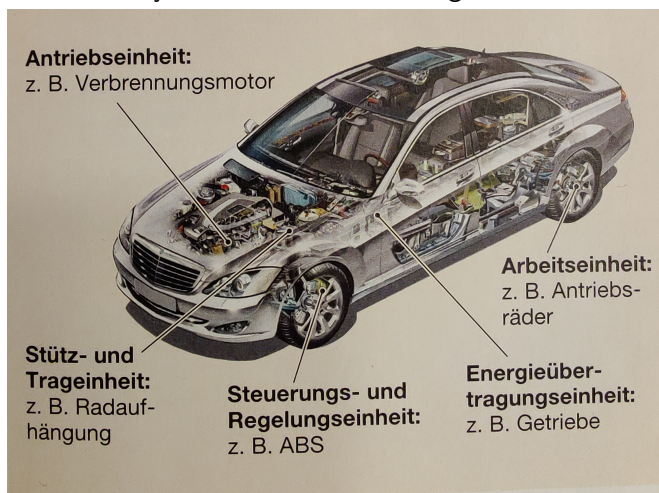
Da Kraftfahrzeuge Landfahrzeuge sind gehören Flugzeuge, Schiffe oder Boote nicht zu der Kategorie, obwohl sie durch Maschinenkraft bewegt werden. Auch Züge oder Trambahnen gehören nicht in in die Kategorien, da sie an Bahngleise gebunden sind.

3.1 Teilsysteme von Kraftfahrzeugen

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

¹Straßenverkehrsgesetz, § 1 Abs. 2

3.1.1 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.

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

3.1.2 Arbeitseinheit

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

3.1.3 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 die Elektrische Energie leiten oder Wellen, Zahnräder oder Riemen die mechanische Energie weiterleiten.

3.1.4 Stütz- und Trageinheit

Stütz- und Trageinheit der Rahmen oder der selbsttragende Aufbau des Kraftfahrzeuges haben hauptsächlich die Aufgabe, die Teilsysteme aufzunehmen und zu einer Einheit zu verbinden.⁴

3.1.5 Steuerungs- und Regelungseinheit

Die Steuerungs- und Regelungseinheit beeinflusst die Stoff- und Energieumsetzung durch Informationsverarbeitung.⁵

Steuerungseinheit

Bei der Steuerungseinheit werden verschiedene Eingangsgrößen durch das System in eine oder mehrere Ausgangsgrößen verändert. Beispiele für Steuerungen sind:

- Klimaanlage: Es wird eine Solltemperatur eingestellt. Die Klimaanlage kühlt konstant. Die Klimaanlage kühlt solange mit dieser eingestellten Temperatur solange sie nicht 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 nicht berücksichtigt.

²Westermann S. 19

³Westermann S. 19

⁴Westermann S. 19

⁵Westermann S. 19

Regelungseinheit

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

- 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.

3.2 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.

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>

3.2.1 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 Hochgeschwindigkeit von über 25 Kilometer pro Stunde (km/h) haben.

Die Klasse M spaltet sich in 3 Unterklassen auf:

- Klasse M1
- 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 sind 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.

3.2.2 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.

3.3 Umweltbelastungen durch Kraftfahrzeuge

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 der Betrieb von Kraftfahrzeugen belastet die Umwelt durch die verschieden Arten von Schadstoffen. Unterschieden wird die Art der Belastung, durch die Verbrennung entstandene Abgase, Feinstaub der durch die Verbrennung, sowohl auch durch den Abrieb von Reifen und Bremsen freigesetzt wird und die Infrastruktur der Straßen, Parkplätze und anderer Einrichtungen.

3.3.1 Verbrennungsabgase

Durch Verbrennung von Kraftstoffen entstehen verschied giftige Schadstoffe:

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

Die Abgase strömen nach der Verbrennung im Verbrennungsraum durch die Abgasanlage in die Umwelt. Es gibt auch ungiftige Stoffe die durch die Verbrennung abgegeben werden wie zum Beispiel (z.B.) Wasser (H_2O) und Kohlenstoffdioxid (CO_2). Die Menge der Abgase die durch die Abgasanlage strömen ist von der Größe des Motors sowie dem Lastzustand des Motors abhängig.

3.3.2 Feinstaub

Feinstaub ist ein fester oder flüssiger Stoff der nicht sofort zu Boden sinkt. Neben der Art des Feinstaubes ist unter anderem die Wetterlage für die Verbreitung und Absenkung von Feinstaub entscheidend.

Luftfeuchtigkeit beeinträchtigt die Ausbreitung von Feinstaub da sich dieser bei geringer Luftfeuchtigkeit länger in Luft halten kann sich besser ausbreiten kann.

Feinstäube werden als Particle Matter (PM, zu deutsch Stoffteilchen) bezeichnet. Diese Luftschadstoffe sind gesundheitsschädlich.⁷

Unterschieden wird zwischen Feinstaub der aus natürlichen Quellen entstanden ist und Feinstaub der durch menschliches Handeln entstanden ist.

Feinstaub aus natürlichen Quellen

Natürlicher Feinstaub entsteht ohne menschliches Handeln durch:

- Vulkane
- Wald- und Buschbrände
- Pollen
- Sporen

Feinstaub durch menschliches Handeln

Feinstaub der durch menschliches Handeln entstanden ist wird auch anthropogener Feinstaub genannt. Feinstaub durch menschliches Handeln entsteht durch:

- Verbrennung und Abrieb vom Straßenverkehr
- Verbrennungsabgase von Kraftwerken und Müllverbrennungsanlagen
- Brände von Gegenständen
- Industrieprozesse wie die Stahlerzeugung

Einrichtungen der Umweltzonen und Festlegung von Fahrverboten durch die Kommunen und Städte können zur Verbesserung der Luftreinhaltung führen. Das befahren einer Umweltzone ist dann nur mit einer entsprechenden Kennzeichnung des Fahrzeuges möglich, die man bei der zuständigen Behörde erlangen kann.

⁷Westermann S. 327

3.3.3 Infrastruktur

Auch die Infrastruktur belastet die Umwelt, indem:

- Wälder abgeholzt werden um die Verkehrsanbindung zu verbessern
- Straßen vergrößert um ein höheres Verkehrsaufkommen zu bewältigen
- starke Erhitzung durch Sonneneinstrahlung auf dunklen Verkehrswegen
- Grünflächen abgeschafft werden um mehr Parkmöglichkeiten zu gewinnen

4 Assistenzsysteme

4.1 Assistenzsysteme

4.1.1 Keine Assistenzsysteme

4.1.2 Assistenzsysteme

4.1.3 Teilautomatisierung

4.1.4 Bedingte Automatisierung

4.1.5 Hochautomatisierung

4.1.6 Vollautomatisierung

5 Problemlösung durch Assistenzsysteme

5.1