

Waldemar Michel

Entwicklung einer Untersuchungsmethode
zur Gestaltung und Entdeckung von
Leichtbaupotentialen im Automobilsitzbau

Doktorarbeit / Dissertation

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2016 Diplom.de
ISBN: 9783961163274

Waldemar Michel

Entwicklung einer Untersuchungsmethode zur Gestaltung und Entdeckung von Leichtbaupotentialen im Automobilsitzbau

I Vorwort

Als ich im Rahmen meiner beiden Fahrzeugtechnik-Studiums an der Technischen Fachhochschule Esslingen sowie an der Technischen Universität Graz die Diplomarbeit, beziehungsweise die Masterarbeit auf dem Gebiet "Leichtbau im Automobilbereich" anfertigte, konnte ich noch nicht ahnen, wie intensiv ich mich noch einmal mit dieser Thematik beschäftigen werde.

Die vorliegende Ausarbeitung entstand auf einer berufsbegleitenden Basis während meiner Tätigkeit bei Johnson Controls GmbH. Die Fachwissenschaftliche Betreuung übernahm die University of Sunderland in England.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Prof. Dr.-Ing. Meidenbach, der mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite stand und viele wertvollen Anregungen zu meiner Arbeit brachte.

Ich danke meiner Frau Olga für ihre große Unterstützung, Fürsprache und absolutes Verständnis, dass viele Abende und Wochenenden entgegen der familiären Planung verbracht werden mussten.

Vom ganzen Herzen danke ich meinen beiden Töchtern, Xenia und Lisa, die schon in ihren jungen Jahren sehr oft auf das Beisein ihres Vaters verzichten mussten, jedoch mit Geduld und vollem Verständnis auf freie Minute warteten, um die Vaterliebe zu genießen.

[Unterschrift]

Bad Mergentheim, den

Waldemar Michel

„Nur wenige wissen, wie viel man wissen muss, um zu wissen, wie wenig man weiß.“

Werner Heisenberg

II Kurzfassung

Leicht im Automobilbau bedeutet nicht unbedingt leicht, wie die Terminologie dieses Ausdrucks es zu verstehen gibt. Wenn das Gewicht vom Fahrzeug reduziert werden soll, bedarf es eines fundierenden Verständnisses von Materialkunde, Entwicklungsmethoden sowie Herstellungsverfahren. Es wäre nicht der richtige Ansatz, den Stahl einfach durch leichtere Magnesium oder Aluminium zu ersetzen. Nur durch die Anwendung richtiger Design- und Berechnungsmethoden sowie Topologieoptimierung können Entwickler das Maximum aus dem Material herausholen. Des Weiteren muss der Energieverbrauch bei der Produktion von Leichtbaumaterialien genau berechnet werden. So sind beispielsweise **CFK** oder **GFK** zwar bedeutend leichter als Stahl und Aluminium, benötigen jedoch in der Produktion ein Vielfaches an Energie [1].

Leichtbau ist nicht zwangsläufig leicht, ist aber eine wichtige Komponente für die Zukunftsfahrzeuge, da die **CO₂**-Grenzwerte konsequent verschärft werden und ohne den Leichtbau nur bedingt erreicht werden können [2]. Daher befassen sich sowohl die Automobilhersteller als auch viele Forschungseinrichtungen mit den noch nicht final erforschten Potentialen auf diesem anspruchsvollen Fachgebiet. Die Anforderungen an die Konstruktion der Automobilsitze hinsichtlich Leichtbau werden immer grösser. Der Einsatz von Alternativmaterialien wie Aluminium, Magnesium, aber auch GFK und CFK bietet dabei grosse Potentiale.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Überblick über die Entwicklung herkömmlicher Automobilsitze gegeben. Hierzu soll eine Benchmarkstudie, basierend auf der Literatur- Internet- und Patentrecherche, durchgeführt und im Kapitel "Stand der Technik" dokumentiert werden. Anhand der Grundlagenuntersuchung von Sitzsystemen und Komponenten, sind potentielle Gewichts- und Kostenoptimierungen unter Anwendung von Alternativmaterialien zu analysieren und aufzuzeigen.

Hierbei soll eine Analysemetode entwickelt werden, die als Hilfsmittel zur Gestaltung von Automobilsitzen hinsichtlich der Leichtbauweise eingesetzt werden kann. Dadurch wird der Einfluß der Alternativmaterialien auf die Gewichts- und Kostengestaltung vom fertigen Produkt ersichtlich. Des Weiteren ist der Einsatz von Leichtbauwerkstoffen bezüglich technischer Machbarkeit sowie Sicherheitsanforderungen an einen Automobilsitz numerisch darzustellen und zu bewerten.

Anschließend soll die Arbeit durch die Zusammenfassung und Gegenüberstellung aktueller Ergebnisse aus der Forschung und dem Stand der Technik zu neuen Ideen im Sinne der Leichtbauweise anregen.

III Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe beziehungsweise unerlaubte Hilfsmittel angefertigt, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Unterschrift Waldemar Michel

IV Personen und Adressen

Personen

Betreuer: Prof. Dr. Iain McPherson
University of Sunderland, England
Institut für Fahrzeugtechnik & Leichtbau

Doktorand: Herr Dipl.-Ing. (FH), Meng (TU) Waldemar Michel

Adressen

University of Sunderland
Institut für Fahrzeugtechnik & Leichtbau
8010 Sunderland
England

V Inhaltsverzeichnis

I	VORWORT	2
II	KURZFASSUNG	4
III	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	6
IV	PERSONEN UND ADRESSEN	7
V	INHALTSVERZEICHNIS	8
VI	ZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	14
1	EINLEITUNG	15
1.1	Problemstellung und Motivation	15
1.2	Zielsetzung der Arbeit	17
1.3	Aufbau der Arbeit.....	18
2	STAND DER TECHNIK	18
2.1	Leichtbau im Automobilwesen.....	19
2.1.1	Einblick in die Geschichte	19
2.1.1.1	Geschichte des Automobils	19
2.1.1.2	Wichtige Erfindungen für Automobil.....	21
2.1.1.3	Geschichte des Leichtbaus.....	24
2.1.1.4	Beispiele aus der Automobilindustrie	25
2.1.2	Leichtbauprinzipien im Automobilbau	27
2.1.2.1	Prinzipien der Entwurfsphase	28
2.1.2.2	Prinzipien der Konstruktionsphase.....	29
2.1.2.3	Prinzipien der Fertigungsphase	30
2.1.3	Leichtbau im Automobilsitz	30
2.1.3.1	Aufbau und Funktion der Automobilsitze.....	31
2.1.3.2	Herkömmliche Materialien und Werkstoffe.....	32
2.1.3.3	Leichtbau im Automobilsitz heute	33
2.1.4	Zukunftstrend des Leichtbaus im Automobilwesen	37
2.1.4.1	Trend der Leichtbaumaterialien	37
2.1.4.2	Trend der Fertigungsprozesse im Leichtbau	37
2.1.4.3	Trend der Leichtbaustrategien	38
2.2	Schlussfolgerung aus Stand der Technik.....	39
3	AUTOMOBILSITZ	42
3.1	Automobilsitze im Überblick	42
3.1.1	Lastkraftwagen-Sitze	43
3.1.2	Omnibus-Sitze	43

3.1.3	Personenkraftwagen-Sitze	43
3.1.3.1	PKW-Vordersitze.....	44
3.1.3.2	PKW-Hintersitze.....	46
3.1.3.3	Komfortausstattungen	47
3.1.3.4	Sicherheit und Gesundheit	47
3.2	Sitzaufbau und Funktionsbeschreibung.....	48
3.2.1	Schematischer Aufbau eines Vordersitzes	48
3.2.2	Schematischer Aufbau eines Hintersitzes	49
3.2.3	Funktionale Anforderungen an Automobilsitze	50
3.2.4	Technische Anforderungen an Automobilsitze.....	51
3.2.5	Sicherheitsanforderungen an Automobilsitze	52
3.3	Definition relevanter Begriffe	54
3.3.1	Produkt, Variante und Produktprogramm	54
3.3.2	Normung und Standardisierung	57
3.3.3	Einzelteile, Komponente, Baugruppen und Systeme	58
3.3.4	Produktstruktur und Produktstrukturierung	59
3.3.5	Variantenvielfalt und Komplexität.....	60
3.3.6	Auswirkungen der Variantenvielfalt und Komplexität	63
3.3.7	Ansätze zur Beherrschung der Vielfalt und Komplexität	64
3.4	Zusammenfassung	67
4	FORSCHUNGSKONZEPT	69
4.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	70
4.1.1	Beschreibung der Ausgangssituation	70
4.1.2	Zielsetzung des Forschungsprojekts.....	71
4.2	Analyse- und Konzeptbewertung von Sitzstrukturen	71
4.2.1	Schematischer Aufbau beispielhafter Vordersitzstruktur.....	72
4.2.1.1	Aufbau Sitzrahmen.....	72
4.2.1.1.1	Baugruppe Sitzschienen.....	72
4.2.1.1.2	Baugruppe Grundrahmen	73
4.2.1.1.3	Baugruppe Gelenkarme.....	73
4.2.1.1.4	Komponente Sitzschale.....	74
4.2.1.2	Aufbau Lehnenrahmen	74
4.2.1.2.1	Baugruppe Rückenlehne	75
4.2.1.2.2	Baugruppe Neigungsverstellung	76
4.2.1.2.3	Anbindung an Sitzrahmen	76
4.2.1.2.4	Baugruppe Federmatte.....	76
4.2.2	Konzeptioneller Aufbau beispielhafter Vordersitzstruktur	77

4.2.2.1	Konzeption Sitzrahmen	77
4.2.2.1.1	Baugruppe Sitzschienen	77
4.2.2.1.2	Baugruppe Grundrahmen	79
4.2.2.1.3	Baugruppe Gelenkarme.....	79
4.2.2.1.4	Komponente Sitzschale	80
4.2.2.2	Konzeption Lehnenrahmen.....	81
4.2.2.2.1	Baugruppe Rückenlehne	81
4.2.2.2.2	Baugruppe Neigungsverstellung	82
4.2.2.2.3	Anbindung an Sitzrahmen	83
4.2.2.2.4	Baugruppe Federmatte.....	83
4.2.3	Beschreibung der Komponentenprofile	84
4.2.3.1	Allgemeine Gesetzesanforderungen an die Autositze	84
4.2.3.2	Kundenspezifische Anforderungen an die Autositze	85
4.2.3.2.1	Definition der Schnittstellen im Fahrzeug	85
4.2.3.2.2	Auslegung der Lebensdauer.....	85
4.2.3.2.3	Klimatische Bedingungen	86
4.2.3.2.4	Komponentenspezifische Anforderungen.....	86
4.2.3.3	Physikalische Gesetzmäßigkeiten	87
4.2.3.3.1	Definition von Kräften	87
4.2.3.3.2	Definition von Momenten	89
4.2.3.3.3	Definition von Beschleunigungen.....	90
4.2.3.3.4	Definition von mechanischen Spannungen	91
4.2.3.3.5	Definition von Elastizität.....	96
4.2.3.3.6	Definition von Widerstandsmomenten.....	99
4.2.3.4	Bauteilprofile und ihre Querschnitte in Übersicht.....	105
4.2.3.4.1	Komponentenprofile der Vordersitzstruktur	105
4.2.3.4.2	Komponentenprofile der Rücksitzstruktur.....	108
4.2.4	Zusammenfassung	112
4.3	Werkstoffbeschreibung aktueller Sitzstrukturen.....	113
4.3.1	Metallische Werkstoffe.....	113
4.3.1.1	Mechanische Eigenschaften metallischer Werkstoffe.....	113
4.3.1.1.1	Elastische und plastische Verformung metallischer Werkstoffe	114
4.3.1.1.2	Verformbarkeit metallischer Werkstoffe.....	115
4.3.1.1.3	Verfestigung metallischer Werkstoffe	117
4.3.1.2	Eigenschaften von Eisenwerkstoffen	118
4.3.1.2.1	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.....	118
4.3.1.2.2	Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	119

4.3.1.2.3	Einteilung der Eisenwerkstoffe.....	121
4.3.1.2.4	Wirkung der Eisenbegleiter.....	122
4.3.1.3	Stahlgruppen.....	125
4.3.1.3.1	Einteilung der Stähle	125
4.3.1.3.2	Bezeichnung von Stählen	129
4.3.2	Materialien aktueller Sitzstrukturen	130
4.3.2.1	Vordere Sitzstruktur.....	130
4.3.2.2	Rücksitzstruktur.....	132
4.3.3	Zusammenfassung.....	134
4.4	Potentielle Alternativmaterialien	135
4.4.1	Nichteisenmetalle	135
4.4.1.1	Normgerechte Bezeichnung der Nichteisenmetalle.....	136
4.4.1.2	Kupfer und Kupferlegierungen.....	136
4.4.1.3	Nickel und Nickellegierungen	137
4.4.1.4	Aluminium und Aluminiumlegierungen	138
4.4.1.5	Magnesium und Magnesiumlegierungen.....	139
4.4.1.6	Titan und Titanlegierungen	140
4.4.2	Kunststoffe	141
4.4.2.1	Bezeichnungen und Begriffe.....	141
4.4.2.2	Kunststoff-Werkstoffe	142
4.4.2.3	Gemeinsame Eigenschaften.....	143
4.4.2.3.1	Äußere Merkmale.....	143
4.4.2.3.2	Physikalische Eigenschaften	144
4.4.2.4	Aufbau und strukturelle Einflüsse	145
4.4.2.4.1	Aufbauformen.....	145
4.4.2.4.2	Strukturelle Einflüsse	147
4.4.2.5	Einsatzmöglichkeiten und -grenzen	148
4.4.2.6	Kunststoffsorten	148
4.4.2.6.1	Duromere	149
4.4.2.6.2	Plastomere.....	150
4.4.3	Verbundwerkstoffe.....	152
4.4.3.1	Einteilung der Verbundwerkstoffe	152
4.4.3.2	Funktionsprinzip der Verbundwerkstoffe	153
4.4.3.3	Verstärkungsfasern	154
4.4.3.3.1	Glasfasern.....	154
4.4.3.3.2	Aramidfasern.....	155
4.4.3.3.3	Kohlenstoff-Fasern	156

4.4.3.3.4	Fasern im Vergleich.....	157
4.4.3.4	Matrixsysteme	158
4.4.3.4.1	Funktion der Matrix und Matrixarten.....	158
4.4.3.4.2	Thermoplastische Matrix.....	159
4.4.3.4.3	Duroplastische Matrix	160
4.4.4	Zusammenfassung	161
4.5	Entwicklung der Untersuchungsmethodik	162
4.5.1	Einleitung	162
4.5.2	Wesentliche Bausteine	163
4.5.2.1	Auslegung Sitz im CAD	163
4.5.2.1.1	Rahmenbedingungen	164
4.5.2.1.2	Bauraumuntersuchung	166
4.5.2.1.3	Schnittstellenanalyse.....	167
4.5.2.1.4	Design Sitzstruktur	168
4.5.2.2	Aufbau Prototyp	187
4.5.2.2.1	Zeitlicher Verlauf Entwicklung.....	188
4.5.2.2.2	Prototypenmanagement	190
4.5.2.2.3	Nomenklatur von Prototypenarten.....	190
4.5.2.3	Erprobung Sitz	192
4.5.2.3.1	Erprobung Materialien	192
4.5.2.3.2	Erprobung Einzelteile	194
4.5.2.3.3	Erprobung Prototypen	195
4.5.3	Zusammenfassung der Untersuchungsmethodik.....	196
4.5.3.1	Erfassung von Hautschema.....	196
4.5.3.2	Schlussfolgerung.....	197
4.5.4	Anwendung der Methodik an bestehender Sitzstruktur.....	198
4.5.4.1	Auswahlprozess Bauteil Vordersitz.....	198
4.5.4.2	Auslegung im CAD	199
4.5.4.2.1	Design oberer Querträger.....	200
4.5.4.2.2	Nummerisches Modell	201
4.5.4.2.3	Crashsimulation.....	203
4.5.4.2.4	Diskussion der Ergebnisse	204
4.5.4.3	Aufbau Prototyp	205
4.5.4.4	Erprobung Sitz	205
4.5.5	Anwendung der Methodik an neuartiger Sitzstruktur	206
4.5.5.1	Konzeptvorstellung innovative Sitzstruktur.....	207
4.5.5.1.1	Ansatz der Innovation.....	207

4.5.5.1.2	Designentwurf	208
4.5.5.1.3	Materialauswahl	208
4.5.5.1.4	Auswahl geometrische Profile	209
4.5.5.2	Auslegung Sitzstruktur im CAD	209
4.5.5.2.1	Konzeptionelle Bewertung	210
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	211
6	QUELLENVERZEICHNIS.....	214
7	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	223
8	TABELLENVERZEICHNIS.....	227
9	FORMELVERZEICHNIS.....	229
10	ANHANG	230

VI Zeichen und Abkürzungen

ABS	Anti-Blockier-System
CAD	Computer Aided Desing
CFK	Kohlenfaserverstaerkter Kunststoff
CMVSS	Canadian Motor Vehicle Safety Standards
CO₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normen
ECE	Economics Commission for Europe
ESP	Elektronisches Stabilitäts-Programm
ENCAP	European New Car Assessment Program
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standard
GFK	Glasfaserverstaerkter Kunststoff
IAA	Internationale Automobil Ausstellung
ISO	International Organization for Standardization
LKW	Last-Kraft-Wagen
NCAP	New Car Assessment Program
PDM	Produkt Daten Management
PKW	PersonenKraftWagen
PU	Poly-Urethan
REFA	ein Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung.
SMC	Sheet Moulding Compounding (Pulververbundwerkstoffe)

1 Einleitung

Aufgrund der begrenzten, natürlichen Rohstoffen und den zukünftigen Auflagen an den globalen Klimaschutz wird die sparsame Anwendung von den Ressourcen und gleichzeitige Reduktion von Treibhausgasen immer wichtiger. Einen wesentlichen Beitrag muss hier der Automobilbau leisten, weil durch die Herabsetzung des Kraftstoffverbrauchs sowohl die Rohstoffe eingespart als auch die CO₂-Emissionen reduziert werden koennen. Eine bedeutende Massnahme zur Senkung des Kraftstoffverbrauchs bei **PKW** ist die Reduzierung des Fahrzeuggewichts. Wird das Gewichts eines Fahrzeugs um beispielsweise 100 kg verringert, so ergibt sich eine Kraftstoffeinsparung von etwa 0,3l auf 100 km. Daher wird der Leichtbau im Automobil, neben der Optimierung der Verbrennungsprozesse und aerodynamischer Eigenschaften, einen erheblichen Stellenwert erhalten [4].

1.1 Problemstellung und Motivation

Im Dezember 2008 einigten sich Rat und Parlament auf eine Verordnung zur Minderung der CO₂-Emissionen bei neuen PKW. Am 23. April 2009 wurde die Verordnung auch formell verabschiedet, die somit einen verbindlichen Rechtsrahmen schafft und der Automobilindustrie Planungssicherheit gibt.

Besonders wichtig ist es, dass bis zum Jahre 2020 der CO₂-Ausstoß auf durchschnittlich 95 g/km gesenkt werden soll. Dies entspricht einem Verbrauch von 3,6 Liter beim Diesel- und 4,2 Liter beim Ottomotor auf 100 km Entfernung [3].

Da die Zukunft in Europa, wie auch weltweit, effizienten Fahrzeugen gehört, werden die Europäischen Vorgaben der Deutschen Automobilindustrie langfristig helfen, die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Gegenüber dem ursprünglichen Kommissionsvorschlag enthält die Verordnung eine Reihe von Verbesserungen aus dem Leichtbaubereich, die unter anderem mittel- bis langfristig zu einer verstärkten Minderung der CO₂ - Emissionen führen sollen [3].

Ein aktueller Trend im modernen Fahrzeugbau, der auf der Verordnung zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid- und Schadstoffemissionen basiert, führt zum Leichtbau. Langfristiges Ziel des Leichtbaus ist es, durch die optimierten Komponenten wie Träger, Platten, Schalen und Koppелеlemente die Leistungsgewichtsrelationen von Fahrzeugen nachhaltig zu verbessern. Damit wird ermöglicht, erhebliche Potentiale hinsichtlich der Energieeinsparung und Optimierung des Wirkungsgrades zu erreichen [1].

Da die gesetzlichen Vorgaben in der Regel eins zu eins an die Lieferanten weitergegeben werden, hat auch mein Unternehmen grosses Interesse daran, leichtere aber immer noch sichere und wettbewerbsfähige Produkte auf den Markt zu bringen. Dies erweckt in mir die Motivation Leichtbaupotentiale an einem unserer Hauptprodukte- Automobilsitz, im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie zu untersuchen und womöglich zu realisieren.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die Anforderungen an die Konstruktion der Automobilsitze hinsichtlich Leichtbau werden immer grösser. Der Einsatz von Alternativmaterialien wie Aluminium, Magnesium aber auch CFK bietet hierbei grosse Potentiale. Bis heute ist es aber üblich, die leichten Sitzstrukturen mit hoher Steifigkeit intuitiv durch den Konstrukteur bestimmen zu lassen. Die Anwendung von Hochleistungsrechnern, numerischen Methoden der Mechanik sowie experimentellen Untersuchungen bieten dem Konstrukteur eine gute Hilfestellung.

In der Regel wird aber auch gern auf das Fachwissen sowie auf die Erfahrung aus bereits abgeschlossenen Programmen zurückgegriffen. Hierfür sprechen viele unterschiedlichen Gründe: zeitlicher Aufwand für die komplett Neuentwicklung, numerische Absicherung des Designs mit der abschließenden Validierung im Labor, sowie die Überzeugung des Endkunden. All diese Aufwände treiben die Produktentstehungskosten in die Höhe, die bei der aktuellen Markt- und Wettbewerbssituation meistens nur schwer realisierbar sind. Somit bleibt einem Industrieunternehmen eher die Möglichkeit, ein bereits bestehendes Produkt zu optimieren, anstatt eine komplett Neuentwicklung zu finanzieren, die durchaus mit hohem Risiko hinsichtlich der Marktimplementierung verbunden ist. Da die Wettbewerbsfähigkeit des zu entwickelnden Produkts, wie eben erwähnt, nicht in den Hintergrund geraten darf, ist die kontinuierliche Verbesserung des Produktentstehungsprozesses zwingend erforderlich.

In der vorliegenden Arbeit soll der Produktentstehungsprozess im Automobilsitzbau analysiert und bewertet werden. Bei der Bewertung sind die Leichtbaupotentiale unter Berücksichtigung der Kostenaspekte aufzustellen und zu erklären. Des Weiteren soll eine Untersuchungsmethode ausgearbeitet werden, die es dem Konstrukteur ermöglicht, die Gewichtsoptimierung bestehender Sitzstrukturen durchzuführen. All die Ergebnisse sind zu dokumentieren und zu diskutieren.

1.3 Aufbau der Arbeit

Im ersten Abschnitt der vorliegenden Arbeit wird zunächst der Stand der Technik mittels Literatur-, Internet- und Patentrecherche ermittelt. Hierbei soll ein thematischer Überblick über die Automobilindustrie sowie ihre Produktvielfalt gesamt gegeben werden. Des Weiteren wird der Energieverbrauch im Automobilbau inklusive Sitzfertigung mit dem entsprechenden Trend über die letzten Jahre aufgezeigt. Darüber hinaus sollen die bereits bekannten Leichtbauansätze im Automobilsitzbau erläutert werden.

Im zweiten Teil der Ausarbeitung wird der Fahrzeugsitz als eines der komplexen Fahrzeugsysteme ausführlich beschrieben und erklärt. Dabei werden die wesentlichen Zusammenhänge aus dem Sitzaufbau, Sicherheit, Funktionalität und Komfort nachvollzogen und erläutert. Weiterhin werden sowohl die Normung als auch die Standartisierung verschiedener Regionen aufgezeigt und verglichen .

Im praktischen Abschnitt wird eine Untersuchungsmethodik zur Gestaltung und Entdeckung von Leichtbaupotentialen im Fahrzeugsitzbau ausgearbeitet. Die Untersuchungsmethodik wird zum Entwurf eines Leichtbausitzes eingesetzt, der numerisch abgesichert und im Labor validiert wird. Sowohl bei der numerischen Simulation als auch im Testbereich werden die aktuellen Spezifikationen aus der Fahrzeugindustrie berücksichtigt. Die Ergebnisse werden analysiert, dokumentiert und in der Zusammenfassung zur Verfügung gestellt.

2 Stand der Technik

Im folgenden Kapitel wird nach dem allgemeinen Leichtbau im Automobilwesen recherchiert und ein Aufschluss auf die Automobilgeschichte gegeben. Darüber hinaus werden potentielle Leichtbaumaterialien und Designkonzepte aus dem Fahrzeugbau aufgezeigt und beschrieben. Der Fokus soll jedoch auf Automobilsitze gerichtet sein. Die Ergebnisse der Recherche werden in der „Schlussfolgerung aus dem Stand der Technik“ zusammengefasst und diskutiert.

2.1 Leichtbau im Automobilwesen

Das Automobil wurde vor etwa 130 Jahren erfunden. Dadurch entstand eine Industrie mit bis heute permanent steigender Innovationskraft und Potentialen zum besseren Produkt. Dazu gehören unter anderem aktive und passive Sicherheit, Aero- und Fahrzeugdynamik sowie Leichtbaukonzepte aus Aluminium, Magnesium und Faserverbundwerkstoffen. Der heutige globale Trend der Automobilindustrie erfährt ein Wandelung vom konventionellen Antrieb zur Elektrifizierung des Autos und somit zur Reduktion der Schadstoffe. Daher muss eine neue Ausrichtung des Fahrzeugbaus in der Antriebstechnik, Fahrzeugdynamik und nicht zuletzt, im Leichtbau stattfinden. Nur so besteht eine gute Chance neue Fahrzeugkonzepte der Autos von morgen unter Anwendung verschiedener Methoden zu entwickeln [5].

2.1.1 Einblick in die Geschichte

Auf kaum eine technische Innovation ist der Mensch heute so angewiesen, wie auf das Automobil. Als Automobil gilt jedes Fahrzeug, das sich ohne den Einsatz von Schienen und Muskelkraft eigenständig fortbewegen kann. Neben den üblichen Autos mit Verbrennungsmotor gehören dazu auch Elektrofahrzeuge und Automobile, die mittels Dampf angetrieben werden. Letztere spielen in der Automobilgeschichte jedoch eher eine untergeordnete Rolle [6].

2.1.1.1 Geschichte des Automobils

Die Geschichte des Automobils geht auf das Jahr 1674 zurück, in dem Christian Huygens, ein holländischer Physiker, eine Kolbenmaschine mit Pulverantrieb entwickelte. Huygens gilt somit als Erfinder des Kolbenmotors, mit dem die meisten herkömmlichen Fahrzeuge angetrieben werden. Danach tat sich jedoch auf dem Automobilsektor einige Zeit lang nicht viel, bis in 1769 ein französischer Ingenieur einen Dampfwagen entwickelte [6]. Das Gefährt des französischen Artillerieoffiziers Nicolas Joseph Gugnot erinnert weniger an moderne Autos, sondern eher an einen Lastkarren. Die große Ladefläche wurde mit drei mächtigen Holzrädern

bewegt, wobei der schwere Dampfkessel vor dem Vorderrad hing und den Dampf-
 wagen antreiben sollte. Das Konzept konnte ausschließlich nur zum Befördern von
 Kanonen an die Front (Abbildung 1) [7]. Der Cugnots Wagen war relativ schwer zu
 lenken, die Maschine blieb alle paar Minuten stehen, und die Geschwindigkeit betrug



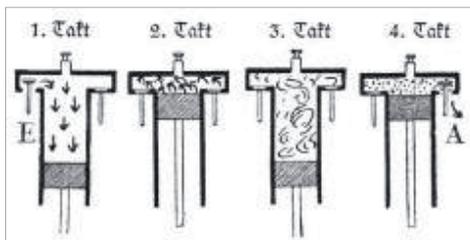
nur vier Kilometer pro Stunde. Aus gewissen Quellen geht hervor, dass der Wagen
 gegen eine Mauer knallte und Cugnot somit für den ersten Autounfall der Automobil-
 geschichte verantwortlich sei [7].

Abbildung 1: Dampfswagen von Cugnot

Der Cugnots Dampfswagen gilt als eines der ersten Fahrzeuge, die sich aus eigener
 Kraft bewegten. Die mittels Dampftechnik angetriebenen Fahrzeuge hatten
 jedoch später keine Chance gegen ihre Konkurrenten mit dem Verbrennungsmo-
 tor. Das zu hohe Gewicht, der zu aufwendige und komplizierte Betrieb waren die
 wesentlichen Argumente gegen dieses Konzept [7].

Im Jahre 1839 wurde das erste Elektrofahrzeug vom Schotten, Robert Anderson
 gebaut. Einundzwanzig Jahre später, im 1860 patentierte der Franzose Etienne
 Lenoir einen Gasmotor. 1876 meldete Nikolaus August Otto die Fertigstellung des
 Viertaktmotors [7].

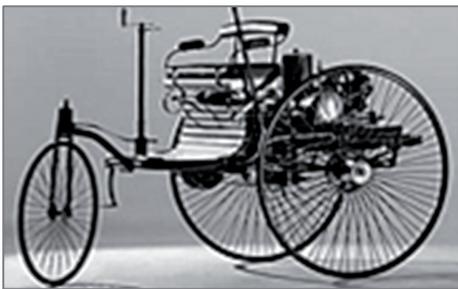
Der Viertaktmotor ist die am meisten verwendete Motorenbauweise im Automobil-
 bau. Bei diesem Verbrennungssystem werden insgesamt vier Takte benötigt, um



die Antriebsleistung zu erzeugen. Dabei voll-
 bringt die Kurbelwelle, im Gegensatz zum
 Zweitaktmotor, zwei komplette Drehungen.
 Der Kolben bewegt sich vom oberen bis zum
 unteren Totpunkt (Abbildung 2) [6].

Abbildung 2: Funktion des Viertaktmotors

Die Geschichte des heutigen Automobils mit Verbrennungsmotor beginnt 1886, als Carl Benz am 3. Juli 1886 das erste Automobil entwickelte. Kurze Zeit darauf folgten eigene Modelle von Gottlieb Daimler, Wilhelm Maybach und Siegfried Marcus. Die Ziffern 37 435 scheinen auf den ersten Blick keine besondere Bedeutung zu haben. Die Historiker der Automobilgeschichte wissen aber, dass unter dieser Nummer Carl Benz am 29. Januar 1886 das Patent auf seinen Motorwagen erhielt. Das Dreirad von Benz sah wie eine Kutsche aus, gilt jedoch als erstes Auto der Welt (Abbildung 3) [7].



Dreiundzwanzig Jahre später, nach der Entwicklung des Ottomotors 1897, patentierte Rudolf Diesel den nach seinem eigenen Namen genannten Dieselmotor. Er veränderte das Grundprinzip und konnte dadurch deutlich höheren Wirkungsgrad erreichen. [7].

Abbildung 3: das erste Auto der Welt

2.1.1.2 Wichtige Erfindungen für Automobil

- 1900 wurde Frontantrieb patentiert. Als Frontantrieb wird die Kombination des Vorderradantriebs mit einem Frontmotor bezeichnet. So wird die Antriebsleistung vom Motor direkt auf die Vorderräder übertragen [8].
- 1901 folgte das Patent auf Scheibenbremse. Scheibenbremse ist eine Bauform von Bremsen, bei der die Verzögerung durch eine auf Radnabe befestigte Bremsscheibe und durch den im Bremssattel positionierten Bremsklotz mit Bremsbelegen erzeugt wird. Sie ist die meiste Bauart im Fahrzeug- und Motorradbau, und wird zunehmend auch als Fahrradbremse eingesetzt [9].
- 1903 entwickelte Mary Anderson den Scheibenwischer. Die Funktion der Scheibenwischer ist es, die Front- oder Heckscheibe zu reinigen und den Fahrzeuginsassen bessere Sicht nach außen zu gewähren. Scheibenwischer besteht aus Antrieb, Wischerarm und Wischerblatt.

- 1913 erfand Henry Ford die Fließbandproduktion, so dass Automobile in größeren Stückzahlen, und vor allem, zu deutlich günstigeren Herstellkosten produziert werden konnten. In Deutschland startete die Fließbandproduktion erst im Jahre 1924. Das erste Auto vom Fließband war der Opel 4PS, der in der Öffentlichkeit nur als Opel Laubfrosch bekannt wurde.
- 1933 wurde der Drehkolbenmotor erfunden, der eine Kraftmaschine darstellt, bei der die Teile, die mechanische Arbeit verrichten, nur Drehbewegungen ausführen. Diese Motorart ist durch den robusten und einfachen Aufbau sehr verbreitet. Nachteilig ist jedoch intensiver Abdichtungsaufwand [10].
- 1940 kam das erste Automatikgetriebe auf den Markt. Der Unterschied eines Automaten zum Schaltgetriebe liegt darin, dass die Schaltgänge in Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit sowie von der durch Fahrer eingeforderten Fahrleistung automatisch gesteuert und umgesetzt werden.
- 1948 wurde der Radialreifen erfunden, dessen Prinzip auf einer klaren Trennung der Funktionen im Reifenunterbau beruht. Dazu gehören radial angeordnete Karkassenlagen zum besseren Einfedern. Innerhalb der Karkasse liegen im rechten Winkel zur Laufrichtung gummierte Cordfäden. Der Effekt ist es, höhere Laufleistung und erhebliche Verbesserung gegenüber Diagonalreifen bezüglich der Haftung auf Nässe und in den Kurven [11].
- 1951 gab es den ersten Wagen mit Benzindirekteinspritzung und das erste Automobil mit Servolenkung.
- 1957 gab es auf Wunsch die Beckensicherheitsgurte. Beckensicherheitsgurte stellten eine zusätzliche Sicherheit für den Fahrer und Beifahrer dar.
- 1963 kam das erste Auto mit einem Wankelmotor. Bei einem Wankelmotor wird die Verbrennungsenergie ohne den Umweg einer Hubbewegung, Fall eines