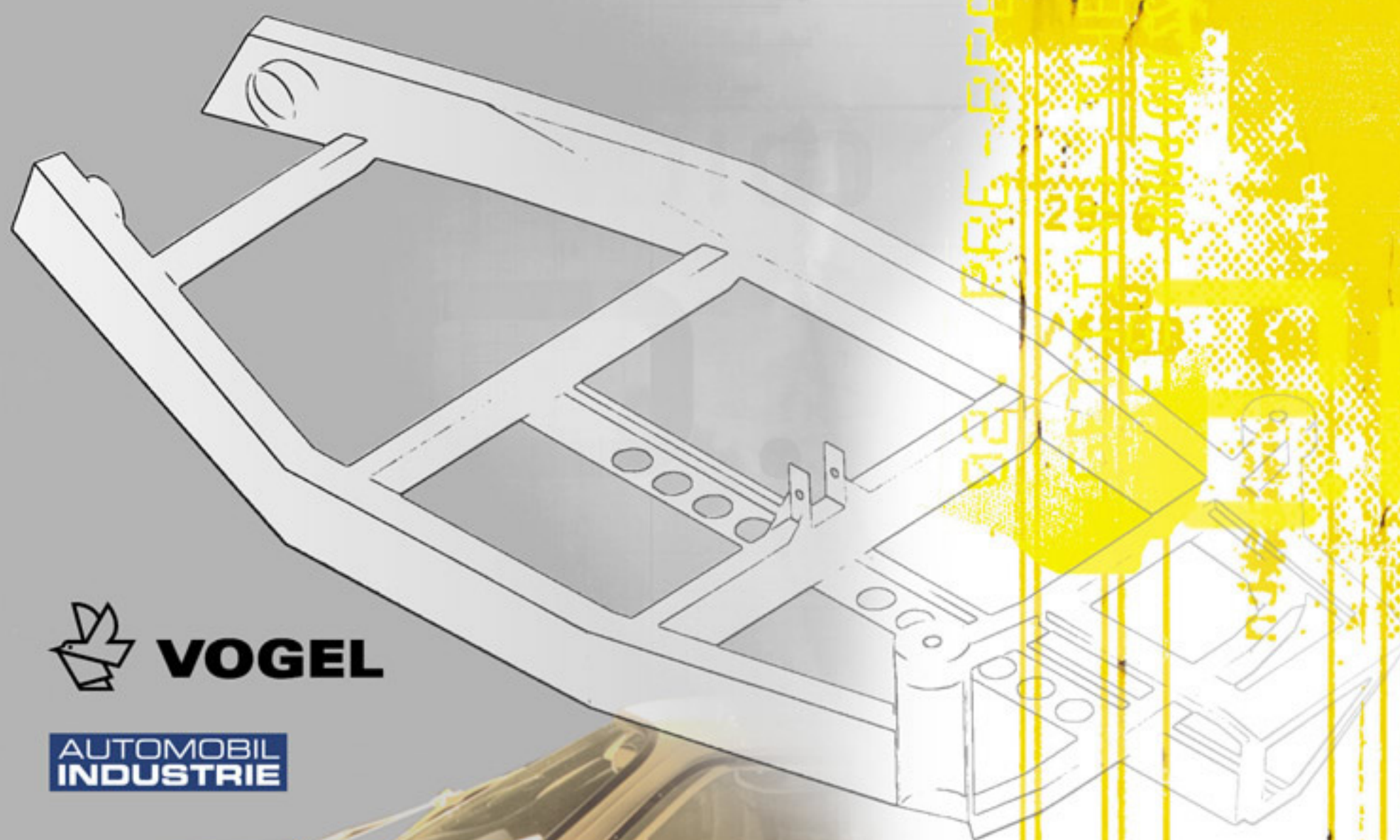


Kurek

Rainer Kurek

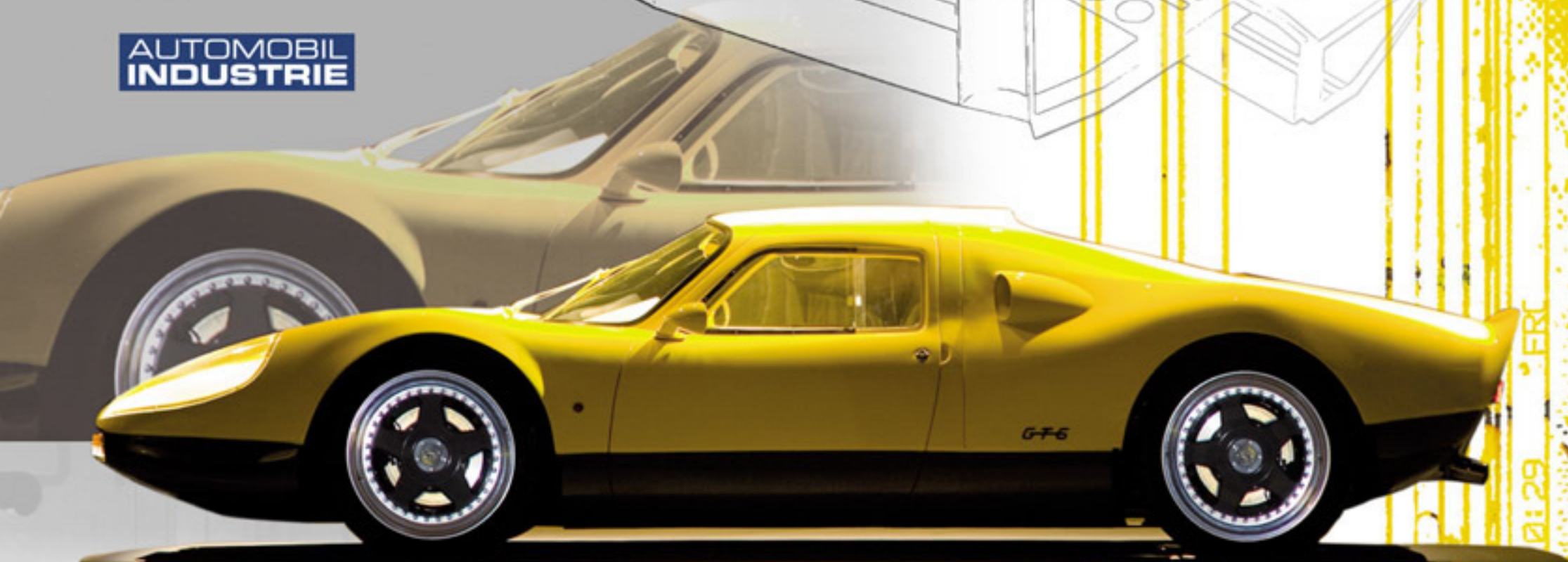
Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie

Theorie und Praxis



 **VOGEL**

**AUTOMOBIL
INDUSTRIE**



Rainer Kurek

Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie

Rainer Kurek

Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie

Theorie und Praxis



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

Rainer Kurek

Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie

Theorie und Praxis



Weitere Informationen:
www.vogel-buchverlag.de

ISBN 978-3-8343-3191-5
1. Auflage. 2011

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany
Copyright 2011 by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

Umschlag: Twogether Werbeagentur, Ulrike Heppel
Titelbilder: Archiv Rainer Kurek, Olching
Satz Innen: Constanze von Nell-Breuning

GELEITWORT

Die fossilen Energiereserven gehen zu Ende – irgendwann. Und vielleicht schneller, als es die derzeitigen Berechnungen erwarten lassen: Möglicherweise wird man zu einer Neubewertung der tatsächlich nutzbaren Erdölvorräte kommen. Denn die in einem Hurrikan untergegangene Förderplattform im Golf von Mexiko hat eine Umweltkatastrophe unbekanntes Ausmaßes verursacht und damit schonungslos vor Augen geführt, wie letztlich unbeherrschbar das Risiko von Tiefseebohrungen ist. Deshalb ist fraglich, ob der politische und gesellschaftliche Konsens erhalten bleibt, neue Quellen auch künftig in so großen Tiefen zu erschließen. Dieses Ereignis sensibilisiert eindrucksvoll noch einmal dafür, mit den natürlichen Ressourcen schonender umzugehen.

Für die Automobilindustrie bedeutet dies auch, viel konsequenter als bisher den Leichtbau voranzutreiben. Denn darin liegt einer der Schlüssel für eine nachhaltigere Mobilität. Wie wichtig der Leichtbau für die Automobilindustrie ist, wird auch innerhalb der Branche häufig unterschätzt. Bei vielen Meinungsmachern in der Öffentlichkeit sowie in gesellschaftlichen und politischen Gremien ist dieser Sachverhalt noch kaum angekommen. Dabei verbindet alle Konzepte dieselbe erfolgsentscheidende Herausforderung: Die Fahrzeuge müssen erheblich leichter werden. Nur so lässt sich die Reichweite von Elektroautos zu akzeptablen Kosten auf das von den Kunden geforderte Niveau bringen. Nur so sinkt der Verbrauch von konventionellen Automobilen auf ein breit akzeptiertes Maß.

Völlig zu Recht stellt deshalb Rainer Kurek dieses Aktionsfeld in den Mittelpunkt seines neuen Buches.

Was es bedeutet, wenn Leichtbau als Mission begriffen wird, illustriert Kurek an der Neukonzeption einer Domstrebe, wie sie in Motorsport-

fahrzeugen verwendet wird: Neue Wege führen zu nicht für möglich gehaltenen Verbesserungen. Nach meinem Wissen machte sich da jemand zum ersten Mal die Mühe, die Zug- und Druck- sowie die Torsions- und Biegebelastungen auf dieses Bauteil gleichzeitig zu messen – und dies im realen Fahrbetrieb. Herausgekommen ist nicht nur eine durch den Einsatz von Magnesium fünfmal leichtere Komponente als bisher. Das konsequente Verfolgen der Leichtbauidee eliminiert auch Verschwendung, weil sie Sinnloses offenlegt: Sicherheitsfaktoren, die nie abgerufen werden, führen beispielsweise zu größeren Wandstärken und damit zu zwecklosem Ressourcenverbrauch. Das kann sich die Menschheit nicht leisten, die Automobilindustrie schon gar nicht.

Intelligenter Leichtbau birgt für die deutsche Automobilindustrie zudem die unternehmerische Chance, den beinharten internationalen Wettbewerb auch künftig nicht über den Preis, sondern mit höherem Kundennutzen zu begegnen. Nur echte Innovationen können einer reifen Industrie in Hochlohnländern die Existenz sichern. Kurek stellt in seinem Buch heraus, dass Innovation keinen Wert an sich darstellt, sondern sich im Markt durchsetzen muss. Nur der Kundennutzen zählt. Welche Radikalität in diesem Befund liegt, zeigt Kurek an einem Beispiel aus seiner reichen Praxis als Geschäftsführer eines großen Entwicklungsdienstleisters: Eine von ihm selbst durchgeführte Analyse eines bimetalischen Aluminium-Magnesium-Verbundes ist nicht an technischen Hürden gescheitert, sondern an einem aus der Sicht potenzieller Anwender ungünstigen Preis-Nutzen-Verhältnis. Ganz nebenbei stellt der Autor dem Leser mit der auf einen Werkstoff adaptierten Kunden-Nutzen-Analyse einen tatsächlich innovativen Ansatz vor, neue Produkte und Verfahren zu evaluieren.

Viele leitende Entwickler und Manager, nicht nur in der Automobilindustrie, werden insbesondere an dieser Stelle der Lektüre gewinnbringende Schlüsse für ihre eigenen Managementaufgaben ziehen können.

Wilhelm Mißler

Chefredakteur „Automobil Industrie“

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Geleitwort von Wilhelm Mißler | 5 |
| 1 Prolog und Einführung | 11 |
| 2 Die Automobilindustrie heute – eine Welt im Umbruch | 23 |
| 2.1 Aktualität und Relevanz des Themas „Leichtbau“ | 25 |
| 2.1.1 Ausgangslage: Marktsättigung in den Triademärkten | 32 |
| 2.1.2 Automobilindustrie in der Reifephase – die Fakten | 37 |
| 2.1.3 Innovationskompetenz – entscheidender Wettbewerbsfaktor der Zukunft | 46 |
| 2.2 Stand der Technik: Karosseriebau in der Automobilindustrie | 60 |
| 2.2.1 Spannungsfeld des Karosseriebaus | 61 |
| 2.2.2 <i>Frontloading</i> im Produktentstehungsprozess (PEP) | 66 |
| 2.2.3 Kosten-Gewichts-Optimierungsdiagramm (KGO) | 79 |
| 2.3 Umfeldbedingungen im Überblick – ein kurzes Fazit | 82 |
| 3 Evaluierung eines „innovativen“ Werkstoffs – theoretische Grundlagen und Abgrenzung | 87 |
| 3.1 Karosseriekonzepte | 90 |
| 3.2 „Systemunabhängiges“ Bauteil | 91 |
| 3.3 Zentrale Entscheidungsparameter aus Kundensicht | 92 |
| 3.4 „Qualitätssensitives“ Bauteil | 93 |
| 3.5 Keine Kunststoffe für sicherheitsrelevante Bauteile | 94 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 4 | Eine Markt-/Kundennutzenanalyse für Strangpressprofile – praktische Umsetzung und Ergebnisse_____ | 103 |
| 4.1 | Studiendesign der Tiefenbefragung und Teilnehmerstruktur____ | 103 |
| 4.2 | Methodischer Hintergrund: Wettbewerbsstellung nach PIMS ____ | 105 |
| 4.3 | Methode: Werkstoffvergleich nach dem „Customer Value“ ____ | 108 |
| 4.4 | Werkstoffentscheidung bei Strangpressprofilen_____ | 113 |
| 4.5 | Werkstofftechnische Parameter_____ | 116 |
| 4.6 | Akzeptanzkriterien_____ | 118 |
| 4.7 | Ergebnisse der Markt-/Kundennutzenstudie_____ | 119 |
| 5 | Technische Analyse einer Domstrebe_____ | 129 |
| 5.1 | Stahl, Aluminium oder Magnesium_____ | 130 |
| 5.2 | Untersuchungsgegenstand „Domstrebe“_____ | 136 |
| 5.3 | Wesentliche Entwicklungen aus dem Motorsport – das „24h-Rennen von Le Mans 2010“_____ | 138 |
| 5.4 | Annahmen zur Kraffteinleitung und Auslegung_____ | 154 |
| 5.5 | Messtechnische Analyse auf der Rennstrecke_____ | 160 |
| 5.6 | Mehrachsige dynamische Kraft- und Spannungsanalyse und „Leichtbaulösung“_____ | 170 |
| 6 | Nachhaltige Mobilität_____ | 183 |
| 6.1 | „Radikalinnovation“ statt Evolution_____ | 183 |
| 6.2 | Konzeptioneller Paradigmenwechsel_____ | 195 |
| 6.3 | Weniger ist mehr_____ | 224 |
| 7 | Epilog von Ellen Lohr_____ | 235 |
| | Abbildungsverzeichnis_____ | 241 |
| | Literaturverzeichnis_____ | 247 |
| | Autor_____ | 251 |

Für meinen Vater Heinz Kurek,

der seit Jahrzehnten in aller Bescheidenheit und technischer Genialität
Großartiges realisiert,
weil er die ökologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen
schon früh erkannte und somit seiner Zeit stets weit voraus war.

*„Enzo Ferrari hat sich die Autos noch nach seinen Wünschen selbst
konstruieren und zusammenschrauben können. Vorbei, die Zeiten?*

*Von wegen: Heinz Kurek beweist das Gegenteil.
Es braucht sehr viel Expertise, einen energischen Willen
und ein ausgeprägtes Faible für Sportwagen.
Nichts anderes hat Kurek zeit seines Lebens gebaut.“*

(Financial Times Deutschland)

1 PROLOG UND EINFÜHRUNG

Die laufende Transformation von einer Industrie- hin zu einer höherentwickelten Wissensgesellschaft – im Rahmen einer stetig zunehmenden Internationalisierung – ist für alle Industrienationen zu einer unabwendbaren Herausforderung geworden. Dies gilt insbesondere auch für Deutschland, dem ein gravierender strategischer, struktureller und demografischer Wandel bevorsteht.

Wertschöpfung findet bereits heute, verstärkt aber noch in Zukunft, in einer wirksamen Überleitung unseres bestehenden industriellen (Erfahrungs-)Wissens in neue, bessere Problemlösungen statt. Nicht nur Produktivitätsstrategien und Effizienzsteigerungsprogramme werden die industrielle Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Zukunft sichern, sondern vor allem *Innovationen*, die auf einer gezielten (Weiter-)Entwicklung unseres bestehenden (Erfahrungs-)Wissens basieren. Nur *echte* Innovationen ermöglichen die Beibehaltung und Verbesserung der aktuellen Wettbewerbsposition hiesiger Unternehmungen im (inter-)nationalen Vergleich. Die Grundlage für den Erfolg aller westlichen Industrienationen stützt sich seit jeher und verstärkt noch in Zukunft auf die technischen Errungenschaften einer funktionierenden, innovativen und freien Wirtschaft.

Dies gilt insbesondere auch für die Automobilindustrie, die zu Beginn dieses 21. Jahrhunderts von einem noch nie da gewesenen Wettlauf um Innovationen geprägt ist. Dieser Innovationswettlauf birgt allerdings auch die Gefahr in sich, den *wahren Kundennutzen* aus den Augen zu verlieren. Diese Entwicklung ist in vielerlei Hinsicht kritisch, da die Pkw-Neuzulassungen in den gesättigten Triademärkten (Nordamerika, Westeuropa, Japan) langfristig kein Wachstum mehr versprechen und die Branche bis heute einen der bedeutendsten Wirtschaftszweige unserer modernen Industrie darstellt. Aufgrund des zunehmenden Wett-

bewerbsdrucks in den Weltmärkten ist *gutes* und vor allem *kundenorientiertes* Innovationsmanagement zu *dem entscheidenden* Erfolgsfaktor aller Industrienationen geworden, von dessen professioneller Ausübung das Wohlstandsniveau künftiger Generationen abhängen wird.

Im Gegensatz zur Vergangenheit reicht es heute aber nicht mehr aus, allein durch *kreative Erfindungen* den Markt „zu erobern“, da das *strategische, prozessuale, strukturelle* und *kulturelle* Fundament unserer hochentwickelten Industriegesellschaft mittlerweile eine enorm *hohe Komplexität* aufweist. Um unseren Kunden die *richtigen* Produkte in der *richtigen* Qualität zum *richtigen* Preis und *richtigen* Zeitpunkt anbieten zu können, ist es entscheidender denn je, neben *substanziellen fachlichen Fähigkeiten* auch über ein *hochentwickeltes Managementverständnis* zu verfügen. Nur eine gezielte Verknüpfung von *fundierter Branchenkompetenz* mit *bewährtem Management-Wissen* ermöglicht in den heutigen Industriestrukturen die Konzeption, Entwicklung und Realisierung von *echten* Innovationen, die in den (inter-)nationalen Märkten zu *nachhaltig erfolgreichen* Ergebnissen führen werden.

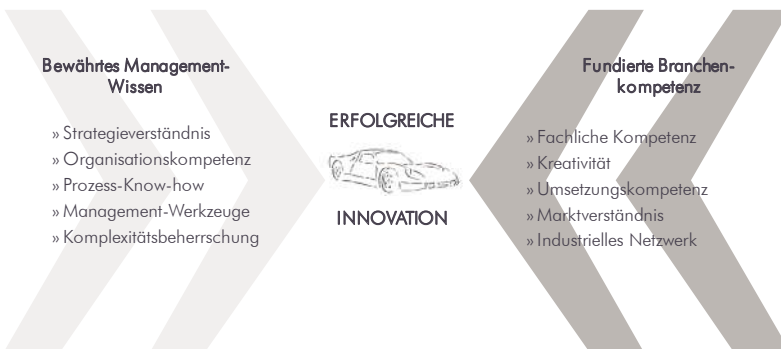


Abb. 1.1: Verknüpfung von fundierter Branchenkompetenz mit bewährtem Management-Wissen als Grundlage erfolgreicher Innovationen (Quelle: Eigene Erstellung)

Die in Abbildung 1.1 dargestellte *interdisziplinäre* Verknüpfung von *fundierter Branchenkompetenz* mit *bewährtem Management-Wissen* ist ein zentraler Erfolgsfaktor, um für den Kunden *effektive* und *effiziente*

Problemlösungen konzipieren, entwickeln und realisieren zu können. Und neue technische Lösungen werden letztendlich nur dann zu *echten* Innovationen, wenn sie für den Endverbraucher umgesetzt und im Markt entsprechende Resultate damit erzielt werden können.

Basierend auf einer gezielten Verknüpfung von *fundierter Branchenkompetenz* mit *bewährtem Management-Wissen* wird mit dem vorliegenden Fachbuch das vordergründige Ziel verfolgt, den heutigen *Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie* zu analysieren, zu evaluieren und Lösungen anzubieten, wie die *Effektivität* und *Effizienz* im *Innovationsmanagement* optimiert werden kann. Im Kern der nachfolgenden Ausführungen geht es also darum, durch ein sinnvolles, strukturiertes und systemisches Vorgehen einen unmittelbaren Beitrag dazu zu leisten, dass die *Innovationskraft* unserer hochentwickelten Automobilindustrie durch ganzheitliche und wirksame Innovationsprozesse im *Karosserie-(leicht-)bau nachhaltig* gefördert wird.

Vor dem Hintergrund *schwindender fossiler Brennstoffreserven* und *zunehmender Umweltdiskussionen* gewinnen *alternative Antriebstechnologien* und *Leichtbau* in der internationalen Automobilindustrie derzeit signifikant an Bedeutung. Und es ist davon auszugehen, dass sogenannte *„Radikalinnovationen“* in diesen Technologiefeldern bereits in naher Zukunft über den Erfolg und Misserfolg von Unternehmen in der Branche entscheiden werden.

Deshalb steht das Thema *„Karosserie-Leichtbau“* auch im unmittelbaren Zentrum laufender *Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten* vieler Automobilhersteller, die aufgefordert sind, durch *verbrauchsärmere* und *abgasoptimierte* Fahrzeuge einen wesentlichen Beitrag zur *Einsparung von Primärenergie* zu leisten. Nachdem sich die *kinetische Energie* aus $\frac{1}{2}mv^2$ ($m \times a$) bestimmt, kommt der Fahrzeugmasse und damit dem *Karosserie-Leichtbau* künftig eine immer größere Bedeutung zu. Neue, leichtere, *innovative* Konzepte und Werkstoffe werden gesucht, um die gesellschaftlich wie (umwelt-)politisch geforderten *Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge* prozesssicher *„auf die Straße“* bringen zu können.

Die Verknüpfung der *progressiv geschwindigkeitssensitiven* Eigenschaften des Magnesiums (hexagonale Gitterstruktur: passive Fahrzeugsicherheit) mit den bekannt *positiven Eigenschaften des Aluminiums* im Automobilbau (Oberflächenqualität, Korrosionsverhalten, automotivespezifische Verbindungstechnologien usw.) legt beispielsweise den Schluss nahe, dass ein *bimetallischer Aluminium-Magnesium-Verbund* eine innovative Werkstoffkombination sein könnte, die *möglicherweise* über ein großes industrielles Erfolgspotenzial verfügen könnte. Auf Basis eines *hochfesten Aluminium-Magnesium-Verbundes* wird in dem vorliegenden Fachbuch deshalb unter anderem untersucht, analysiert und dargestellt, inwieweit eine solch erfolgversprechende Werkstoffkombination für *industrielle Anwendungen* in der Automobilindustrie auch *tatsächlich* geeignet ist und über *welch tatsächliches* Erfolgspotenzial die Technologie im Karosserie-Leichtbau letztlich verfügt.

Durch eine gezielte Evaluierung des neuen *bimetallischen Aluminium-Magnesium-Verbundes* aus Marktsicht (*Kundennutzenstudie*) soll ein konkreter Beitrag zur Forschungsarbeit auf dem Gebiet der *marktorientierten Werkstoffwissenschaften* geleistet werden, indem durch ein entsprechendes Evaluierungsprojekt belastbare Erkenntnisse zum *industriellen Erfolgspotenzial* des Hybrids erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang ist es für das Gesamtverständnis von wesentlicher Bedeutung, dass die *dynamischen Umfeldbedingungen* in der Automobilindustrie, wie wir sie derzeit vorfinden, und alle daraus resultierenden Konsequenzen vorab präzise erörtert werden, was im ersten Teil des vorliegenden Fachbuches ausführlich und allgemein verständlich dargestellt wird. Jeder *Strategieentwicklungsprozess* setzt eine fundierte Analyse der *Umwelt- und Rahmenbedingungen* voraus, um Optionen überhaupt *mess- und beurteilbar* darstellen zu können. Diese Prämisse gilt insbesondere dann, wenn es darum geht, das *künftige Erfolgspotenzial* einer neuen Technologie *mess- und beurteilbar* zu evaluieren.

Die angewandte Methodik, das Vorgehen sowie die Darstellung der Ergebnisse dieser umfassenden Marktanalyse zur Evaluierung des neuen *bimetallischen Aluminium-Magnesium-Verbundes* stellen auf dem

Gebiet der Werkstoffwissenschaften in der vorliegenden Form eine Neuerung dar, da bislang noch keine – in der Literatur bekannte – *Kundennutzenanalyse* realisiert wurde, die *werkstofftechnische Parameter* und *industrielle Akzeptanzkriterien* in einen unmittelbaren kausalen Zusammenhang stellt, um darauf basierend fundierte Werkstoffentscheidungen im Karosseriebau treffen zu können. Diese *Markt- bzw. Kundennutzenstudie* – erstellt nach zahlreichen persönlichen Interviews mit industriellen Anwendern und hochqualifizierten Werkstoffspezialisten der Automobilbranche – liefert die Grundlagen und damit das Fundament für alle weiteren Inhalte in dem vorliegenden Fachbuch.

Durch dieses Vorgehen wird sichergestellt, dass der Kundennutzen („*Customer Value*“) in den Mittelpunkt aller weiteren Ausführungen gestellt werden kann. Da ein *positiver Kundennutzen* der *entscheidende Wettbewerbsfaktor* ist, um *Innovationen* im Markt erfolgreich platzieren zu können, stellt die *Markt-/Kundennutzenstudie* eine unabdingbare Voraussetzung dar, um letztendlich eine *echte Innovation* für den Markt realisieren und entsprechende Ergebnisse damit erzielen zu können. Dabei ist die Evaluierung des neuen *bimetallischen Aluminium-Magnesium-Verbundes* lediglich als *ein konkretes Beispiel* zu verstehen, wie der Kundennutzen neuer Werkstoffe fundiert analysiert und evaluiert werden kann, um das *tatsächliche Erfolgspotenzial* technischer *Innovationen* im *Karosserie-Leichtbau* richtig einschätzen und erschließen zu können. Die Methodik und das Vorgehen haben Allgemeingültigkeit – der Untersuchungsgegenstand selbstverständlich nicht.

Auf Basis der dargestellten *Markt- bzw. Kundennutzenstudie* erfolgt im Anschluss eine direkte *technische Gegenüberstellung* von bereits industriell eingesetzten *Leichtmetallen* am konkreten Beispiel einer *Rennfahrzeug-Domstrebe*. Der *unmittelbare technologische Vergleich* von Stahl, Aluminium und Magnesium zeigt am Beispiel *eines konkreten Karosseriebauteils*, wie *Leichtbaulösungen* im Rahmen der Entwicklung analysiert werden. Zu diesem Zweck wird die *Domstrebe* als *tragendes Element* der Karosserie in Stahl, Aluminium und Magnesium ausgeführt und nach definierten Kriterien im *Fahrbetrieb* erprobt. Um die Werk-

stoffe ohne konstruktive Anpassungen im Gesamtsystem der Karosserie trennscharf gegenüberstellen zu können, handelt es sich bei der *Domstrebe* um ein weitgehend *systemunabhängiges* und *qualitätssensitives* Bauteil. Dieses hat die Aufgabe, Kräfte und Momente, die vor allem bei schneller Kurvenfahrt mit hohen Belastungen im Domlager des Federbeins auftreten, in die Struktur des Vorderwagens einzuleiten. Damit leistet sie auch einen *messbaren Beitrag* zur *aktiven Fahrzeugsicherheit*, da sie zur Steifigkeit des Vorderwagens und damit unmittelbar zum Fahrverhalten beiträgt. Da es in der Automobilindustrie nicht unüblich ist, neue Technologien in Rennfahrzeugen zu erproben, um auf diese Weise Erkenntnisse für Serienfahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr zu gewinnen, folgt das dargestellte Projekt einem vielfach bewährten Vorgehen aus der industriellen Praxis.

Die dynamische Belastung des Bauteils im Rennfahrzeug ist aufgrund der eingeleiteten Kräfte und Momente vielfältig (Zug/Druck, Biegung, Torsion), so dass die *technische Analyse der Domstrebe* für unterschiedliche Werkstoffe konkrete Erkenntnisse für weitere Anwendungen im Karosserie-Leichtbau liefert. Auf Basis einer *mehrachsig dynamischen Kraft- und Spannungsanalyse* an der Domstrebe werden dann im letzten Teil des vorliegenden Fachbuches die ermittelten Untersuchungsergebnisse auf „*Einzelteilebene*“ dazu genutzt, Rückschlüsse auf den gesamten „*Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie*“ zu ziehen. Auch diese Rückschlüsse werden am Beispiel einer konkreten *Machbarkeitsstudie* dargestellt, um das Verständnis für die komplexen Wirkungszusammenhänge im Karosserie-Leichtbau konkret und praxisorientiert analysieren und erörtern zu können. Um Leichtbaupotenziale auf „*Gesamtfahrzeugebene*“ *systemisch* und damit *ganzheitlich* erschließen zu können, ist es erforderlich, nach definierten Auswahl-, Optimierungs- und Vergleichskriterien den *bestmöglichen Kompromiss* bezüglich des Kundennutzens (*relativer Preis/relative Qualität*) zu finden. Daher ist die Karosserie als integriertes System zu verstehen, das von verschiedensten *werkstofftechnischen, konzeptionellen, funktionalen* und *fertigungstechnischen* Abhängigkeiten geprägt ist.

Die Erfüllung *wirtschaftlicher* und *technologischer Anforderungen* erlaubt aus Kundensicht *keine Qualitätseinbußen* oder *signifikante Preiserhöhungen*, denn Karosserie-Leichtbau ist nicht sichtbar, so dass der Kunde nicht dazu bereit ist, dafür einen höheren Preis zu entrichten. Folglich stellt sich die Frage, ob evolutionäre Entwicklungsschritte reichen, um sich im internationalen Marktumfeld erfolgreich behaupten zu können. Da die Gesamtarchitektur einer selbsttragenden Karosserie in der industriellen Praxis aus 200 bis 300 Einzelteilen besteht, die zu einem komplizierten, in etwa 300 kg schweren Gesamtsystem zusammengefügt wird, stellt sich nun die Frage, ob im Sinne von Gewichts-, Kosten- und Komplexitätsreduktion nicht neue, innovative Fahrzeugkonzepte realisiert werden sollten. In Kapitel 6 wird deshalb ein *konzeptioneller Paradigmenwechsel* im Karosserie-Leichtbau erörtert, der seinen Ursprung ebenfalls im Motorsport hat. *Sekundäreffekte*, die sich aus leichteren Karosserien ergeben (wie leichtere Fahrwerkskomponenten, Bremsen oder Räder) werden dabei ebenfalls beleuchtet.

Die im Rahmen dieses Fachbuches dargestellten Inhalte erfassen also von der Idee und Markt-/Kundennutzenanalyse über das Vorgehensmodell, die Berechnung und Konstruktion, die Simulation, die Prototypenfertigung bis hin zur Erprobung *alle Prozessschritte* eines modernen, ziel- und ergebnisorientierten *Innovationsmanagements* in der Automobilindustrie. Obgleich es in der Management-Lehre bereits zahlreiche Prozess- und Innovationsmodelle gibt, die einen solchen Evaluierungsprozess *theoretisch* beschreiben, so existieren bisher aber kaum konkrete Industrieprojekte, für die ein solcher Innovationsprozess bereits *idealtypisch* dargestellt worden wäre. Die gewählte „*Dualstrategie*“, das heißt, die marktseitige Evaluierung des neuen *Aluminium-Magnesium-Verbundes* aus Kundensicht einerseits und die technische Analyse unterschiedlicher Werkstoffe durch eine *reale Rennfahrzeugprobung* andererseits, ist in der industriellen Praxis zwar nicht unüblich, wurde aber bislang in der vorliegenden Form noch nicht veröffentlicht.

Insofern ist der *systemische* Ansatz, der auf unterschiedliche Disziplinen des Fahrzeug- und Maschinenbaus zugreift (Werkstofftechnik, Konstruk-

tion, Festigkeitslehre, Technische Mechanik, Maschinenelemente/Verbindungstechnik, numerische Lösungsverfahren usw.) zwar nicht neu, aber *erforderlich*, um über die Verknüpfung der verschiedenen fachlichen Disziplinen des Fahrzeug- und Maschinenbaus mit bewährtem Management-Wissen in der *prozessualen Projektrealisierung* neue wissenschaftliche Erkenntnisse für den Karosserie-Leichtbau erzielen zu können. Abbildung 1.2 zeigt die zentralen Inhalte, die im vorliegenden Fachbuch zu einer ganzheitlichen Erörterung des Themas „Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie“ führen, in einer Übersicht:

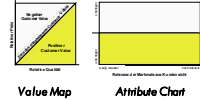



| | Schlüsselfragen | Inhalte | Ergebnisse |
|---|--|---|--|
| Analysephase Markt- / Kundennutzenanalyse | Wo stehen wir derzeit im Karosserie-Leichtbau? Wie können neue Technologien "aus Kundensicht" wirksam evaluiert werden? | <ul style="list-style-type: none"> • Umfeldanalyse • Marktbedürfnisse • Wettbewerbsumfeld • Relevanz eines neuen Leichtbau-Werkstoffs (für Strangpressprofile) | Kundennutzenanalyse mit dem "Customer Value"  |
| Evaluierungsphase Materialgrundlagen / Berechnung und Simulation | Wie kann die Leichtbaulösung für ein tragendes Karosserieteil aussehen? | <ul style="list-style-type: none"> • Definition des Bauteils: Domstrebe • Konstruktive Anbindung • Theoretische Annahmen zur Kräfteinleitung • Simulationsansätze für neue Werkstoffe | Rechnerische Belastungsanalysen: <ul style="list-style-type: none"> • Zug • Druck • Biegung • Torsion Belastungsanalyse: MhE21 (Ø22x2) Krümmung: Gewicht: 228 kg Belastung: 18.800 N (1,7g) Stützzeit: ca. 2,8 s  <ul style="list-style-type: none"> • Berechnung in CATIA V5 (Lastannahmen) • Simulation als Ergänzung der CATIA V5-Berechnung |
| Validierungsphase Messung zur Lastfallermittlung | Welche konkreten mehrachsigen Belastungen sind im Fahrbetrieb unter Extrembedingungen (Hockenheimring) an den Domstreben zu ermitteln? Wie kann eine Leichtbaulösung auf Basis der realen Lastfälle aussehen? | Praktischer Nachweis der am Fahrzeug entstehenden Kräfte und Momente auf die Domstrebe, Einsatzfähigkeit eines alternativen Leichtbauwerkstoffes im Fahrzeug – Einbau und Erprobung <ul style="list-style-type: none"> • Lastfallermittlung im Echtbetrieb (Extrembelastung auf der Rennstrecke) • Messtechnische Erfassung und Auswertung • Erstellung der Lastfalldiagramme • Rückschlüsse für alternative Anwendungen | Praktische Belastungsanalyse  <ul style="list-style-type: none"> • Messtechnik (Hardware/DMS/...) • Versuchsteile im Vergleich |
| Transferphase Rückschlüsse auf den gesamten Karosserie-Leichtbau | Wie kann ein ganzheitlicher und wirtschaftlicher Karosserie-Leichtbau in Zukunft aussehen? | <ul style="list-style-type: none"> • Komplexitätsreduktion • Fahrzeugkonzept • "Multimaterial" • Modularisierung • Fügetechnik • Gesamtfahrzeugkompetenz • Erfolgsvoraussetzung | <ul style="list-style-type: none"> • Motorsport/Prototypen/Industrie • Reale Machbarkeitsstudie  |

Abb. 1.2: Prozessschritte mit den zentralen Inhalten des vorliegenden Fachbuches (Quelle: Eigene Erstellung)

Die in Abbildung 1.2 dargestellten Prozessschritte mit den zentralen Inhalten des vorliegenden Fachbuches dokumentieren einerseits den Weg von der *Marktanalyse* über *technische Untersuchungen* am konkreten Beispiel bis zum *Wissenstransfer* in die industrielle Praxis und unterstreichen andererseits den Anspruch, fundierte *Branchenkompetenz* mit bewährtem *Management-Wissen* gezielt zu verknüpfen (vgl. Abb. 1.1), um auf diese Weise *neue Erkenntnisse* für den *Karosserie-Leichtbau in der Automobilindustrie* gewinnen zu können. Die sachlogische Abfolge der dargestellten Prozessschritte soll gleichzeitig auch genau jenes handwerkliche Rüstzeug vermitteln, das für die *Definition, Planung, Steuerung* und *Realisierung* von Innovationsprojekten grundsätzlich erforderlich ist.

Durch die *didaktische Gestaltung* der dargestellten Prozessschritte soll nicht nur das inhaltliche Vorgehen verständlich vermittelt, sondern sollen auch mit Hilfe unterschiedlicher Instrumente und Methoden bereits erste Umsetzungsmaßnahmen auf individueller und prozessualer Ebene dargestellt werden. Deshalb erfolgt die Darstellung der Inhalte auch an konkreten Beispielen aus der *industriellen Praxis*, und nicht anhand von *theoretischen Fallstudien*. Damit wird sichergestellt, dass das Wissen des vorliegenden Fachbuches auf der *Untersuchungs-, Transfer- und der industriellen Anwendungsebene* gleichermaßen genutzt werden kann. Insofern wurden die verschiedenen Inhalte des vorliegenden Fachbuches *intensiv* und *selektiv* im Hinblick auf den *tatsächlichen* industriellen Nutzen behandelt. Im Rahmen der Erstellung dieses Buches wurde auf eine klare, nachvollziehbare und präzise Formulierung geachtet, die der gemeinsamen Sprache („*unité de doctrine*“) heutiger Fahrzeugbauingenieure aus der industriellen Praxis entspricht. Auf diese Weise soll eine einfache *Wissenszunahme* und *Wissensvernetzung* ermöglicht werden, um den *praktischen Nutzen*, der aus den Erkenntnissen der nachfolgend beschriebenen Entwicklungsprojekte resultiert, zu erhöhen. Abbildung 1.3 fasst das didaktische Gesamtkonzept des vorliegenden Fachbuches grafisch zusammen.

Das vorliegende Fachbuch soll in seinem übergreifenden, systemischen und ganzheitlichen Gesamtkonzept also einen substantziellen Beitrag

dazu leisten, dass die *Innovationskraft* wieder zum zentralen *Wertschöpfungstreiber* unserer Gesellschaft – und insbesondere der Automobilindustrie – wird. Es soll helfen, den Blick vom *Wichtigen* auf das *Wesentliche* zu lenken, damit unsere Fahrzeuge *leichter* werden und sich *an den tatsächlichen Bedürfnissen der Kunden* und damit des Marktes orientieren. Nur so können hiesige Unternehmen den Kampf um Entwicklungs- und Produktionsstandorte im internationalen Vergleich auch langfristig erfolgreich bestehen und dafür sorgen, dass das Wohlstandsniveau unserer hoch entwickelten Industriegesellschaft auch künftigen Generationen in der bestehenden Form erhalten bleibt.

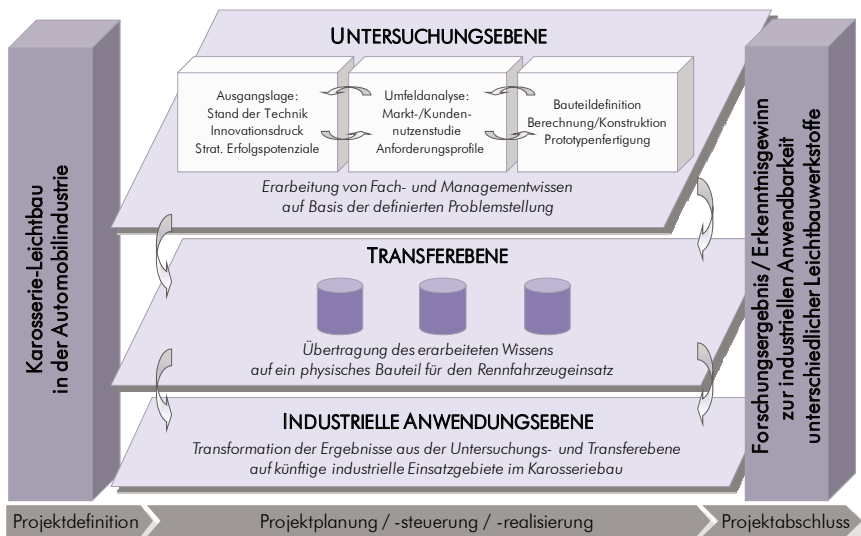


Abb. 1.3: Didaktischer Aufbau des Gesamtkonzepts (Quelle: Eigene Erstellung)

Mein Dank gilt all jenen, die zur Entstehung dieses Buches beigetragen haben – allen voran natürlich meiner langjährigen persönlichen Assistentin und MVI-Marketingverantwortlichen Constanze von Nell-Breuning, die nicht nur das mittlerweile fünfte gemeinsame Manuskript in seinen vielfältigen Arbeitsständen mit mir entwickelte, sondern vor allem meine Formulierungen klarer und Argumente schärfer machte. Sie half mir dabei, meine Arbeitshypothesen immer wieder zu überprüfen, Handlungsemp-

fehlungen präziser zu formulieren und in ungezählten Überstunden mit großer Geduld in die verschiedenen Manuskriptstände einzuarbeiten.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei Frau Dr. Elke Kiss und Herrn Arpad Kiss für ihr langjähriges Vertrauen, das sie mir als Manager ihrer Gesellschaften bisher entgegengebracht haben. Ohne die substanzielle Unterstützung meiner Kollegen aus der PROMOTIVE, PROPLANT, TVS und SOLVE-IT – alles Unternehmen unter dem Dach der MVI Group – wäre dieses Buch in der vorliegenden Form nicht entstanden. Insbesondere gilt mein Dank dem PROMOTIVE-Geschäftsführer Rainer Wagner, der mich im Rahmen der umfangreichen *Markt-/Kundenutzenstudie* unterstützte und das „*Messtechnikprojekt*“ zur Evaluierung der Domstrebe auf dem Hockenheimring koordinierte, den Herren Marco Nolte und Artur Schlaht, die die *mehrachsig dynamische Kraft- und Spannungsanalyse* rechnerisch „simulierten“, den Herren Michael Gellrich, Guido Kohlenbeck, Alexander Peglow und Mathias Zerahn-Krautz, die die Messungen auf dem Hockenheimring vorbereiteten und durchführten, sowie unserem „*araxa racing*“-Team, das unter der Leitung von Axel Plankenhorn das Rennfahrzeug für das Testprogramm einsetzte. Im Rahmen der *technischen Analyse der Domstrebe* bedanke ich mich auch bei der erfolgreichen Profirennfahrerin Ellen Lohr für ihre Geduld und Unterstützung bei den Tests sowie ihren gelungenen Epilog. Ich bedanke mich ausdrücklich beim Team des Vogel Buchverlags und den Kollegen aus der Vogel Business Media GmbH & Co. KG, die das vorliegende Buch in relativ kurzer Zeit realisierten und veröffentlichten – insbesondere natürlich Wilhelm Mißler, der nicht nur den Kontakt zum Buchverlag herstellte, sondern freundlicherweise auch das Geleitwort zum Buch verfasste. Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank auch meiner Familie, die mich zu jedem Zeitpunkt in vollem Umfang unterstützte – insbesondere meinem Vater, der mir nicht nur *Gesamtfahrzeugkompetenz* vermittelte, sondern auch den Grundsatz „*learn, earn and return*“ lehrte.

Rainer Kurek,
im Oktober 2010

2 DIE AUTOMOBILINDUSTRIE HEUTE – EINE WELT IM UMBRUCH

Die vorliegende Arbeit entstand in den Sommermonaten des Jahres 2010, in einer Zeit, die später einmal als Ausgangspunkt für die *dritte Revolution* in der Automobilindustrie bezeichnet werden wird. Vor dem Hintergrund gesättigter Triademärkte (Nordamerika, Westeuropa, Japan) und aller daraus resultierenden Konsequenzen in den Industriestrukturen der Automobilindustrie hat in den vergangenen Monaten unter den Marktteilnehmern der Branche ein „Ausscheidungsturnier“ begonnen, das bis heute einzigartig und dessen Ausgang noch nicht absehbar ist. Alleine in den ersten drei Monaten des Jahres 2009 haben 25 Automobilzulieferer aus Deutschland, beziehungsweise Zulieferer mit Werken in Deutschland, Insolvenz angemeldet. Diese Unternehmungen setzten noch im Jahr 2007 zusammen 4,5 Milliarden Euro um und beschäftigten mehr als 32.000 Mitarbeiter im In- und Ausland.¹ Seither gibt es kaum Beruhigung im Markt und noch ist nicht prognostizierbar, wann der Scheitelpunkt dieser Entwicklung erreicht ist. Es ist aber davon auszugehen, dass noch zahlreiche Automobilzulieferer und bis zu 100.000 Mitarbeiter von der Insolvenzwelle betroffen sein werden.²

Diese Entwicklung ist gesamtwirtschaftlich und gesellschaftspolitisch kritisch, da die Automobilindustrie mit einem Gesamtumsatz von etwa 300 Milliarden Euro und fast 750.000 Direktbeschäftigten hierzulande noch immer eine Schlüsselindustrie darstellt, von der alleine in Deutschland jeder sechste Arbeitsplatz abhängt. Mehr als 25 Prozent aller deutschen Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen – das entspricht etwa 18 Milliarden Euro – werden von Unternehmungen des

¹ Vgl. o. V. (2009): *D-Day der Automobilzulieferer*, Presseinformation vom 02.03.2009 zum Thema „Krise in der Automobilindustrie“, Oliver Wyman GmbH

² Vgl. ebenda.

Automobilbaus finanziert. Hier werden *reale* und nicht nur virtuelle Leistungen erbracht, entsteht Wertschöpfung im wirtschaftlichen und nicht nur im finanziellen Sinne und wird Neues vor allem in *Kunden- (Customer-)* und nicht nur in *Shareholder Value* umgesetzt.

Die weltweite Automobilindustrie, einschließlich ihres äußerst komplexen Netzes an Zulieferindustrien, ist seit mehr als hundert Jahren in erheblichem Umfang sowohl Initiator als auch Anwender neuester Technologien und damit unmittelbar für *echte* Sachwerte verantwortlich. Nun aber ist diese Industrie ins Stocken geraten, zumindest in ihren bisherigen Kernmärkten, wie am Beispiel der amerikanischen Automobilindustrie genauso beobachtet und nachvollzogen werden kann wie an jenen Westeuropas oder Japans. Die Stammmärkte sind gesättigt, die Branche hat ihre Reifephase erreicht. Die daraus resultierenden Folgen sind zunehmender Wettbewerbsdruck, Wettlauf um Innovationen, Effizienzsteigerungsprogramme sowie Übernahme- und Konzentrationswellen.³

Verantwortungsbewusste, kompetente und vorausschauende Automobilmanager gehen schon seit geraumer Zeit davon aus, dass es sich bei der aktuellen Marktsituation nicht um einen vorübergehenden Zustand handelt, sondern eine weitere Konsolidierung der Branchenstruktur zu erwarten ist. Trotz des zwischenzeitlichen Wirtschaftswachstums im 1. Halbjahr 2008 – geprägt von unterschiedlichen Erfolgsgeschichten aus anderen Branchen –, Abwrackprämie und vorübergehenden „Scheinstabilitäten“ stagniert der Inlandsmarkt für Pkw nun bereits seit mehr als fünf Jahren. Es ist absehbar, dass die Konzentrationszyklen im Markt künftig noch unter deutlich verschärfteren Spielregeln stattfinden werden als bisher, da neue Mitbewerber – wie der indische Automobilhersteller Tata Motors oder verschiedene chinesische OEM⁴ wie BYD, Landwind oder Tianjin – sukzessive in die internationalen Märkte drängen werden, insbesondere auch deshalb, da der chinesische Inlandsmarkt nicht beliebig wachsen wird und der Export stetig

³ Vgl. Kammerlander, Hans/Kurek, Rainer (2008): *Direttissima zum Erfolg*, FAZ-Verlag, Frankfurt a. M., S. 11 f.

⁴ OEM: „Original Equipment Manufacturer“ (Automobilhersteller)

zunimmt.⁵ Da die Automobilindustrie wegen ihrer gesamtwirtschaftlichen Bedeutung maßgeblich am wirtschaftlichen Aufstieg, aber auch am Niedergang von ganzen Wirtschaftsräumen beteiligt ist, sind nun *alle* Unternehmen der Branche gefordert, durch die *richtigen* Innovationen einen Beitrag dazu zu leisten, möglichen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Schäden vorzubeugen und durch neue, substantielle technologische Erkenntnisse dazu beizutragen, dass der bisherige Wettbewerbsvorsprung unserer modernen, hoch leistungsfähigen Automobilindustrie auch weiterhin erhalten bleibt.

Dynamische Veränderungen und schwierige Umbruchzeiten – wie sie derzeit in der Automobilindustrie anzutreffen sind – erfordern von den Unternehmungen ein hohes Maß an *Innovationsbereitschaft* und *-fähigkeit*. Künftige Marktmechanismen frühzeitig zu erkennen, sich verändernde Marktstrukturen zu verstehen und daraus erfolgreiche Strategien für die Produktentwicklung und -realisierung abzuleiten, sind komplexe Aufgaben, von deren professioneller Ausübung die Innovationskraft sowie die effektive und effiziente Nutzung der Ressourcen unserer Gesellschaft abhängt.

2.1 Aktualität und Relevanz des Themas „Leichtbau“

Die tiefgreifenden Umstrukturierungen in der internationalen Automobilindustrie haben nach den amerikanischen OEM – Chrysler, General Motors, (Ford) – nun auch die hiesigen Automobilhersteller erreicht. Überkapazitäten in der Branche und das Nichterreichen erforderlicher *Break-Events* kennzeichnen viele Bereiche der europäischen Automobilindustrie, so dass Innovationsfelder wie „*Ressourcenschonung*“ und „*Emissionsreduzierung*“ als strategische Erfolgspotenziale zunehmend an

⁵ Vgl. o.V. (2009): *Sind die fetten Jahre vorbei?*, in: AUTOMOBIL PRODUKTION, Ausg. März 2009, S. 60 ff.

Bedeutung gewinnen. Vor dem Hintergrund einer immer *fragileren Energieversorgung* und ständig *zunehmender Umweltschutzanforderungen* („*legal regulations*“) sieht sich die Automobilindustrie derzeit vor der Aufgabe, durch verbrauchsärmere und abgasoptimierte Fahrzeuge zur *signifikanten Einsparung von Primärenergie* beizutragen und damit den gesellschaftlichen Anforderungen zu entsprechen. Dabei setzen die meisten Automobilhersteller im Pkw-Segment bereits heute auf Hybrid- und künftig verstärkt auf Elektroantriebe, die die *Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge* der Zukunft antreiben sollen.

Da bislang nicht klar ist, wie der Markt (Endkunde = Verbraucher = Autokäufer) Fahrzeuge mit alternativen Antriebsarten tatsächlich annehmen wird, entwickeln die meisten Automobilhersteller Fahrzeugkonzepte, die sowohl für Verbrennungsmotoren (Otto/Diesel) als auch für alternative Antriebe ausgelegt werden (GM Chevrolet Volt, FIAT Phylla u.v.m.). Diese Vorgehensweise ist differenziert zu betrachten, da die technischen Rahmenbedingungen (Package, Aerodynamik, passive/aktive/integrierte Fahrzeugsicherheit, Rollwiderstand u.v.m.) für ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in der Regel andere sind als jene, die beispielsweise für ein Fahrzeug mit Hybridantrieb oder Elektroantrieb gelten. Darüber hinaus bewirken Akkumulatoren zur Energiespeicherung Zusatzgewicht, für das wiederum Energie zur Verfügung gestellt werden muss. Insofern ist es naheliegend, dem „Leichtbau“ in der Automobilindustrie zumindest dieselbe Aufmerksamkeit zu schenken wie der Elektromobilität.

Abbildung 2.1 zeigt zehn unterschiedliche Exponate von *Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeugen*, die führende Automobilhersteller auf dem Genfer Automobil Salon im Frühjahr 2009 der Öffentlichkeit präsentierten:



Abb. 2.1: Niedrigenergie-/Niedrigemissionsfahrzeuge im Fokus der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verschiedener Automobilhersteller (Quelle: Genfer Automobil Salon 2009, Fotos: Rainer Kurek)

Da die *Energiebilanz* künftiger *Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge* also nicht nur von innovativen, alternativen Antriebskonzepten abhängen wird, sondern vor allem auch von *konsequenterem Leichtbau*, gilt es nun innovative Fahrzeugkonzepte zu entwickeln und zu realisieren, die effektiver, effizienter und *leichter* sind als die bestehenden. Nachdem sich kinetische Energie aus $\frac{1}{2} mv^2$ bestimmt, wird *Leichtbau* zweifelsohne zu einem zentralen Schlüsselthema der künfti-