



1 Einleitung

Warum ist die Automobilindustrie wichtig für die deutsche Wirtschaft?

Mobilität ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Das zeigt die Entwicklung der Automobilindustrie in den letzten 40 Jahren. WAGNER beziffert in [92] den Bestand an Kraftfahrzeugen in Deutschland für das Jahr 1970 auf 14 Mio. und für 2015 auf 50 Mio.. Dies ist mehr als eine Verdreifachung des Bestandes. Für die internationale Entwicklung konnte ebenfalls ein mit Unterbrechung im Jahr 2008 kontinuierlicher Aufwärtstrend festgestellt werden. Besonders in den sogenannten BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien und China) ist vor allem in den letzten zehn Jahren ein sehr starker Trend zur Motorisierung spürbar. Abb. 1.1 zeigt die Entwicklung am Beispiel des Absatzes von Kraftfahrzeugen in China in den letzten 14 Jahren.



Abb. 1.1 Absatz von Kraftfahrzeugen in China nach [94]

Es ist bereits absehbar, dass diese klassischen Absatzmärkte für Premiumfahrzeuge schon bald in eine Sättigung geraten werden. Der Mobilitätsbedarf wird jedoch nicht zurückgehen. Gerade in Schwellenländern wird dieser im Klein- und Kleinwagensegment weiter kontinuierlich wachsen. Darüber hinaus wird das Premiumsegment in diesen Ländern überproportional wachsen.



Für die Deckung des Mobilitätsbedarfes sind heute Mobilitätskonzepte erforderlich, die aus einem Zusammenspiel verschiedener technischer Teilsysteme bestehen. Die Transportaufgaben sind heute deutlich vielschichtiger und können in die Bereiche Personen-, Güter- und Informationstransport gegliedert werden. Darüber hinaus haben sich sowohl Qualität als auch Quantität geändert. Dies ist auf Veränderungen in verschiedenen gesellschaftlichen Bereichen wie Beruf, Konsum und Ökonomie oder Freizeit zurückzuführen. Sortiert nach quantitativen und qualitativen Änderungen ergibt sich aus der Sicht des Autors eine Übersicht (Tab. 1.1) an technischen Handlungsfeldern, denen sich der zukünftige Fahrzeugentwicklungsprozess (FEP) stellen muss:

Quantitativ	Technisches Handlungsfeld
<ul style="list-style-type: none"> - Verknappung von fossilen Energie-ressourcen und Begrenzung des Schadstoffausstoßes im Verkehr - Erhöhung der Verkehrsdichte durch zunehmende Bevölkerungskonzentration in Großstädten - Erhöhung der Transportleistung durch Globalisierung der Märkte - Verknappung von Rohstoffen und Materialien 	<ul style="list-style-type: none"> - Steigerung der Energieeffektivität von Antrieben - Entwicklung vernetzter Verkehrssysteme - Reduktion der Fahrzeugmasse - Entwicklung vernetzter Verkehrssysteme - Neuartige Fahrzeugkonzepte - Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur - Entwicklung vernetzter Verkehrssysteme - Neuartige Fahrzeugkonzepte - Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur - Intelligenter Materialeinsatz - Funktionaler Leichtbau - Anpassung der Komponentenhaltbarkeit an die Produktlebensdauer - Entwicklung verbesserter Recyclingkonzepte
Qualitativ	Technisches Handlungsfeld
<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Verkehrs- und Fahrzeugsicherheit - Verbesserung von Fahrdynamik und Fahrkomfort - Erhöhung der Fahrzeugfunktionalität im Bereich Information und Unterhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung vernetzter Verkehrssysteme - Entwicklung Fahrerassistenzsysteme - Optimierung des Fahrzeugverhaltens - Verständnis und Optimierung der Systemdynamik von Kraftfahrzeugen - Entwicklung Fahrerassistenzsysteme - Entwicklung Fahrzeugregelsysteme - Entwicklung Fahrerassistenzsysteme - Entwicklung echtzeitfähiger Kommunikationssysteme

Tab. 1.1 **Veränderte Randbedingungen und technische Handlungsfelder**



Ein Verkehrsmittel allein ist nicht in der Lage, die Vielfalt an Anforderungen zu erfüllen. Dies erfordert ein leistungsfähiges Verkehrssystem. Die Vernetzung von Verkehrsmitteln aus öffentlichem Verkehr und Individualverkehr in einem Verkehrssystem ist dafür erforderlich. Das Automobil spielt in diesem Mobilitätskonzept nach wie vor eine wesentliche Rolle. Es muss zukünftig so gestaltet werden, dass sowohl die gestiegenen Ansprüche des Insassen hinsichtlich Komfort und Sicherheit erfüllt werden, dabei aber auch die Kompatibilität zum Gesamtsystem „Verkehr“ hergestellt ist.

Dies stellt die Anforderung an den Fahrzeugentwicklungsprozess, ein Teilsystem „Fahrzeug“ im Gesamtsystem „Verkehr“ mit allen erforderlichen Schnittstellen zu Fahrer und Umwelt zu entwickeln. Das Kraftfahrzeug wird ein hochtechnologisches Produkt mit starker Vernetzung. Der Prozess muss so gestaltet sein, dass eine Zusammenarbeit in verschiedenen Entwicklungsdisziplinen möglich ist.

In Deutschland sind beste Voraussetzungen für einen Hightech-Entwicklungsstandort vorhanden. Indikatoren dafür sind ein besonders hohes Bildungsniveau und infrastrukturelle Gegebenheiten, die den Entwicklungsprozess begünstigen und damit zum Erfolg beitragen. Andererseits ist in Deutschland ein verhältnismäßig hohes Lohnniveau vorzufinden. Um unter diesen Umständen die Wirtschaftlichkeit des Produktes sicherstellen zu können, müssen vor allem aufwendige und zugleich anspruchsvolle Schritte, welche ein hohes Maß an Expertenwissen, Kreativität und Entwicklungsmethodik erfordern, in Deutschland stattfinden. Der Anteil dieser Schritte ist in der frühen Entwicklungsphase besonders hoch. In Abb. 1.2 werden dazu die Verteilung und die Gestaltungsmöglichkeiten der Kosten im Produktentwicklungsprozess (PEP) schematisch dargestellt. EHRENSPIEL ET AL. führen diese beiden Darstellungen in [34] ein. Daran lässt sich der Zusammenhang zwischen der Kostenverteilung und der eigenverantwortlichen, kreativen Gestaltung des Produktes ableiten.

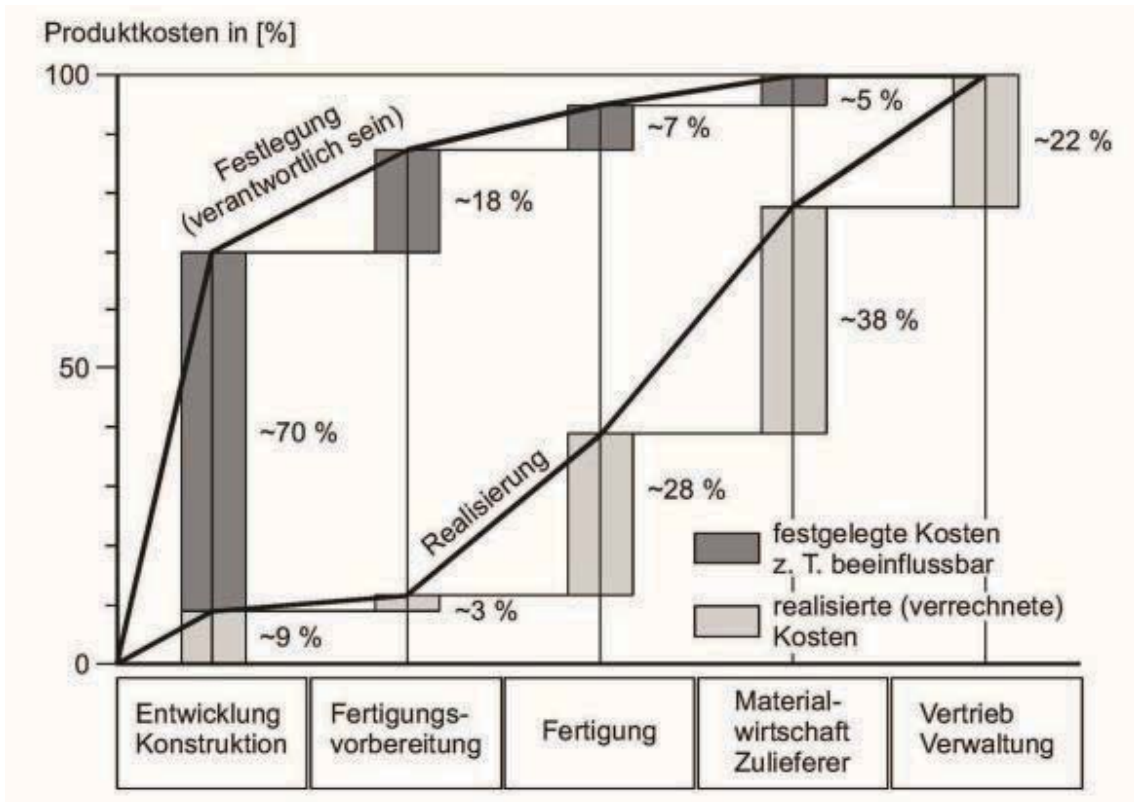
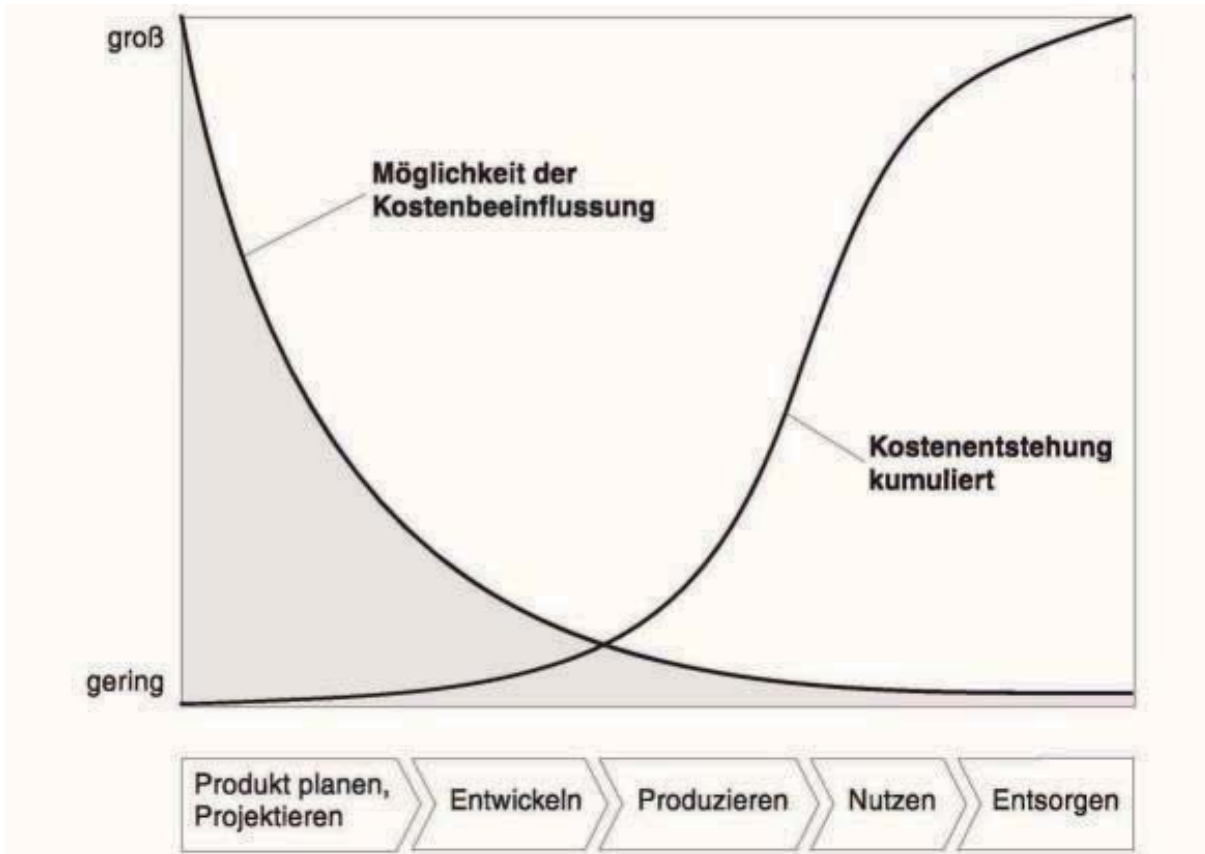


Abb. 1.2 Verteilung und Gestaltungsmöglichkeiten der Kosten im PEP aus [34]



NIßL überführt diese Theorie in [56] in ein Modell zur Kostenverfolgung im Entwicklungsprozess.

Deutschland ist heute weltweit führender Entwicklungsstandort in der Automobilindustrie und trägt somit maßgeblich zur Gestaltung des weltweiten Mobilitätssystems speziell im Bereich Automobil bei. Die Automobilindustrie ist auch deshalb in Deutschland mit einem Umsatz von mehr als 280 Mrd. € und rund 750.000 Beschäftigten einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren (vgl. [92]). Abb. 1.3 zeigt dazu die kumulierte dargestellte Entwicklung des Umsatzes in der Automobilindustrie für Deutschland entsprechend Angaben aus Destatis.

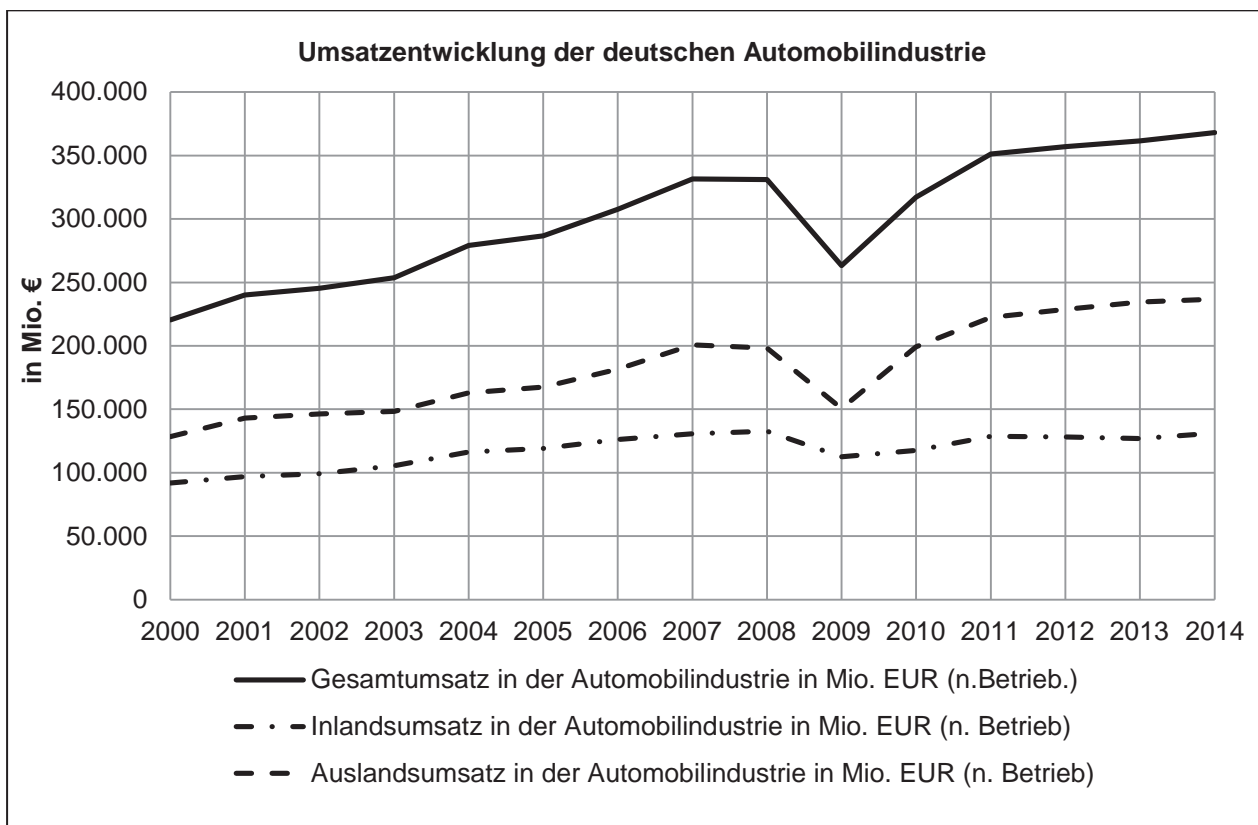


Abb. 1.3 Umsatzentwicklung der deutschen Automobilindustrie 2000 - 2014 kumuliert
 [Quelle: Destatis]

Neben den genannten generell geltenden Rahmenbedingungen unterliegt jeder einzelne Fahrzeughersteller marktspezifischen Zwängen. DEUSCHL beschreibt in [95] die in Abb. 1.4 dargestellten fünf Handlungsfelder für die Automobilherstellung.



Abb. 1.4 Handlungsfelder für die Automobilindustrie [95]

Dies führt zu Auswirkungen auf den Entwicklungsprozess, welcher permanent an sich ändernde Rahmenbedingungen anzupassen ist. Zukünftig werden Entwicklungsprojekte öfter unter der Beteiligung internationaler Partner stattfinden. Anhand der in Abb. 1.5 dargestellten veränderten Verteilung in der weltweiten Wertschöpfung findet diese Aussage bereits jetzt Bestätigung. Demnach wurde in der vergangenen Dekade immer mehr Entwicklungsleistung auf externe Zulieferer und Dienstleister ausgelagert. Dies führte zunehmend zum Verlust von wertvollem Expertenwissen beim eigentlichen Fahrzeughersteller (OEM). Aus dieser Darstellung geht jedoch nicht hervor, dass bei den Automobilherstellern mittlerweile ein starkes Bestreben zu verzeichnen ist, Schlüsselkompetenzen im Entwicklungsprozess wieder selbst zu besetzen.

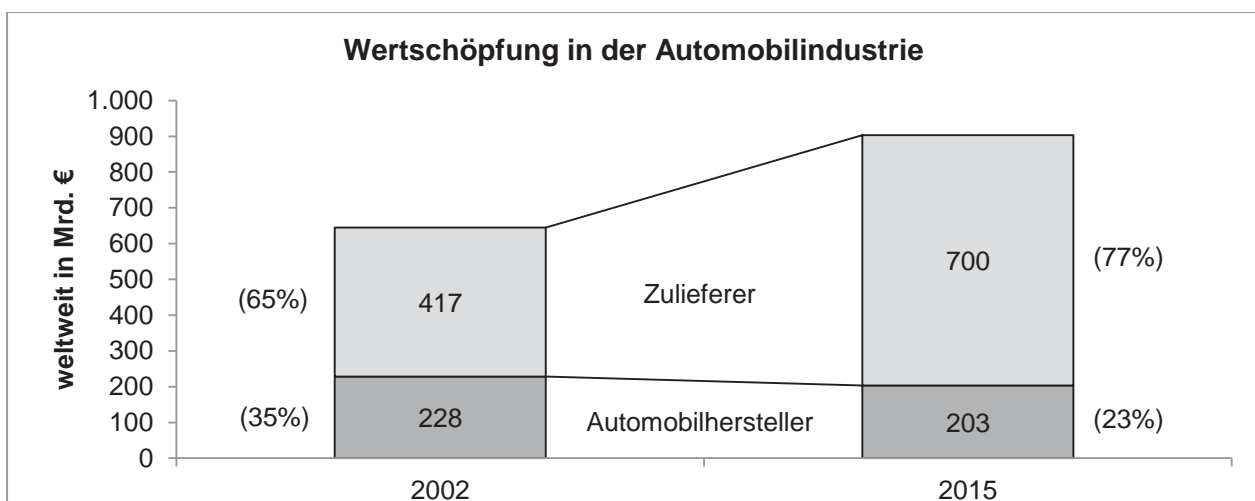


Abb. 1.5 Wertschöpfungsentwicklung in der Automobilindustrie, nach [92]

Zur Unterstützung dieses Bestrebens sollte es jetzt ein besonderes Anliegen der Forschung sein, die erforderlichen methodischen Grundlagen für neue leistungsfähige Ent-



wicklungsprozesse in der Automobilindustrie zu schaffen. Die innerbetriebliche Forschung bei Automobilherstellern bedarf der Unterstützung universitärer und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen. Universitäten und außerbetriebliche Forschungseinrichtung verfügen in der Regel über eine deutlich höhere thematische Flexibilität und können Lösungsansätze im Interdisziplinären Kontext verfolgen. Ein weiterer Vorteil der Verlagerung industrieller Forschungsaufgaben ist die Möglichkeit zur Integration methodischer Erkenntnisse aus jenen Forschungsaufgaben in die Ausbildung. Vor allem Universitäten, deren fundamentale Aufgabe neben der Forschung eben die Lehre ist, können damit neben den eigentlichen Forschungsergebnissen einen indirekten zweiten Rückfluss in Form von gut ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen in die Unternehmen generieren. Die Vergabe von Forschungsaufgaben, die völlig neue Ansätze und Entwicklungsmethoden hervorbringen, ist damit ein wesentlicher Erfolgsfaktor der deutschen Automobilindustrie.

Damit Forschungsaufgaben übernommen werden können, ist eine sich vom Einsatz im täglichen Entwicklungsgeschäft unterscheidende Versuchsumgebung erforderlich. Sind Versuchseinrichtungen im Entwicklungsgeschäft auf hohen Durchsatz und einen hohen Automatisierungsgrad hin ausgelegt, so müssen Versuchseinrichtungen im Umfeld der Forschung sehr flexibel in der Gestaltung der Versuchsabläufe sein.

1.1 Ziele der Arbeit

Die Entwicklung moderner Automobile erfordert ein hohes Maß an Systematik. Dabei kommen heute experimentelle und simulative Methoden zum Einsatz, die in einem Produktentstehungsprozess koordiniert werden. Dieser Prozess wird später genauer betrachtet. Im weiteren Verlauf dieser Betrachtung wird der Begriff Fahrzeugentwicklungsprozess (FEP) als Spezifikation des allgemeinen Produktentstehungsprozesses verwendet.

Wie bereits weiter oben beschrieben, findet dieser FEP nicht ausschließlich beim Fahrzeughersteller statt, sondern wird bereits heute auf Partnernetzwerke verteilt ([70]). Der Automobilhersteller wird mit Entwicklungsmethoden und –werkzeugen von Forschungspartnern und mit Produkten in Form von Komponenten, Subsystemen und sonstigen nicht forschungsrelevanten Dienstleistungen von Zulieferern unterstützt. Für die Integration eines externen Forschungsdienstleisters oder eines Hochschulinstitutes in ein solches Partnernetzwerk sind strukturelle Voraussetzungen für die Kopplung an bestehende Prozesse



der Partner zu erfüllen, die hier besonders betrachtet werden sollen. Dazu gehören unter anderem technische Möglichkeiten wie Simulationscluster und Versuchszentren, um Methoden und Werkzeuge für den Einsatz im Fahrzeugentwicklungsprozess entwickeln zu können. Die vorliegende Arbeit richtet den Fokus auf die systematische Entwicklung eines Versuchszentrums und dessen Ausrüstung.

Ist die Entscheidung für die Errichtung eines Versuchsfeldes getroffen, ist dies mit großen Investitionen verbunden. Oft stehen Budgets nur für begrenzte Zeiträume zur Verfügung. Für die Durchführung des gesamten Planungs- und Realisierungsprozesses in der sequenziellen Arbeitsweise unter Berücksichtigung eines weitsichtigen Anforderungs- und Änderungsmanagements sowie der Entwicklung der technischen Anlage sind andererseits lange Entwicklungszeiten einzuplanen. Dies steht im Widerspruch zu der von einem Versuchsfeld für zukünftige Fahrzeuge erwarteten technologischen Aktualität. Zu lange Planungs- und Realisierungszeiten für methodische Werkzeuge sind demnach zu vermeiden. Daraus leiten sich auch unmittelbar die Hauptaufgaben der vorliegenden Arbeit ab:

- Es soll untersucht werden, wie sich einzelne Teilschritte oder Planungsabschnitte der drei Entwicklungsprozesse für
 - das Versuchsfeld,
 - die Prüfstände und
 - das Gebäude parallelisieren lassen.
- Entsprechend der jeweils erreichten Reifegrade der drei Entwicklungsprozesse sollen Methoden und Werkzeuge ausgewählt oder entwickelt werden, welche für diese Durchführungsart erforderlich sind. Diese sollen in einzelnen Entwicklungsphasen anhand ausgewählter Beispiele detaillierter erläutert werden.
- Die zu entwickelnde Systematik soll vorwiegend für den Einsatz in der Forschung und Vorentwicklung geeignet sein und Rahmenbedingungen universitärer Forschungseinrichtungen berücksichtigen.
- Die Möglichkeiten der modernen Computersimulation in der Fahrzeugtechnik sollen in die Entwicklung einbezogen und deren Potenzial in Verbindung mit modernen experimentellen Methoden gehoben werden.



1.2 Abgrenzung

Der Schwerpunkt bei der Entwicklung der Systematik liegt im Speziellen auf systemdynamischen Aspekten der Kraftfahrzeugtechnik. Dazu zählen folgende Untersuchungsgebiete:

- Fahrdynamik
- Schwingungskomfort
- Haltbarkeit und Lastdaten.

Die Systematik soll dabei einen Anforderungsprozess zur Berücksichtigung aktueller Entwicklungsmethoden und zukünftiger Trends beinhalten. Daraus sollte ein Systementwurf für das gesamte Versuchsfeld entstehen. Weiterhin sollen konkrete Funktionen auf Prüfstände verteilt und daraus Anforderungen für deren Entwicklung ableitbar sein. Die Entwicklungsmethode für das Prüffeld soll so gestaltet sein, dass die für die bauliche Planung und Realisierung erforderlichen Schnittstellen definiert und mit den entsprechenden Informationen bedient werden. Dies setzt die Erforschung funktionaler Wechselwirkungen zwischen Anlage und Gebäude voraus. Die vorgegebene Entwicklungszeit von drei Jahren, die technologische Reife bestehender Methoden und Werkzeuge sowie die bereits erwähnten funktionalen Wechselwirkungen erfordern die parallele Durchführung mehrerer Entwicklungsprozesse. Es muss also ein gesamtheitlicher Ansatz entsprechend Abb. 1.6 gefunden werden, der diese Randbedingungen erfüllt. Dieser muss sich in die Teilbereiche

- Prüfstandentwicklung
- Gebäudeentwicklung
- Entwicklung einer Simulationsumgebung
- Entwicklung von X-in-the-loop-Strukturen

gliedern und in sich in den Teilbereichen harmonisch abgestimmt sein.

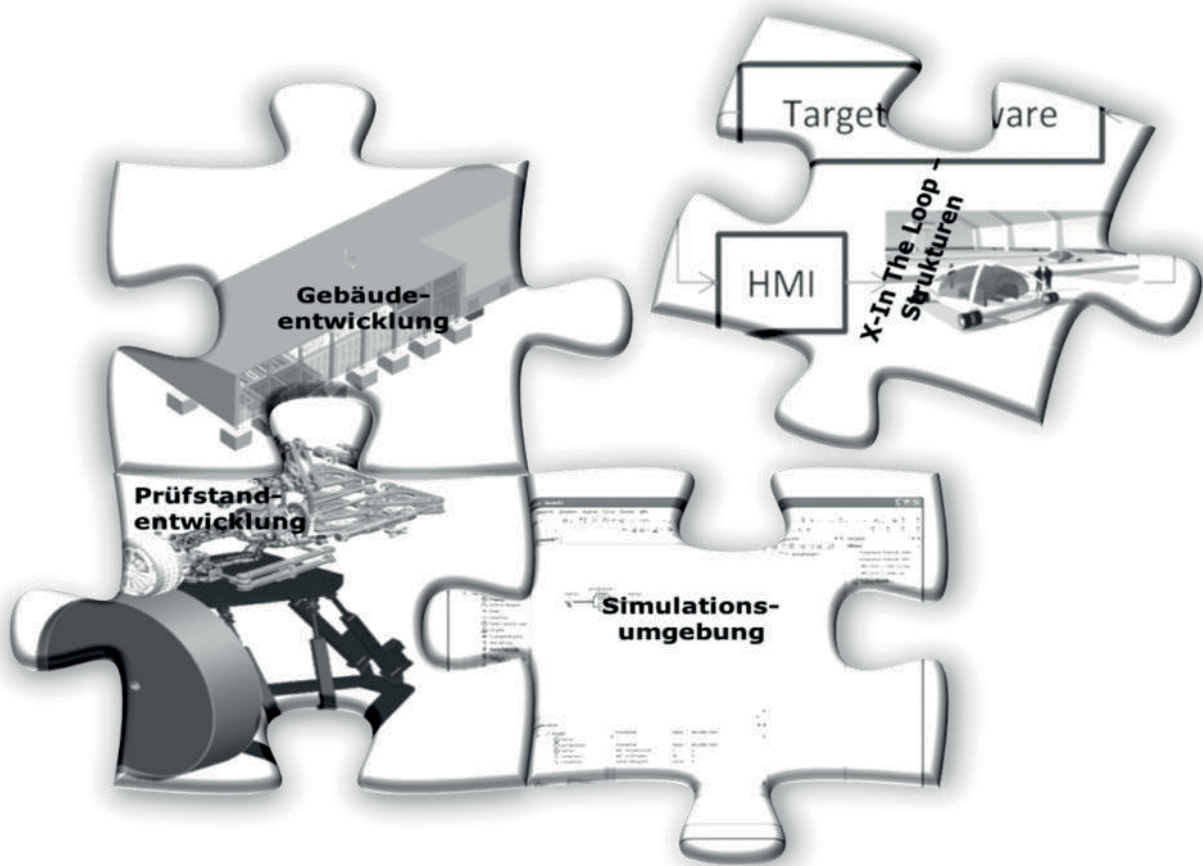


Abb. 1.6 Gesamtheitlicher Ansatz zur Entwicklungsmethodik des Versuchszentrums

Diese Arbeit beschäftigt sich vordergründig mit den in Abb. 1.6 links dargestellten Teilen Prüfstand- und Gebäudeentwicklung. Die Teilbereiche Entwicklung einer Simulationsumgebung und Entwicklung von X-in-the-loop-Strukturen werden tangiert, stehen jedoch nicht im Fokus der Arbeit.

Die im Folgenden vorgestellte Systematik zur Planung eines Versuchsfeldes der Kraftfahrzeugentwicklung am Beispiel eines Fahrzeugtechnischen Versuchszentrums enthält Methoden und Vorschläge zur Prozessgestaltung bei simultan ablaufenden Teilentwicklungsprozessen zur Prüfstand- und Gebäudeentwicklung. Alle darin erarbeiteten Erkenntnisse basieren auf einer ingenieurwissenschaftlichen Vorgehensweise. Eine Prüfung bezüglich bau- und haftungsrechtlicher Randbedingungen erfolgte nicht.

Für die Bearbeitung werden folgende Thesen aufgestellt:



1. Das Fahrzeug ist heute ein überaus komplexes technisches Produkt und die gesteckten Entwicklungsziele werden umso eher und sicherer erreicht, je eher die physikalischen Zusammenhänge im Fahrzeug analysiert sind.
2. Die wesentlichen Methoden und Werkzeuge zur Identifikation systemdynamischer Parameter für die Erstellung virtueller Fahrzeugmodelle können in einem Versuchsfeld im universitären Umfeld entwickelt werden.
3. Trotz stark unterschiedlicher Strukturen der einzelnen Entwicklungsprozesse von Versuchsfeld, Versuchsgebäude und Prüfstand können diese parallelisiert werden.
4. Der Planungsprozess für das Versuchsgebäude kann trotz einer großen Anzahl unbekannter Systemparameter gestartet werden.
5. Durch die zeitsynchrone Abarbeitung der drei Entwicklungsprozesse kann die Ergebnisqualität im Vergleich zum sequenziellen Ablauf gesteigert werden.

Spezifische Zielsetzung des Beispiels „Fahrzeugtechnisches Versuchszentrum“:

- Bestehende Prüf-, Mess- und Simulationsmethoden sind entsprechend ihrer Eignung in das neu zu erstellende Konzept zu integrieren.
- Verwendung eines Bestandsgebäude unter Nutzung der im erweiterten Campusgelände der TU Dresden vorhandenen Infrastruktur.
- Ausrichtung der Gesamtstruktur auf die Forschung an neuen kombinierten Entwicklungsmethoden (X-in-the-loop, virtuelle Produktentwicklung und Funktionsabsicherung).
- Bereitstellung von Möglichkeiten zur Abbildung von realen Fahrereigenschaften.
- Bereitstellung einer Gebäudestruktur unter Beachtung von Prozess-, Geheimhaltungs- und Sicherheitsaspekten



1.3 Aufbau der Arbeit

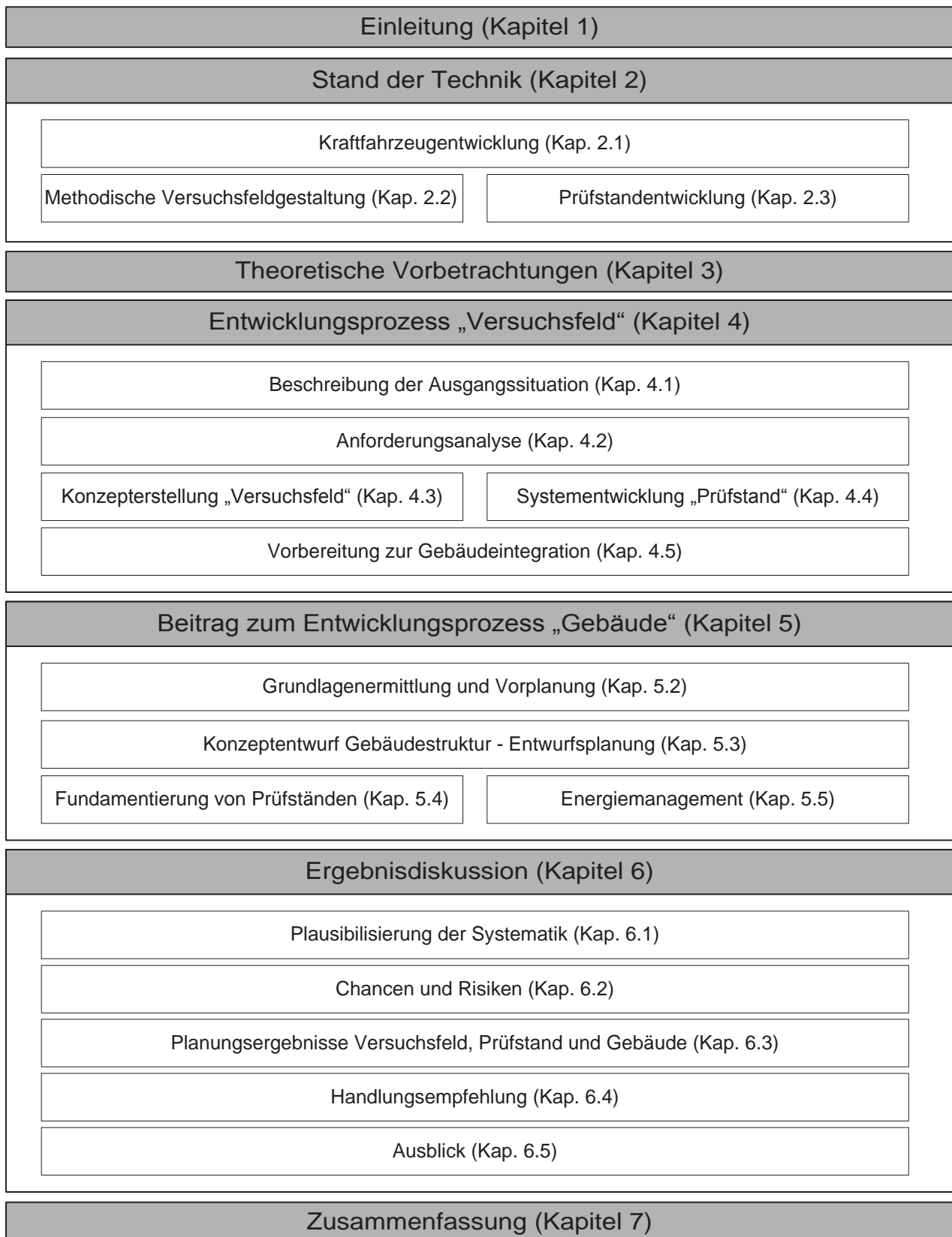


Abb. 1.7 Aufbau der Arbeit



2 Stand der Technik

Die Entwicklung eines Fahrzeugtechnischen Versuchszentrums berührt eine Vielzahl ingenieurwissenschaftlicher Fachgebiete. Ohne eine Wertung zu Bedeutung und Anspruch zu implizieren, werden im Kapitel 2 „Stand der Technik“ lediglich drei ausgewählte Fachgebiete betrachtet. Im Verlauf der vorliegenden Ausarbeitung werden immer wieder Methoden und Techniken zum Einsatz kommen, deren Einordnung in den Stand der Technik und Wissenschaft mit der Angabe einschlägiger Literaturstellen erfolgt.

2.1 Krafffahrzeugeentwicklung

Der Fahrzeugentwicklungsprozess ist ein klassischer Produktentstehungsprozess und lässt sich durch Prozessmeilensteine in verschiedene Phasen unterteilen. Die Abb. 2.1 zeigt den Ablauf am Beispiel des Fahrwerkes. In Rahmen der Produktplanung werden zu Beginn des Prozesses die Anforderungen und Zielwerte auf Gesamtsystemebene definiert. In der sich anschließenden Konzeptentwicklung werden die Anforderungen in verschiedenen Detaillierungsebenen zu Eigenschaften konkretisiert und entwickelt. Das Vorgehen erfolgt dabei vom Groben ins Feine.

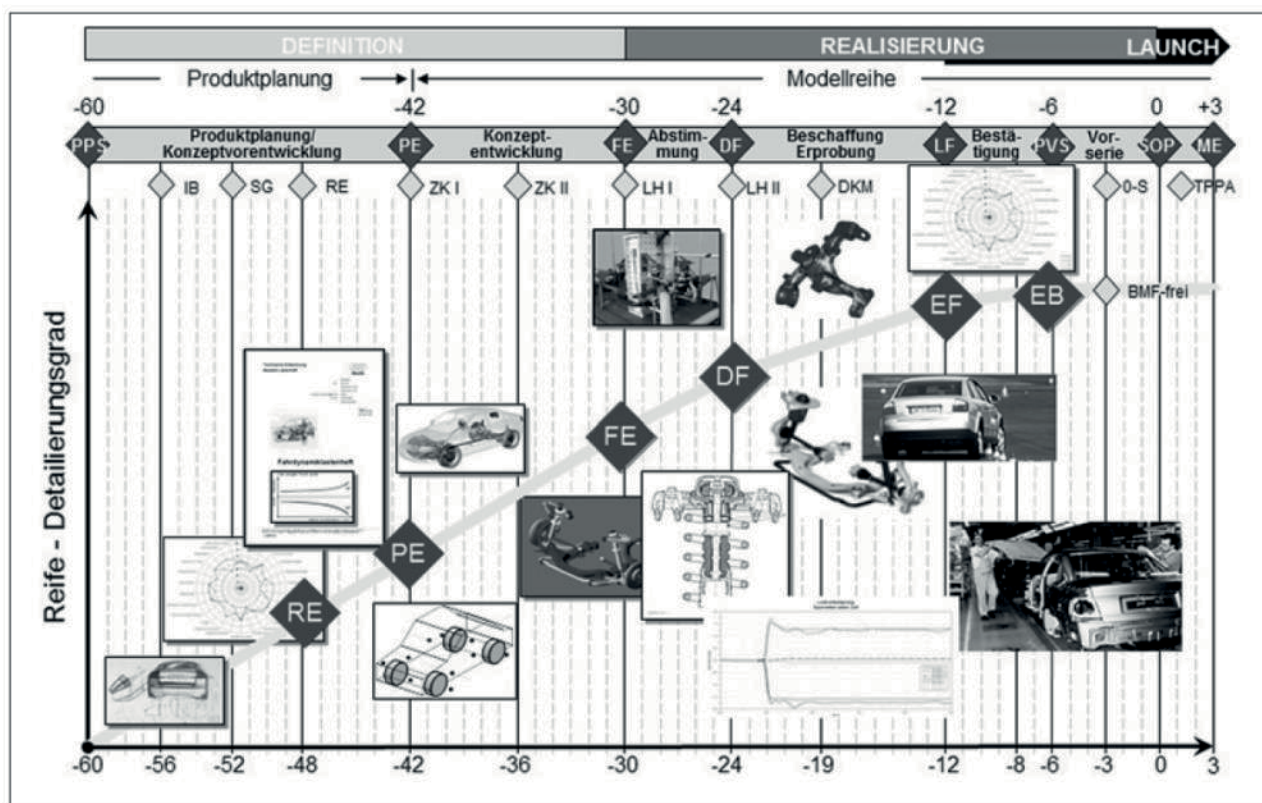


Abb. 2.1 Produktentstehungsprozess am Beispiel des Fahrwerkes aus [76]



Der Entwicklungsprozess orientiert sich heute weitgehend am V-Modell (vgl. [42]). Das V-Modell wird als Verfahrensmodell (vgl. Kap. 3.1.2) auf den FEP angewendet und gliedert diesen in die drei Systemebenen Gesamtfahrzeug, Subsystem und Komponente. Es wird dabei in den linken Ast der Konzeptentwicklung und den rechten Ast der funktionalen Absicherung unterschieden.

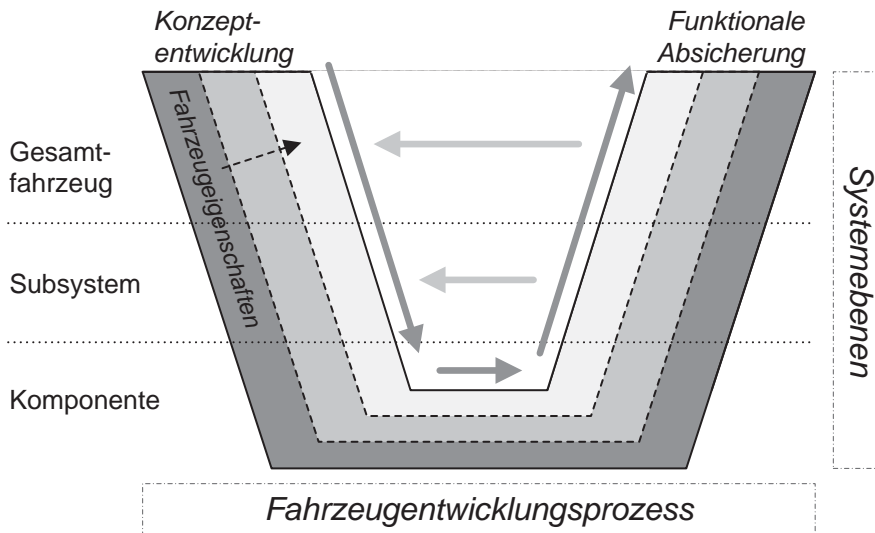


Abb. 2.2 V-Modell in der Fahrzeugentwicklung

Nach der Positionierung des Produktes im Markt wird ein Maßkonzept erstellt. Auf der Gesamtfahrzeugebene werden dann mit Hilfe von Konzeptsimulationen und Eigenschaftsdatenbanken Zielwerte definiert, aus welchen dann durch sukzessive Erhöhung des Detaillierungsgrades Zielwerte für Subsysteme und Komponenten abgeleitet werden. Sind alle Zielwerte und Randbedingungen bestimmt, werden die Anforderungen mit den in der Vorentwicklung und der Konzeptphase erarbeiteten konstruktiven Lösungsansätzen innerhalb der Serienentwicklung vervollständigt und detailliert umgesetzt. Daraus werden dann Prototypen in den einzelnen Systemebenen abgeleitet. Anschließend erfolgt die Absicherung der geforderten Eigenschaften zunächst auf Komponentenebene, dann auf Subsystem- und Gesamtfahrzeugebene durch die Kombination der ausgelegten Komponenten. Innerhalb dieser mehrstufigen Prozesse zur Anforderungsdefinition und Absicherung kommen Werkzeuge aus den Bereichen Simulation, Prüfstandversuch und vor allem während der Absicherung auch aus dem Bereich Fahrversuch zum Einsatz. Diese Bereiche werden in Kap. 2.1.1 noch näher erläutert. Die Automobilentwicklung befindet sich derzeit in einem tiefgreifenden Wandel. Dazu werden einige Herausforderungen in Kap. 2.1.1 herausgegrif-



fen und deren Hintergründe betrachtet. Das Vorgehen im V-Modell lässt sich auch auf andere Technologiebereiche übertragen und wird in Kap. 3.1.2 genauer erläutert.

2.1.1 Trends und neue Herausforderungen

Das Kraftfahrzeug ist - ebenso wie andere technische Produkte, die sehr stark in die moderne Gesellschaft integriert sind - einem stetigen Wandel an Anforderungen unterworfen. Damit dauerhaft eine Akzeptanz des Produktes am Markt gewährleistet ist, müssen Strömungen und Trends, die sich auf die Gestaltung des Produktes und dessen Entwicklungsprozess auswirken können, frühzeitig erkannt und einbezogen werden. Im folgenden Abschnitt werden einige dieser Trends und Herausforderungen genannt. Sie werden später wichtige Ausgangspunkte für die Anforderungsanalyse des Versuchsfeldes im Kap. 4.2.3 sein. WALLENTOWITZ nennt in [91] vier wesentliche Treiber für veränderte Anforderungen im Automobilbau. Diese sind wie folgt motiviert:

- kundenspezifisch
- technologisch
- politisch-rechtlich
- ökonomisch.

Zu ähnlichen Erkenntnissen kommt WAGNER in [92]. Er leitet daraus jedoch konkrete Änderungen für die Gestaltung des Projektmanagements in der Automobilindustrie ab.

Auch MAURER und WINNER beschreiben in [79] starke Veränderungen und kommen zu dem Schluss, dass die stark steigende Fahrzeugkomplexität, der hohe Individualisierungsgrad und die damit stetig wachsende Derivatevielfalt in den heutigen Fahrzeugentwicklungsprozessen ohne den Einsatz der numerischen Simulation nicht mehr in der benötigten Qualität und mit angemessenem Kosten- und Zeitaufwand zu bewältigen sind.

Aus den Erkenntnissen der genannten Arbeiten, den Beobachtungen der einschlägigen Fachpresse und den Prognosen von Experten und Fachverbänden (vgl. [94]) lassen sich die folgenden Trends ableiten:

Technologiewandel

Die Verstärkung der Elektro-Mobilität in den letzten Jahren war ein klarer Beweis dafür, wie Technologien, die bisher im Grundkonzept des Kraftfahrzeuges eine untergeordnete Rolle spielten, Einfluss auf den Entwicklungsprozess nehmen können, wenn deren ver-



stärker Einsatz erforderlich wird. Die Elektro-Mobilität wird auch weiterhin an Bedeutung gewinnen. Besonders wird sie bei der Gestaltung neuer Fahrzeugkonzepte für den urbanen Einsatz eine Schlüsselrolle spielen.

Ein weiterer starker Technologietrend ist die Unterstützung des Fahrers in verschiedenen Facetten der Fahraufgabe bis hin zum hochautomatisierten Fahren. Aus diesem Trend ergeben sich für die Fahrzeughersteller vor allem Herausforderungen bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Hier muss das Verhalten des Fahrers erstmalig sehr differenziert beschrieben werden. Dazu sind grundlegend neue Methoden erforderlich. MAI beschreibt in [80] grundsätzliche Ansätze dazu. Aber auch das Fahrverhalten des Fahrzeuges spielt eine wesentliche Rolle für die Schaffung neuen Sicherheitspotenzials und muss deshalb bereits am Anfang des Fahrzeugentwicklungsprozesses hinreichend beschrieben werden. Nur so lassen sich alle Ressourcen der Verkehrssicherheit sinnvoll nutzen. Fahrerassistenzsysteme sind heute ein wesentlicher Bestandteil des Kraftfahrzeuges und werden in der Zukunft noch deutlich an Bedeutung gewinnen. Hier sind vor allem die Möglichkeiten durch neue leistungsstarke, drahtlose Dateninfrastruktursysteme zu nennen. Dadurch entstehen neue Assistenzfunktionen mit Fahrzeug-Fahrzeug- oder Fahrzeug-Umwelt-Kommunikation, die es zukünftig ermöglichen sollen, einzelne Unfälle komplett zu verhindern. Auch verschärfte gesetzliche Bestimmungen speziell im Fußgängerschutz erfordern neue Technologien, da die konventionellen Mittel der passiven Sicherheit bald ausgeschöpft sind.

Erweiterung der Modellvielfalt

Ein weiterer Trend, der in seiner Ursache auf einen grundsätzlichen gesellschaftlichen Wandel zurückzuführen ist, stellt die deutliche Erweiterung der Modellvielfalt dar. War das Automobil bisher neben dem reinen Transportmittel immer auch Statussymbol, so ist vor allem bei jungen Menschen eine Abkehr von dieser speziellen Wertevorstellung zu erkennen. Das Automobil wird hier zum Ausdruck für Individualität und Lebensgefühl. Daraus leitet sich für die Fahrzeugentwicklung die Anforderung nach hoher Variabilität und Spreizung in der Produktpalette ab. Die Automobilhersteller reagieren entsprechend mit immer neuen Derivaten und gänzlich neuen Produkten, um auch auf Ansprüche regionaler Käufergruppen vorbereitet zu sein. Die Entwicklung dieser Derivate muss dennoch profitable Produkte hervorbringen. Dazu werden zunehmend strategische Entwicklungsmethoden wie die Verwendung von Baukastensystemen und Standardarchitekturen eingesetzt. Da-