

OPTIMIERUNG DES FAHRZEUG-GESAMTSYSTEMS – POTENZIALE EINES MULTIDISZIPLINÄREN ENTWURFSSYSTEMS IN DER FRÜHEN KONZEPTPHASE

Axel Sander, Lukasz Lasek, Holger Kress, Volker Schindler

Zusammenfassung

Die wesentlichen Grundeigenschaften eines Fahrzeugs werden zu Beginn der Konzeptentwicklung festgelegt. Um komplexe Zusammenhänge von Entwurfsparametern und Fahrzeugeigenschaften frühzeitig zu erkennen, ist es sinnvoll, schon in der Konzeptphase CAE-Werkzeuge als Entscheidungshilfe einzusetzen. Als ergänzendes Werkzeug für die Fahrzeugkonzeption wird ein multidisziplinäres Entwurfssystem vorgestellt, mit dem neue Fahrzeugkonzepte hinsichtlich ihrer funktionalen Eigenschaften initial ausgelegt, verglichen und bewertet werden können. Bei der prototypischen Implementierung des Entwurfssystems wird ein frameworkbasierter Ansatz verfolgt. Es werden Entwurfsmodule zur Generierung der Konzeptgeometrie, Massenanalyse, Fahrdynamikauslegung, Untersuchung des Crashverhaltens sowie Nachrechnung der Fahrleistung und des Verbrauchs integriert. Als Framework wird das Programmsystem PRADO verwendet, das bereits erfolgreich bei der Entwicklung von Flugzeug-Konzeptstudien eingesetzt wurde. Im vorliegenden Bericht werden das Konzept und die Implementierung des Fahrzeugentwurfssystems beschrieben: der Aufbau des Gesamtsystems und die Inhalte der umgesetzten Entwurfsmodule werden erklärt. Weiterhin werden Struktur und Funktionalitäten des Integrationsprogramms erläutert.

1 Einleitung

Die Entwicklungsarbeit der Konzeptphase ist von großer Bedeutung für den gesamten Fahrzeugentwicklungsprozess. Die wesentlichen Eigenschaften eines neuen Fahrzeugs und damit ein Großteil der Kosten werden in der frühen Phase festgelegt. Durch erhöhte Produktkomplexität und funktionale Anforderungen sowie der steigenden Anzahl an Fahrzeugvarianten wird die Notwendigkeit neuer Lösungsansätze besonders deutlich. Wurden beispielsweise früher einzelne Fahrzeuge isoliert entwickelt, so müssen heute verschiedene Derivate einer Baureihe schon in der frühen Phase konzeptionell vorgehalten werden, um Mehrkosten in späteren Entwicklungsphasen zu vermeiden.

Einen wichtigen Beitrag zum Umgang mit dem Komplexitätszuwachs leistet der frühe Einsatz von CAE-Werkzeugen. In der frühen Phase der Konzeptentwicklung ist die Kenntnis der Fahrzeuggeometrie für die Anwendung von genauen Berechnungsmethoden nicht ausreichend. Simulationsmodelle werden mit hohem Aufwand aufgebaut; oftmals werden Daten von Vorgängermodellen zur Modellerstellung bzw. -validierung verwendet. Bei dieser Vorgehensweise sind der schnelle Aufbau von Konzeptalternativen und die Entwicklung neuer, innovativer Fahrzeugkonzepte nur bedingt möglich. Weiterhin werden die Fahrzeugeigenschaften der jeweiligen Fachdisziplinen weitgehend isoliert berechnet; es besteht die Gefahr, dass der Einfluss einzelner Faktoren auf das Gesamtsystem nicht rechtzeitig erkannt wird. Aus oben genannten Gründen ist der Einsatz eines Fahrzeugentwurfssystems gerade in der frühen Phase der Konzeptentwicklung sinnvoll.

Unter einem Fahrzeugentwurfssystem versteht man ein „CAE-System, das speziell für die konzeptionelle Entwicklung und Auslegung von Fahrzeugen geeignet ist [1]“.

Im Vorfeld dieser Arbeit wurden verschiedene Systeme für den Fahrzeugentwurf untersucht. Es wurde festgestellt, dass wenige Systeme konsequent auf die initiale Auslegung des Ge-

samtfahrzeugs in der frühen Konzeptphase ausgerichtet bzw. offen und modular gestaltet sind. Mit dem System AURORA [1] wird anhand eines parametrisierten Linienmodells mit zusätzlichen Strukturinformationen ein Karosseriemodell nach einem vorgegebenen Entwurfprozess generiert, mit dem u. a. FE-Strukturberechnungen durchgeführt werden können. Beim Programm INCAR [2] handelt es sich um ein frameworkbasiertes Entwurfsprogramm für die Fahrzeugkonzeption. Als Eingangsdaten werden Kennlinien und 2D-Daten, abgeleitet aus CAD-Modellen, verwendet. Die Konzeptauslegung im Entwurfsprogramm Auto-DSS [3] erfolgt anhand von Kennlinien aus empirischen Untersuchungen.

Das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde multidisziplinäre Fahrzeugentwurfssystem soll die Konzeptarbeit in folgenden Themenbereichen unterstützen:

- Erkennen der Auswirkungen von Änderungen bzw. konstruktiven Maßnahmen am Fahrzeugkonzept auf die wichtigsten Fahrzeugeigenschaften
- Aufzeigen von Potenzialen für technische Verbesserungen des Gesamtsystems
- Vergleichen und Bewerten von Konzeptalternativen

Das System soll zu Beginn der Konzeptphase, vor bzw. parallel zum Einsatz von CAD-Systemen, für grundsätzliche konzeptionelle Überlegungen und zur initialen Konzeptauslegung verwendet werden. Es wird ein frameworkbasierter Integrationsansatz verfolgt, um ein offenes und modular gestaltetes Werkzeug zu schaffen, das flexibel an veränderte Entwurfsaufgaben angepasst werden kann. Das System soll konsequent auf einfache – soweit möglich physikalische – Simulationsmethoden ausgerichtet werden, die dem Wissensstand der frühen Konzeptphase gerecht werden. Das Konzept und die prototypische Umsetzung des Fahrzeugentwurfssystems werden im Folgenden erläutert.

2 Konzept und Implementierung des Entwurfssystems

2.1 Gesamtsystem

Der interdisziplinäre Auslegungsprozess ist in Teilaufgaben verschiedener Fachdisziplinen gegliedert, die durch die jeweiligen Anwendungsprogramme repräsentiert und in dieser Arbeit Entwurfsmodule genannt werden. Die als Entwurfsmodul verwendeten Auslegungsprogramme müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- geringe Anzahl erforderlicher Fahrzeugparameter
- Einfachheit des Modells
- kurze Rechenzeiten
- gute Qualität der Simulationsergebnisse

Für eine erste prototypische Implementierung werden sechs Anwendungsprogramme integriert: Im ersten Modul „Konzeptbeschreibung“ werden die Eingaben des Anwenders überprüft und weitere im Entwurfprozess erforderliche geometrische Größen berechnet. Aus diesen Daten leitet das Modul „Massenanalyse“ die Gesamtfahrzeugparameter Masse, Schwerpunktlage und Massenträgheitsmomente ab. Anhand der Ergebnisse der vorgelagerten Module kann das Kurvenverhalten der Konfiguration im Modul „Querdynamik“ simuliert werden. Im Modul „Crashverhalten“ wird die Fahrzeugstruktur auf ihre Crasheigenschaften hin überprüft. Im letzten Schritt werden Fahrleistung und Verbrauch des Fahrzeugkonzepts berechnet. Der Aufbau des Fahrzeugentwurfssystems ist in Bild 1 dargestellt.

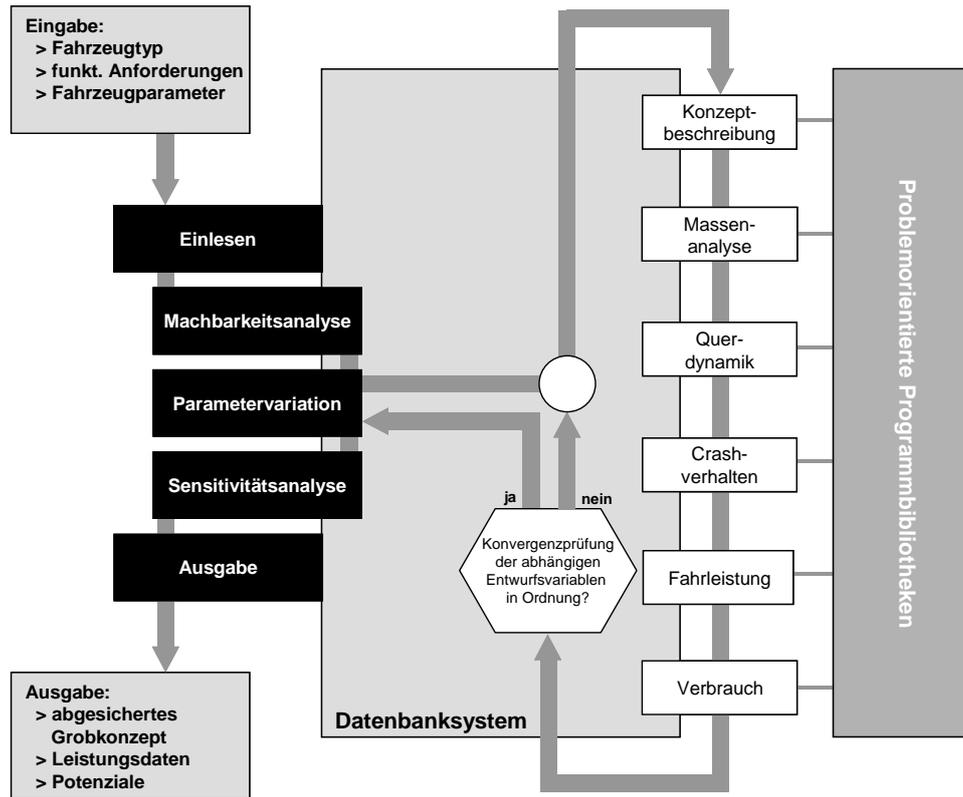


Bild 1: Aufbau des Fahrzeugentwurfssystems (vgl. [4])

Die Entwurfsmodule werden mit einem Framework integriert, das folgende Funktionen bereitstellt: Zur Dateneingabe bzw. Datenbearbeitung und Programmbedienung steht eine GUI-Benutzeroberfläche zur Verfügung. Mit dieser ist der einheitliche Dialog mit dem Anwender und eine einfache Anpassung an veränderte Entwurfsaufgaben möglich. Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Entwurfsmodulen wird durch eine zentrale Datenbank und ein Datenmanagementsystem ermöglicht. Die Ablaufsteuerung startet die Entwurfsmodule und kann Routinen zur Optimierung und Sensitivitätsanalyse ausführen.

Die bereits vollständig bzw. teilweise implementierten Entwurfsmodule sowie das verwendete Framework werden im folgenden Abschnitt detailliert beschrieben.

2.2 Entwurfsmodule

2.2.1 Konzeptbeschreibung

Im Modul „Konzeptbeschreibung“ werden aus den Angaben des Anwenders die für die nachfolgenden Analysemodelle erforderlichen Fahrzeugparameter abgeleitet. Da die Komplexität der Geometriebeschreibung stark von der Wahl der Entwurfsmodule abhängig ist, wurde beschlossen, ein eigenes Modell zur Konzeptbeschreibung zu entwickeln. Um das Entwurfssystem bereits in der frühen Konzeptphase einsetzen zu können, werden keine CAD-Daten als Eingangsgrößen verwendet.

Im Entwurfsmodul „Konzeptbeschreibung“ sind zwei Vorgehensweisen möglich:

Völlig neue Konzepte können mit Vorgaben zu Fahrzeugtyp, funktionalen Anforderungen und Geometrieparametern generiert werden. Die Hauptabmessungen des Fahrzeugs werden bei dieser Vorgehensweise anhand von Maßketten aus den Eingangsgrößen abgeleitet. Die Abmessungen von bekannten Aggregaten und Komponenten werden hierbei aus einer Mo-

dellbibliothek eingelesen. Unbekannte Abmessungen können beispielsweise durch Heuristiken angenähert werden.

Zur Nachrechnung von bereits bekannten Fahrzeugkonzepten können die benötigten Fahrzeugmaße direkt eingegeben werden. Diese Vorgehensweise soll vor allem beim Vergleich und der Evaluation von Konzeptalternativen angewendet werden.

Das Fahrzeugbasismodell ist durch 13 Koordinatenpunkte vollständig beschrieben. Die Lage aller berücksichtigten Karosserieelemente, Aggregate und Komponenten des Fahrzeugmodells ist auf die Koordinatenpunkte referenziert. Anhand dieser Punkte lassen sich verschiedene Fahrzeugvarianten darstellen (Bild 2).

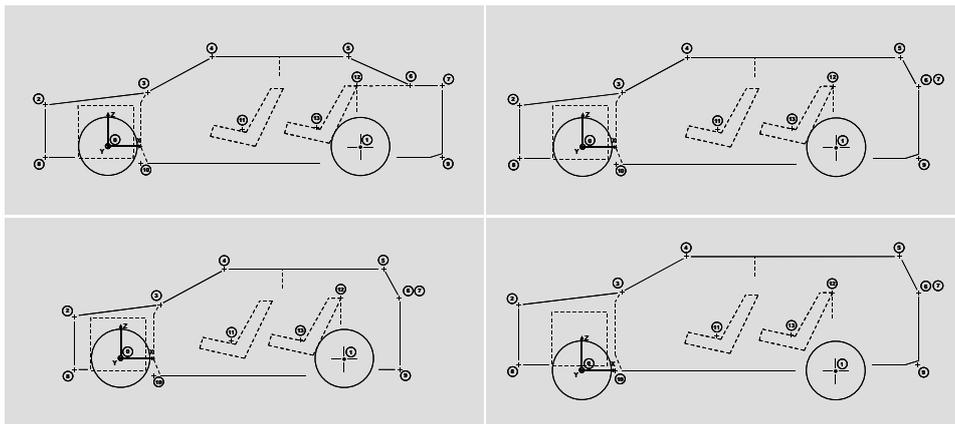


Bild 2: Varianten des Fahrzeugbasismodells

Zusätzlich enthält das Basismodell Informationen bezüglich Motorisierung, Antriebskonzept, Fahrwerk- und Reifentypen, Einsatz von Materialien, Trägerquerschnitten, ergonomischer Bedingungen sowie konzeptrelevanter Gesetze und Richtlinien.

2.2.2 Berechnung von Masse, Schwerpunktlage & Massenträgheitsmomenten

Die Berechnung der Gesamtfahrzeuggrößen Masse, Schwerpunktlage und Massenträgheitstensor ist u. a. mit folgenden Ansätzen möglich:

- empirisch begründete Überschlagsformeln
- ersatzkörperbasierte Berechnungsverfahren (ohne CAD-Daten)
- CAD-basierte Berechnungsverfahren

In zahlreichen Untersuchungen werden Korrelationen zwischen Fahrzeughauptabmessungen bzw. -aggregaten und den genannten Fahrzeugparametern festgestellt. Die Berechnungsergebnisse der daraus abgeleiteten Überschlagsformeln sind häufig ungenau und stark von der Aktualität der Datenbasis abhängig. Relativ genau hingegen sind Berechnungen auf Basis von CAD-Daten. Anhand eines CAD-Modells des Gesamtfahrzeugs werden Bauteilgruppen als Ersatzkörper nachgebildet, um daraus Schwerpunktlagen und Massenträgheiten zu berechnen und diese zu den gesuchten Gesamtfahrzeuggrößen zu aggregieren. Für dieses aufwendige Verfahren ist ein detailliertes CAD-Modell des Fahrzeugs erforderlich. Zur Approximation von Masse, Schwerpunktlage und Massenträgheitsmomenten in der frühen Konzeptphase stand zu Projektbeginn kein geeignetes Werkzeug mit der gewünschten Ergebnistiefe zur Verfügung. Für die Integration im Fahrzeugentwurfssystem

wurde basierend auf bestehenden Untersuchungen ein eigenes System konzipiert und implementiert.

Das Gesamtfahrzeugmodell ist mit den Ersatzkörpern Punktmasse, Vollquader, Hohlquader, Vollzylinder, Hohlzylinder und Halbhohlzylinder aufgebaut. Alle Elemente sind auf die in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Koordinatenpunkte referenziert. Das Modell ist in zwei Modellierungsblöcke unterteilt:

Das Karosseriemodell besteht aus 45 Elementen, die die Tragstruktur und die zugehörigen Blechfelder beschreiben. Der Vergleich mit Messwerten ergab, dass mit diesem Modell lediglich 65% der tatsächlichen Karosseriemasse berücksichtigt wird. Deswegen werden die Massen von Blechüberlappungen, Beschichtungen, Halterungen, Gewindeaufnahmen und Befestigungsblöcken zusätzlich als horizontale Platten zusammengefasst. Um die Anpassung des Modells an neue Karosseriekonzepte zu gewährleisten, sind zusätzliche Elemente berücksichtigt, deren Ausdehnung, Dichte und Lage direkt vom Anwender eingegeben werden kann. Weiterhin kann jedem Element der Karosserie ein spezifischer Werkstoff zugewiesen werden.

Im zweiten Modellteil sind die 50 wichtigsten Komponenten und Aggregate des Fahrzeugs erfasst. Bekannte Daten einiger Aggregate und Komponenten sind in einer Modellbibliothek hinterlegt und werden vom Anwender direkt ausgewählt. Eigenschaften anderer Elemente werden in Abhängigkeit von Fahrzeugparametern ohne Eingangsdaten berechnet. Auch in diesem Modell sind freie Ersatzkörper vorgehalten, die vom Anwender mit Daten belegt werden können.

Das beschriebene Konzept wurde mit der Programmiersprache C++ implementiert; hierbei wurde auf das imperativ-prozedurale sowie das objektorientierte Programmierparadigma zurückgegriffen. Eine Visualisierung des Ersatzkörper-Fahrzeugmodells ist mit einem parametrischen CAD-System geplant.

2.2.3 Querdynamik

Zur Simulation der Querdynamik werden in der Konzeptentwicklung der BMW Group folgende Berechnungswerkzeuge eingesetzt:

- 1Spur-Modell
- 2Spur-Modell
- MKS-Systeme

Die aufgeführten Modelle unterscheiden sich in Anzahl der erforderlichen Simulationsparameter und Ergebnistiefe der Berechnung erheblich. Während mit dem Einspurmodell mit einer geringen Anzahl an Fahrzeugparametern einfache Berechnungen durchgeführt werden können, erfordert die Anwendung eines MKS-Modells detaillierte Kenntnisse der Fahrwerksgeometrie und -kinematik.

Zur prototypischen Implementierung des Fahrzeugentwurfssystems und ersten Potenzialabschätzung soll das Einspurmodell verwendet werden. Bild 3 zeigt das Grundprinzip des Einspurmodells sowie Kennlinien aus der Simulation.

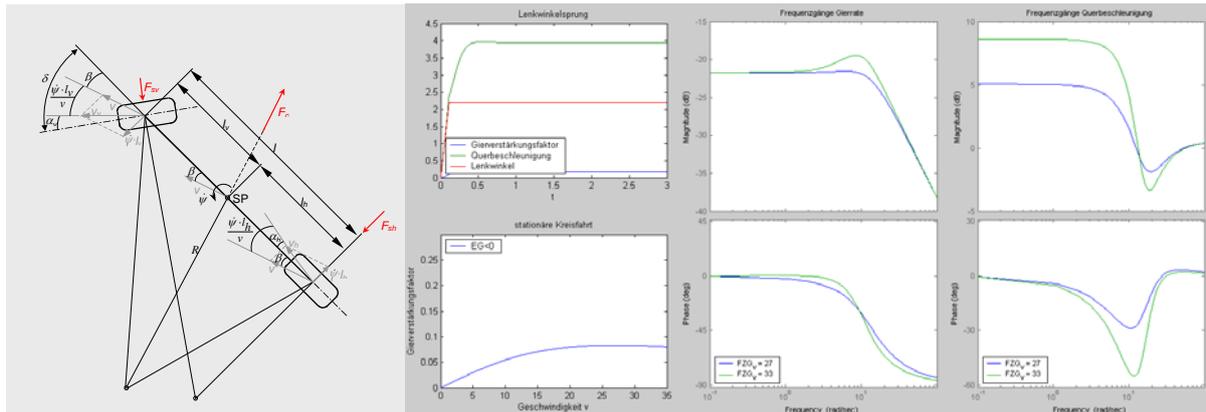


Bild 3: Prinzip Einspurmodell und Simulationsergebnisse

Zur Berechnung sind die Fahrzeugparameter Masse, Schwerpunktlage, Trägheitsmoment um die Hochachse und Schräglaufsteifigkeiten an Vorder- und Hinterachse erforderlich. Manöver werden mit dem Lenkwinkel an der Vorderachse und der Fahrzeuggeschwindigkeit beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisgrößen sind Giergeschwindigkeit, Schwimmwinkel und Querbeschleunigung des Fahrzeugs. Wird ein lineares Reifenmodell verwendet, ist die Ergebnisqualität im Querbeschleunigungsbereich bis etwa 4 m/s^2 sehr gut. Mit dem Reifenmodell von Pacejka, sind Simulationen bis etwa 6 m/s^2 möglich.

Das 1Spur-Modell ist zur Anwendung im Entwurfssystem im Programm Matlab/ Simulink implementiert. Das verwendete Modell ist validiert und wird in der Vorentwicklung Fahrwerk zur Auslegung von Reglersystemen verwendet.

Während die Eingangsgrößen Masse, Schwerpunktlage und Trägheitsmoment im vorgelagerten Entwurfsmodul berechnet werden können, ist zur Berechnung der Schräglaufsteifigkeiten an Vorder- und Hinterachse die genaue Kenntnis der Fahrwerksgeometrie und -kinematik erforderlich. Da diese Bedingung in der frühen Phase der Konzeptentwicklung nicht erfüllt ist, steht dem Anwender zur Orientierung eine Bibliothek mit Schräglaufsteifigkeiten aktueller BMW Modelle zur Verfügung.

Das Querdynamik-Verhalten des neuen Konzepts soll anhand der Fahrmanöver stationäre Kreisfahrt, Lenkwinkelsprung und Dauersinus-Lenkwinkeleingabe bewertet werden [5]; weiterhin werden Frequenzgänge mit verschiedenen Fahrzeuggeschwindigkeiten analysiert (Bild 3). Zur Gesamtfahrzeuoptimierung werden verschiedene Kennlinien und Beurteilungsgrößen herangezogen. Dem Anwender stehen Kennlinien aus Fahrversuchen besonders positiv beurteilter Fahrzeuge zur Verfügung. Anhand dieser Kurvenverläufe bzw. der charakteristischen Punkte der Messkurven lässt sich das fahrdynamische Verhalten des Fahrzeugkonzepts vergleichen und beurteilen. Die Simulationsergebnisse lassen sich automatisiert als Grafiken und Tabellen ausgeben.

2.2.4 Crash

Die Auslegung der Fahrzeugstruktur bezüglich ihrer Crasheigenschaften ist eine komplexe Aufgabenstellung, daher sind quantitative Aussagen während der Entwurfsphase noch nicht möglich. Diese können erst im späteren Verlauf der Entwicklung, beispielsweise mit Hilfe von Finite-Elemente-Methoden, gemacht werden, sobald mehr Details der Konstruktion bekannt sind. Im Rahmen des Moduls „Crashverhalten“ sollen deshalb nur erste Aussagen über das Verhalten der Vorderwagenstruktur im Crashfall gemacht werden.

Auf dem Gebiet der numerischen Simulation existieren unterschiedliche Programme, die die Beschreibung des Crashverhaltens ermöglichen. Viele Programme verlangen detaillierte

Eingangsdaten, die während der frühen Phase noch nicht zur Verfügung stehen. Einfache Systeme hingegen, wie z.B. Feder-Masse-Modelle, die in den 70er Jahren breite Anwendung fanden, haben einen sehr hohen Abstraktionsgrad und verlangen aufwendige Komponententests, um die Bauteileigenschaften zu validieren [6].

Ein neuer Ansatz wird mit der Software CrashStudio verfolgt. Dieses Programm baut auf experimentellen Erfahrungen auf, in denen gezeigt werden konnte, dass beim Faltenbeulen von dünnwandigen Profilen geometrische Ähnlichkeiten bestehen. Ausgehend von dieser Beobachtung wurden so genannte Superfolding- und Macro-Elemente entwickelt, die beliebige dünnwandige Profilformen abbilden können [7]. Mit Hilfe von dünnwandigen Profilen können einfache Fahrzeugstrukturen aufgebaut werden. Ein Beispiel für die Längsträgergestaltung ist in Bild 4 zu sehen.

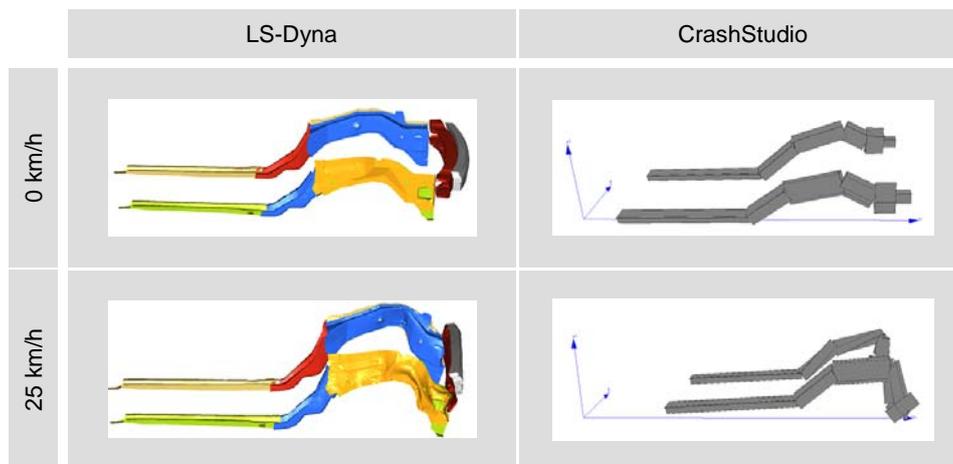


Bild 4: Vergleich Modellaufbau in CrashStudio und LS-Dyna bei zwei Geschwindigkeiten

Als Eingangsdaten werden Masse, Geometriedaten und die Konzeptbeschreibung benötigt. In Abhängigkeit vom gewählten Fahrzeugkonzept soll die Vorderwagenstruktur mit den benötigten Längsträgern und dem Motor modelliert werden. Die Modellerstellung erfolgt durch die Verbindung von charakteristischen Punkten mittels Profilen aus einer Profildatenbank. Ein großer Vorteil der vorliegenden Lösung ist die Unabhängigkeit von externen Berechnungsprogrammen, d.h. sowohl der Modellaufbau als auch die Berechnung der Struktur erfolgt in CrashStudio. Die Rechenzeit liegt dabei auf einem leistungsfähigen PC im Bereich von Minuten, so dass eine große Anzahl an unterschiedlichen Varianten beurteilt werden kann.

Die Ergebnisse werden in Form von Weg-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurven ausgegeben, wie auch durch eine dreidimensionale Ansicht der gesamten Struktur. Somit kann die Verzögerung des Gesamtfahrzeugs bestimmt werden. Anhand der Fahrzeugverzögerung soll eine erste Beurteilung des Fahrzeugs bezüglich der Sicherheit erfolgen. Eine Optimierung des Gewichts bei größtmöglicher passiver Sicherheit soll ebenfalls implementiert werden.

Die Craschauslegung soll sich in einem ersten Schritt auf einfache Fälle beschränken, was durch die Einschränkungen des Programms vorgegeben ist. Aus diesem Grund werden zuerst die amerikanischen Testkonfigurationen implementiert, d.h. der Frontalaufprall nach USNCAP oder FMVSS 208 mit 0° Aufprallwinkel.

Weitere Untersuchungen betreffen die Bewertung der Kompatibilität des zu untersuchenden Fahrzeugs. Die Implementierung dieser Testkonfiguration soll im Rahmen der Arbeit eben-

falls geprüft werden. Eine Beurteilung der Fahrzeugstruktur beim Zusammenstoß mit einem anderen Fahrzeug wäre somit frühzeitig möglich.

2.3 Framework

Als Framework soll das Programmsystem PRADO (Preliminary Aircraft Design and Optimization Program) verwendet werden, das am Institut für Flugzeugbau und Leichtbau der TU Braunschweig entwickelt wurde und u. a. erfolgreich bei der Fa. Fairchild-Dornier zur Entwicklung von Flugzeug-Konzeptstudien eingesetzt wurde [4]. Es handelt sich um ein Softwareprogramm, das den Ingenieur bei der Erstellung von integrierten Programmsystemen unterstützt; die Hauptaufgabe besteht in der Verknüpfung von Daten und Anwenderprogrammen. PRADO erfüllt folgende Anforderungen an ein solches Programmsystem:

- flexible Anpassung des Programms an neue Entwurfsaufgaben
- einfache Implementierung neuer Entwurfsbausteine durch modularen Aufbau
- Einbinden von heterogenen Programmen durch sauber definierte Schnittstellen
- Möglichkeit zur Integration verschiedener Datenbanken

PRADO besteht aus einer Sammlung von Teilprogrammen (ca. 500 FORTRAN-Programme). Sie sind gemäß den Aufgaben im Entwurfsprozess in vier Programmebenen strukturiert und mit einem Datenmanagementsystem (DMS) miteinander verknüpft:

Die erste Ebene umfasst Pre- und Postprozessoren zur Verarbeitung der Eingabedaten und der Ergebnisse. Zu Beginn des Entwurfsprozesses werden Eingabedaten eingelesen bzw. Datenbanken bereits gerechneter Konfigurationen geladen. Aus den Eingaben wird die für die Berechnung notwendige Datenbasis generiert. Nach Beendigung der Berechnungsiterationen stehen in der Datenbasis alle den Entwurf beschreibenden Parameter zur Verfügung. Die Ergebnisse können so als Grafiken und Tabellen ausgegeben werden.

Routinen zur automatisierten Parametervariation sowie Optimierungsalgorithmen sind in der zweiten Programmebene enthalten. Ausgewählte Entwurfsparameter werden mit einer gewählten Schrittgröße im festgelegten Wertebereich verändert und Auswirkungen am Gesamtsystem dargestellt. Zur Optimierung stehen in PRADO verschiedene Methoden zur Verfügung (Suchverfahren, Gradientenverfahren, Evolutionsstrategie, Zerlegungsmethode). Als Optimierungsgrößen definierte Entwurfsparameter können nach diesen Strategien variiert werden, um eine Gütefunktion unter Berücksichtigung bestimmter Prämissen zu minimieren bzw. maximieren. Die Ergebnisse werden in der internen Datenbasis abgelegt. Weiterhin können zur ersten Analyse des Gesamtentwurfs Einzelrechnungen durchgeführt werden; hier wird das Programm nach einem Berechnungsdurchgang beendet.

Der eigentliche iterative, multidisziplinäre Entwurfsprozess findet auf der dritten Ebene statt. Die Teilaufgaben der jeweiligen Fachgebiete werden durch die Entwurfsmodule repräsentiert. Aus Vorgaben des Anwenders bzw. aus den Ergebnissen anderer Entwurfsmodule werden die Werte der abhängigen Entwurfsgrößen berechnet. Ergebnisse werden ausschließlich über die DMS-Datenbasis ausgetauscht. Wenn die abhängigen Entwurfsgrößen Konvergenz aufweisen, wird die Entwurfsiteration unterbrochen. Die Programmsteuerung geht wieder an die zweite Ebene über. Wurde eine Parametervariation oder eine Konfigurationsoptimierung gewählt, definieren Routinen der zweiten Programmebene aus der Entwicklung der Gütefunktion einen neuen Datensatz freier Entwurfsparameter und starten den iterativen Entwurfsprozess erneut.

Im vierten Programmteil von PRADO sind Programmbibliotheken enthalten, in denen physikalische Berechnungsmodelle abgelegt sind, die von den Entwurfsmodulen der dritten Programmebene aufgerufen werden.

Das Datenmanagementsystem verwaltet eine Datenbank, in der die Entwurfsvariablen abgelegt werden und ermöglicht so den Datenaustausch zwischen den Entwurfsmodulen. Die Datenbasis wird zu Beginn des Entwurfsprozesses anhand der Benutzervorgaben befüllt und während den Iterationsschleifen aktualisiert.

3 Ausblick

Zur Erweiterung des hier vorgestellten Konzepts eines Fahrzeugentwurfssystems für die frühe Konzeptphase sind folgende Schritte geplant:

Die Leistungsfähigkeit des Fahrzeugs soll anhand von charakteristischen Größen beurteilt werden. Hierzu gehören Beschleunigung aus dem Stand, Zwischenbeschleunigungen für verschiedene Gangstufen und Geschwindigkeiten und die erreichte Höchstgeschwindigkeit. Für die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs sollen verschiedene Verbrauchszyklen verwendet werden.

Die Berechnung aerodynamischer Beiwerte ist in der frühen Konzeptphase anhand von Modellen auf Basis empirischer Untersuchungen möglich. Das Verfahren „CDaero“ kann beispielsweise Aussagen mit Abweichungen von +/- 5 Prozent mit insgesamt 51 die Karosserie beschreibenden Eingangsgrößen treffen [8]. Die Integration eines solchen Systems soll geprüft werden.

Für den praktischen Einsatz eines multidisziplinären Fahrzeugentwurfssystems ist die Anbindung an ein parametrisches CAD-System für den Austausch der geometrischen Daten erforderlich. Weiterhin ist zu untersuchen, wie ein Austausch von nicht geometrischen Daten erfolgen kann.

4 Literatur

- [1] Heinke, O.; Kondziella, R.; Appel, H.: Variable Konzeptentwicklung mit einem Fahrzeugentwurfssystem. In: Entwicklungen im Karosseriebau. Düsseldorf, VDI, 1992
- [2] Longhitano, L.: Integration von Simulations- und Berechnungsprogrammen für die Fahrzeugkonzeption. Universität Stuttgart, Dissertation, 2003
- [3] Egging, N.; Calkins, D. E.; Scholz, C.; Gomez-Levi, G.: AutoDSS – A System Level KBE Tool for Vehicle Product Definition. SAE Paper 2000-01-1351, 2000
- [4] Heinze, W.; Österheld, C. M.; Horst, P.: Multidisziplinäres Flugzeugentwurfsverfahren PRADO – Programmwurf und Anwendung im Rahmen von Flugzeug-Konzeptstudien. In: DGLR-Jahrbuch 2001, Bonn, DGLR, 2001
- [5] Rompe, K.; Heißing, B.: Objektive Testverfahren für die Fahreigenschaften von Kraftfahrzeugen. Köln, TÜV Rheinland, 1984
- [6] Fischer, R. G.; Haertle, J. A.: Computer Modeling in New Vehicle Design. SAE Paper 840863, 1984
- [7] Abramowicz, W.: Macro element method on crashworthiness of Vehicles in Crashworthiness – Energy Management and Occupant Protection. New York, Springer, 2001

- [8] Calkins, D. E.; Chan, W. T.: CDaero – A Parametric Aerodynamic Drag Prediction Tool. SAE Paper 980398, 1998

Dipl.-Ing. Axel Sander
BMW Group
Produktkonzepte und -architektur; Fahrzeugintegration
Konzept-Grundlagen & Methoden
Knorrstraße 147, D-80788 München
Tel: +49-89-382-51558
Fax: +49-89-382-51521
Email: axel.sander@bmw.de
URL: <http://www.bmw.com>

Dipl.-Ing. Lukasz Lasek
TU Berlin
Institut für Land- und Seeverkehr
Fachgebiet Kraftfahrzeuge, TIB 13
Gustav-Meyer-Allee 25, D-13355 Berlin
Tel: +49-30-314-72962
Fax: +49-30-314-72505
Email: lukasz.lasek@tu-berlin.de
URL: <http://www.kfz.tu-berlin.de>

Dr.-Ing. Holger Kress
BMW Group
Projektleitung Parametric Car, Einführung CATIA V5
Knorrstraße 147, D-80788 München
Tel: +49-89-382-40235
Fax: +49-89-382-51521
Email: holger.kress@bmw.de
URL: <http://www.bmw.com>

Prof. Dr. rer. nat. Volker Schindler
TU Berlin
Institut für Land- und Seeverkehr
Fachgebiet Kraftfahrzeuge, TIB 13
Gustav-Meyer-Allee 25, D-13355 Berlin
Tel: +49-30-314-72970
Fax: +49-30-314-72505
Email: volker.schindler@tu-berlin.de
URL: <http://www.kfz.tu-berlin.de>