



Tamás Gadó

Definition eines Baukastens für geländegängige Nutzfahrzeuge

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Dipl.-Ing. Severin Stadler

Institut für Fahrzeugtechnik

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Fischer

Industriepartner

Dipl.-Ing. (FHTE) Gregor Kiefer

Mercedes-Benz G GmbH

Graz, Januar 2015

EIDESSTÄTLICHE ERKLÄRUNG

AFFIDAVIT

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources, and that I have explicitly indicated all material which has been quoted either literally or by content from the sources used. The text document uploaded to TUGRAZonline is identical to the present master's thesis.

Datum / Date

Unterschrift / Signature

Inhaltsverzeichnis

Ziel der Masterarbeit	1
Erwarteter Nutzen der Masterarbeit	1
Geschichte der G-Klasse	2
1 Baukastensysteme	3
1.1 Einführung	3
1.2 Grundlagen der Baukastensysteme	4
1.3 Modulbaukastenstrategie in der Automobilindustrie	9
1.3.1 Plattformstrategie	9
1.3.2 Modulbaukastenstrategie	11
1.3.3 Modulbaukastensystem bei der Daimler AG	15
1.3.4 Modulbaukastenstrategie bei Unimog hochgeländegängig / Zetros	16
1.3.4.1 Baukastensystem von Unimog hochgeländegängig	16
1.3.4.2 Baukastensystem von Zetros	18
1.3.4.3 Produktion bei Zetros und Unimog	19
2. Ausgangssituation der G-Klasse	21
2.1 Produktvielfalt der G-Klasse	21
2.2 Angebotsprozess bei der G-Klasse	25
2.3 Angebotsprozess von Unimog / Zetros hinsichtlich Zusammenarbeit von Entwicklung und Vertrieb	26
2.4 Ermittlung der Potentiale bei MBG GmbH	27
3. Machbarkeitsanalyse eines Baukastensystems	31
3.1 Erhebung, Analyse und Priorisierung der technischen Daten der G-Klasse	31
3.1.1 Zusammenfassung der technischen Daten	34
3.1.2 Einheitliche Zusammenfassung der Fahrwerksteile	35
3.1.3 Darstellung der Produktvielfalt der G-Klasse	37
3.2 Verbesserungsvorschläge zu einer besseren Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb	40
3.3. Konstruktionsseitiges Optimierungspotential	43
3.3.1 Treiber der Produktvielfalt	43
3.3.2 Einheitliche Karosserielager für die Einzel- und Doppelkabine	44
3.3.3 Längslenkerkonsole und Federtöpfe als Montageteil ausführen	46
3.3.4 Rahmen als Montageteil ausführen	48
3.3.5 Ösen, Seilwinden, Bergen als Montageteil ausführen	49
3.3.6 Einheitliche Abgasanlage	50

3.3.7 Vertriebswünsche	51
3.4 Bewertung der Verbesserungsvorschläge	52
3.5 Karosserielager als Montageteil ausführen	54
3.5.1 Umfang Einzelkabine – erstes Konzept.....	56
3.5.2 Umfang Einzelkabine – zweites Konzept	58
3.5.3 Umfang Doppelkabine	59
3.5.4 Befestigung der Montageteile	61
3.5.5 Modularer Rahmen - Gesamtkonzept	64
3.6 Bereits umgesetzte Verbesserungsvorschläge	67
3.6.1 Stücklistenbereinigung.....	67
3.6.2 Unterlagen für die Entwicklung	67
4 Schlussfolgerung und Folgeprojekte.....	69
4.1 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse.....	69
4.2 Aufbau eines Baukastensystems in der Zukunft.....	71
4.3 Folgeprojekte	73
4.3.1 Gewichtsmanagement.....	73
4.3.2 Weiterführende Masterarbeiten	73
Literaturverzeichnis	75
Abbildungsverzeichnis	77
Tabellenverzeichnis.....	79
Anhang.....	80

Abkürzungen

In diesem Unterkapitel sind die häufigsten Abkürzungen dieser Masterarbeit tabellarisch zusammenfasst.

<u>Abkürzung</u>	<u>Bedeutung</u>
3D	Dreidimensionale Darstellung
AEJ	Änderungsjahr
BA	Bauausführung
BR	Baureihe
CAD	Computer Aided Design (Computergestütztes Konstruieren)
DAG	Daimler AG
DMU	Digital Mock Up (digitaler Zusammenbau)
LAPV	Light Armoured Patrol Vehicle
LKW	Lastkraftwagen
MBG	Mercedes-Benz G GmbH
MQB	Modularer Querbaukasten
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Produktdatenmanagement
PKW	Personenkraftwagen
RFI	Request for Information (Informationsabfrage)
RFQ	Request for Quotation (Angebotsanfrage)
SA	Sonderausstattung
SUV	Sports Utility Vehicle
ZGG	Zulässiges Gesamtgewicht

Kurzfassung der Masterarbeit

Die G-Klasse ist eines der längst produzierten Fahrzeuge in der Geschichte der Daimler AG und damit wahrscheinlich auch das beliebteste Off-Road- und Militärfahrzeug des Konzerns. Zahlreiche Armeen und Behörden, nicht nur in Europa (zum Beispiel die algerische Gendarmerie oder die australische Feuerwehr), haben sich G-Klasse-Fahrzeuge für unterschiedliche Einsatzzwecke angeschafft. Die große Produktvielfalt (zum Beispiel unterschiedliche Aufbauten, Achsen, Bereifung usw.) verlangt einen großen Aufwand für den Entwicklungsbereich.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Machbarkeitsanalyse eines modularen Baukastensystems der Baureihe 461 (im Weiteren BR461) der G-Klasse mit dem Ziel, den Entwicklungsaufwand der neuen Produkte zu reduzieren und bessere festgelegte Prozesse innerhalb des Unternehmens zu generieren.

Zunächst werden die festgelegten Prozesse analysiert, beginnend mit dem Vertrieb bis zu dem Entwicklungsbereich. Die Vorgänge werden hinsichtlich ihres Verbesserungspotentials untersucht. Eine der wichtigsten Aufgaben ist, herauszufinden, welche technischen Eigenschaften des Fahrzeuges (zum Beispiel zulässige Gewichte, Achsen usw.) für den Kunden am wichtigsten sind. Im nächsten Schritt werden modulare Baukastensysteme der Daimler AG (Unimog hochgeländegängig und Zetros) analysiert. Ein wichtiges Ergebnis der Untersuchung beinhaltet eine Einschätzung, ob die Mercedes-Benz G GmbH (im Weiteren MBG GmbH) diese Standardprozesse in Raaba entweder vollständig oder teilweise implementieren kann. Schließlich erfolgt die konkrete Machbarkeitsanalyse des modularen Baukastensystems unter Beachtung der ermittelten Inputs, um die Eignung der Konstruktion der G-Klasse für ein modulares Baukastensystem zu bewerten.

Abstract

G-Class is one of the longest produced Mercedes-Benz vehicles in Daimler's history and probably the most popular off-road and military vehicle at Daimler AG. Many militaries and organizations, not only in Europe (such as Algerian Gendarmerie or Australian Fire Department), own some G-Class vehicles for different purposes. These military vehicles are never the same; the variety of products contains different platforms as well as various numbers of axles, which causes a huge effort for the development department.

This master thesis deals with a feasibility study of a possible modular design for the G-Class military- and utility vehicle (BR461) with the purpose of decreasing the development effort and having a better documented process throughout the company.

At first, the existing process is reviewed, from the distribution to the development department. The issues of the present procedure are researched and analyzed, regarding room for improvement. The most significant task is to find out which technical parameters (payload, axles, etc.) are important for the customers, which simultaneously states the technical focus of this master thesis.

In the next step, existing modular design systems at Mercedes (trucks and vans) are analyzed and the development of the variable vehicles is observed. It has to be determined if Mercedes Benz G GmbH is able to implement either a few parts of an existing system or an entire system. Finally, this master thesis contains a precise feasibility study considering several inputs. Out of its results, it can be decided whether the possibility of a modular design would be possible at Mercedes-Benz G GmbH.

The present master thesis beneficially supports the Mercedes-Benz G GmbH in the following ways:

- Confirmation of the possibility of having a modular design for BR461
- Better technical concept from Mercedes-Benz G to the customers regarding variability of the vehicle
- Acceleration of concept creation (DMU)
- Faster internal processes regarding tendering
- Optimized variety of building parts

Danksagung

Ein besonderer Dank geht an alle, an meiner Masterarbeit beteiligten Mitarbeiter der Mercedes-Benz G GmbH, insbesondere möchte ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. (FHTE) Gregor Kiefer und Herrn Dipl.-Ing. Christoph Pichler für tatkräftige und konstruktive Unterstützung bedanken.

Des Weiteren richte ich einen großen Dank an die Betreuer seitens der Technischen Universität Graz, Herrn Dipl.-Ing. Severin Stadler und Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Univ.-Doz. Mario Hirz.

Abschließend bedanke ich mich herzlichst bei meiner Familie für die Unterstützung während meines Studiums.

Ziel der Masterarbeit

Ziel dieser Masterarbeit ist die Erstellung einer Machbarkeitsanalyse eines Baukastens für die Baureihe 461 von Mercedes. Weiterhin soll überprüft werden, ob die BR461 in seiner aktuellen Produktvielfalt für die Einführung eines solchen Systems geeignet ist. Da die G-Klasse zu den erfolgreichsten Nutz- und Militärfahrzeugen im Daimler Konzern zählt, gibt es zahlreiche unterschiedliche Ausführungsvarianten auf den spezifischen Märkten. Diese Produktvielfalt und die damit einhergehende Komplexität verlangen einen enormen Entwicklungsaufwand für die Mercedes-Benz G GmbH. Aus diesem Grund soll im Rahmen dieser Masterarbeit überprüft werden, ob ein Baukastensystem für die BR461 Potentiale zur Verbesserung des Entwicklungs- und Angebotsprozesses bringen kann. Um diesen Aufwand zu minimieren und die Standardprozesse zu beschleunigen, müssen die internen Prozesse durchleuchtet und analysiert werden. Die Idee eines Baukastens ist nicht neu in der Automobilbranche (z.B.: schwere Nutzfahrzeuge), deswegen werden im Rahmen dieser Masterarbeit existierende Baukastensysteme der Daimler AG vorgestellt und überprüft. Der technische Schwerpunkt der Masterarbeit liegt in der Analyse von ausgewählten Kenngrößen. Unter anderem fordern unterschiedliche Aufbauarten oder Einsatzbereiche der Fahrzeuge eine entsprechende technische Ausführung eines Baukastens.

Erwarteter Nutzen der Masterarbeit

Die Einführung eines Baukastensystems bei der MBG GmbH würde dem Unternehmen vorrangig die folgenden Vorteile bringen:

- Technisch ausgereifere Konzepte bezüglich Variabilität des Fahrzeuges. Mit Hilfe eines modularen Konzeptes kann das Fahrzeug auf den jeweiligen Verwendungszweck einfacher zugeschnitten werden.
- Konzepterstellung wird mit Hilfe der verbesserten Entwicklungsprozesse beschleunigt
- Aufgrund der Analyse der unternehmensinternen Prozesse können schnellere interne Abläufe hinsichtlich Angebotsbearbeitung erzielt werden
- Infolge der Überprüfung der wichtigsten Bereiche der Konstruktion der G-Klasse wird die Variantenvielfalt der Bauteile reduziert

Geschichte der G-Klasse¹

Mercedes-Benz ist einer der bekanntesten Fahrzeughersteller der Welt und als der „Erfinder des Automobils“ bekannt. Das Patent von Carl Benz („Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb“) aus 1886 gilt als die Geburtsurkunde der Automobilindustrie.²

Die Daimler AG hat die Kooperation mit Steyr-Daimler-Puch AG im Jahr 1972 begonnen, um ein On- und Off-Road fähiges Fahrzeug zu entwickeln, das die Kundenanforderungen im zivilen und industriellen Bereich erfüllt.

Bereits 1979 ging die erste G-Klasse in Produktion. Von Anfang an stand die G-Klasse für Produktvielfalt, da das Fahrzeug mit zwei verschiedenen Radständen und in fünf unterschiedlichen Aufbauvarianten angeboten wurde. Der Geländewagen war aufgrund seiner Robustheit und zuverlässigen Technologie von Beginn an auch im Motorsport beliebt. Im Jahr 1983 hat zum Beispiel Jacky Ickx gemeinsam mit Claude Brasseur die namhafte Paris-Dakar Wüstenrally mit einer Baureihe 460 gewonnen.

Seit 1990 gibt es zwei Zweige der G-Klasse, einen PKW-Zweig (Baureihe 463) und einen Nutz- bzw. Militärfahrzeugzweig (Baureihe 461). Obwohl die Fahrzeuge sich von außen ähneln, unterscheiden sie sich vor allem durch die Motorisierung, die angebotenen Ausstattungen sowie die Haptik der Bedienelemente.

Die durch ihre Zuverlässigkeit, zeitloses Design und Variabilität geprägte G-Klasse war immer eines der meistverkauften Fahrzeuge in ihrem Marktsegment. Unter den Militärfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht kleiner als 3.500 kg hat die G-Klasse in Europa immer zu den beliebtesten Fahrzeugen gezählt.

Die MBG GmbH mit Sitz in Raaba bei Graz ist 100% Tochterunternehmen der Daimler AG und verantwortlich für die Entwicklung und Serienbetreuung der G-Klasse seit 1992.

¹ <http://www.mercedes-benz-g.at> (11.08.2014)

² <http://www.daimler.com> (07.01.2015)

1 Baukastensysteme

1.1 Einführung

Baukastensysteme sind heutzutage Stand der Technik in fast jeder Branche. Die auf die Kunden zugeschnittenen Produkte verlangen einen enormen Entwicklungs- und Fertigungsaufwand. Aus diesem Grund steigen immer mehr Unternehmen auf Baukastensystematik um. So können technisch einfachere und wirtschaftlich günstigere Produkte schneller entwickelt und produziert werden.

Anfangs war die modulare Architektur in der Computerindustrie populär. „Die erste modulare Produktfamilie wurde von IBM 1964 mit dem System/360 auf den Markt gebracht.“³ Die Grundidee der Firma war, dass der Änderungsaufwand bei einem Produktwechsel durch einen modularen Aufbau erleichtert wird. Obwohl der Entwicklungsaufwand riesig war, ist das Produkt schnell populär geworden.⁴

Ein aktuelles Beispiel für einen modularen Aufbau zeigt das Konzept für ein modulares Handy des Startup-Unternehmens Phonebloks (siehe Abbildung 1)⁵. Die Grundidee der Firma beruht darauf, dass für jeden Anwender andere Funktionen an einem Smartphone wichtig sind, deswegen kann man nach dem Kauf einer Basisplatte das Handy frei gestalten. Unterschiedliche Kameras, Mikroprozessoren, Lautsprecher, Batterien usw. werden vom Hersteller angeboten und der Nutzer kann mit Hilfe der vereinheitlichten Anschlüsse das ideale Handy für sich zusammenstellen.

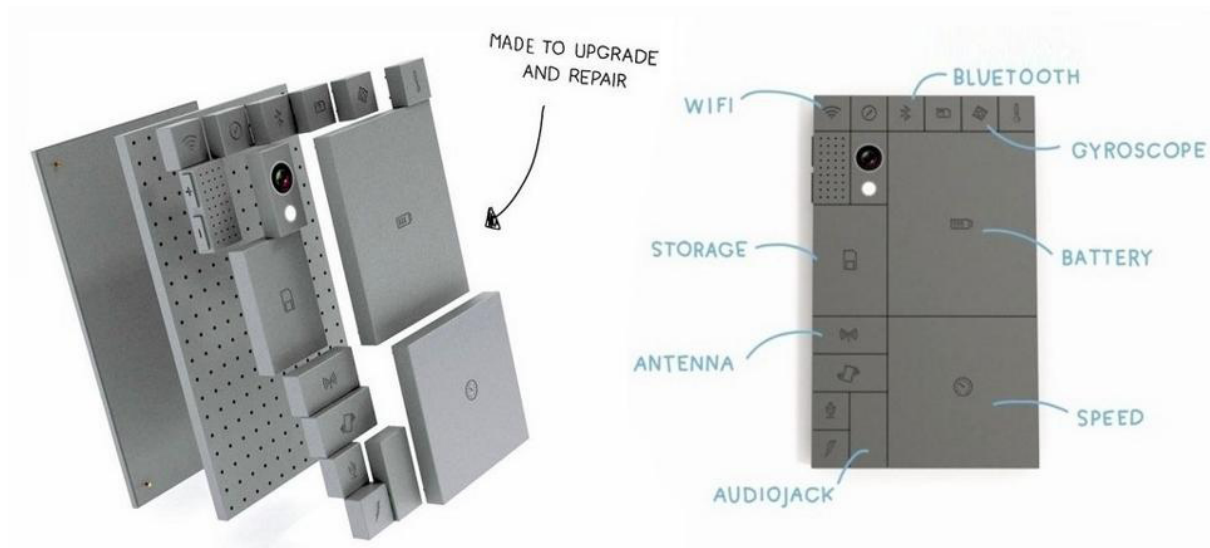


Abbildung 1: Aufbau eines modularen Handys⁶

Da nur Teile verbaut werden, die vom Nutzer wirklich gebraucht und gewünscht sind, und auf Grund der einfachen Austauschbarkeit einzelner defekter Module statt des Gesamtgerätes erhebt Phonebloks den Anspruch auf Nachhaltigkeit. Dies und die Individualisierbarkeit des Handys stoßen, wie man an der Beliebtheit des Unternehmens auf sozialen Plattformen sehen kann, auf Zustimmung bei potentiellen Käufern.

³ WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie (2001), S. 10.

⁴ Vgl. WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie (2001), S. 10 f.

⁵ <https://phonebloks.com/en> (12.08.2014)

⁶ <http://designyoutrust.com> (12.08.2014)

1.2 Grundlagen der Baukastensysteme

„Unter einem Baukastensystem versteht man Maschinen, Baugruppen und Einzelteile, die

- als Bausteine mit oft unterschiedlichen Lösungen durch Kombination
- verschiedene Gesamtfunktionen erfüllen.“⁷

Das heißt, das Ziel eines Baukastensystems ist die Realisierung unterschiedlicher Gesamtfunktionen mit möglichst ähnlichen Bauteilen.

Der Unterschied zwischen einer Baureihe und einem Baukasten kann auch mit der obigen Definition erklärt werden (siehe Abbildung 2). Während bei einer Baureihe ähnliche oder sogar gleiche Funktionen erfüllt werden müssen, sind bei einem Baukasten die geforderten Funktionen unterschiedlich. Durch Kombination der festgelegten Bausteine werden die geforderten Funktionen erfüllt und der Entwicklungs- und Fertigungsaufwand reduziert.⁸

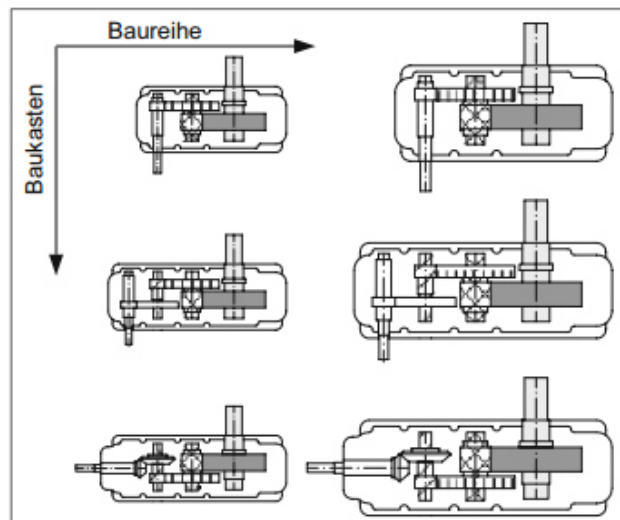


Abbildung 2: Übersicht über Bauweisen⁹

Bei Baukastensystemen ist zu beachten, dass je nach Bedarf das System unterschiedlich gestaltet werden kann. Es gibt fiktive- und reale Baukastensysteme. Das heißt, dass die Bausteine entweder nur im Bereich des Herstellers existieren oder die Grenzen der Bausteine auch an der Hardware erkennbar sind.¹⁰ Unabhängig von der Auslegung eines solchen Systems bleibt das Hauptziel immer das Gleiche: die einfachere Verwirklichung der Marktanforderungen. Ein gutes Beispiel für das reale System ist das modulare Handy, bei dem die Grenzen des Baukastensystems leicht sichtbar sind. Bei den fiktiven Systemen stellt im Allgemeinen der Kunde nicht fest, dass sein Produkt aus Baukästen zusammengesetzt ist.

⁷ PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 839.

⁸ Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 838.

⁹ FRANK, H.-J. et al. – Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung (2002), S 20.

¹⁰ Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 843 f.

Baukastensysteme lassen sich nach unterschiedlichen Betrachtungen in Gruppen unterteilen. Die nachstehende Aufteilung beruht auf dem Konstruktionslehrbuch von Pahl / Beitz¹¹:

- Zweck des Baukastensystems
 - der Funktionsbaukasten ist ein System mit dem Ziel, Produkte einfacher und schneller entwickeln zu können und die von Kunden verlangten Funktionen zu verwirklichen. Solche Baukastensysteme werden unter dem Gesichtspunkt der Erfüllung technischer Funktionen konzipiert und ihre Bausteine lassen sich in fünf Gruppen unterteilen:
 - Grundbausteine
 - Hilfsbausteine
 - Sonderbausteine
 - Anpassbausteine
 - Nichtbausteine (projektspezifische Bauteile)
 - der Fertigungsbaukasten ist ein System, um die Produktion eines Produktes zu vereinfachen (fertigungstechnisch günstige Kombination der Bauteile). Hierbei werden die Bausteine nach rein fertigungstechnischen Gesichtspunkten festgelegt.

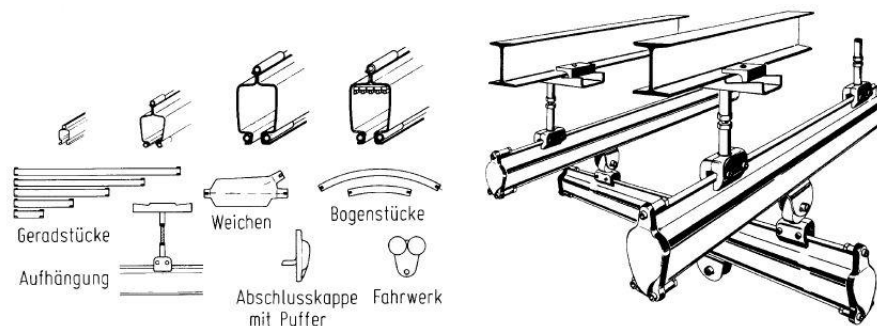


Abbildung 3: Offenes Baukastensystem für die Fördertechnik (Werkbild Demag, Duisburg) Bausteine (links); Kombinationsbeispiel (rechts)¹²

- Variabilität des Baukastens:
 - offenes System: die Anzahl der Möglichkeiten ist nicht gegeben. Der Kunde kann je nach Bedarf das System frei gestalten. Als Beispiel führen Pahl / Beitz im Konstruktionslehrbuch die Fördertechnik an, bei der die Form nicht definiert ist, sondern der Kunde je nach Platzbedarf das System frei anordnen kann.
 - geschlossenes System: der Hersteller stellt nur eine gewisse Anzahl an Produktvarianten den Kunden zur Verfügung. Pahl / Beitz zeigen als Beispiel die modulare Straßenbahn von Siemens. Aus fünf Modulen (Kopf-, Heck-, Fahrwerk-, Mittel- und Gelenkmodul) kann Siemens in 9 unterschiedlichen Längen je nach Bedarf die Straßenbahnen anbieten.

¹¹ Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 842 ff.

¹² PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2004), S. 656.



Abbildung 4: Fahrzeugtypen der Fahrzeugfamilie COMBINO® als ein geschlossenes Baukastensystem¹³

Wie gerade gezeigt wurde, gibt es unterschiedliche Ausprägungen eines modularen Aufbaus, deswegen ist dessen Ziel auch immer unterschiedlich. Jedes Ziel kann auf eine Optimierung eines Prozesses zurückgeführt werden.

Im nachfolgenden sind die drei Hauptziele eines Baukastensystems zusammengefasst:

- Produktionsoptimierung im Sinne des Fertigungsablaufs
- Minimierung des Entwicklungsaufwands für neue Varianten
- Schnellere Reaktion auf die neuen Kundenbedürfnisse

Um diese Ziele zu erreichen, muss die interne Produktvielfalt verringert und die externe Produktvielfalt erweitert werden. Als interne Produktvielfalt wird die Anzahl der Bauteile bezeichnet und die externe Produktvielfalt bezieht sich auf die Anzahl der erhältlichen Produktvarianten.¹⁴ Jedoch ist zu beachten, dass die externe Vielfalt die vom Markt geforderte Anzahl an Varianten nicht übersteigen darf.¹⁵

Eine wichtige Frage vor der Einführung eines Baukastensystems ist die Anzahl der Varianten (technische Grenze), ab der der Mehraufwand der Entwicklung wirtschaftlich wird. Diese Grenze kann je nach Produktkomplexität unterschiedlich sein und wird auch in dieser Masterarbeit in Zusammenhang mit der G-Klasse näher betrachtet.

Die Bausteine sind so zu wählen, dass das Ergebnis nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich günstig wird bzw. es für den Hersteller ideale Kombinationsmöglichkeiten gibt. Der Treiber für die Variantenvielfalt ist immer zu identifizieren, um zu wissen, wie die Grenzen festgelegt werden können. Bei einem Nutzfahrzeug könnten zum Beispiel die folgenden Treiber existieren:

- unterschiedliche Laststufen
- unterschiedliche Verwendungszwecke
- unterschiedliche geometrische Abmessungen
- Kostenlimits usw.

¹³ PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2004), S. 654.

¹⁴ MURJAHN, R. – Kostenmanagement in der chemischen Produktentwicklung (2004), S. 122.

¹⁵ Vgl. FRANK, H.-J. et al. – Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung (2002), S 13.

Laut Wilhelm gibt es zwei Ansätze zur Auslegung von Konzepten und so auch zur Auslegung von Baukastensystemen.¹⁶

- **Bottom-Up Ansatz:** Bei dieser Vorgehensweise erfolgt zunächst eine Analyse von Alternativen und Varianten. Die Detaillierung des Gesamtkonzeptes erfolgt schrittweise und deswegen wird das Verständnis für das Gesamtkonzept mangelhaft. Die Teilsysteme werden sehr fein detailliert.
- **Top-Down Ansatz:** Bei dieser Vorgehensweise wird zunächst ein Gesamtüberblick erreicht und erst danach werden die Grenzen der Teilsysteme festgelegt. Aus diesem Grund erfolgt die Ableitung und Strukturierung von Alternativen viel schneller. Diese Herangehensweise verlangt große Erfahrung seitens des Konstrukteurs und eine gründliche Kenntnis des Marktes.

Benno Wilhelm fasst die zwei Ansätze folgendermaßen zusammen:

Tabelle 1: Grundsätzliche Vorgehensweise zur Konzeptentwicklung¹⁷

Bottom-up	Top-down
Vorgehen	
<ul style="list-style-type: none"> • Building-up • Kombination von Elementen zum Gesamtkonzept 	<ul style="list-style-type: none"> • Focus-up • Schrittweise Detaillierung des Gesamtkonzeptes
Vorteile	
<ul style="list-style-type: none"> • Sofort Detailanalysen • Bauteilnahes Konzept • Nutzung bestehender Strukturen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gutes Systemverständnis • Analyseunterstützung • Alternativengenerierung
Nachteile	
<ul style="list-style-type: none"> • Mangelndes Verständnis für das Gesamtkonzept • Strukturierung schwierig 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierungsaufwand • Konzipierungsaufwand • Strukturierungsaufwand
Ergebnis	
Hohe Detailierungsgrad für Teilsysteme	Komplette Abbildung des Gesamtsystems

Vor der Entwicklung eines modularen Aufbaus, wie soeben erwähnt, sind alle geforderten Funktionen zu erheben. Mit Hilfe der zu erwarteten Nachfrage und der Notwendigkeit einer Funktion können die Bauteile priorisiert werden. Bei der Konzeption des Systems spielt diese Klassifizierung eine große Rolle. So kann zum Beispiel aus den wichtigsten Bauteilen der Grundbaukasten gebildet werden oder es können die selten vorkommenden Bauteile im modularen Aufbau nicht miteinbezogen werden.¹⁸

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung sind die Bausteine nicht nur allein zu untersuchen, sondern es ist auch die gegenseitige Wirkung der Bausteine aufeinander zu berücksichtigen.¹⁹

¹⁶ Vgl. WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer Modularen Fahrzeugfamilie (2001.), S. 29f.

¹⁷ WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer Modularen Fahrzeugfamilie (2001.), S. 30.

¹⁸ Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 847.

¹⁹ Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S. 851.

Schließlich können die Vorteile eines Baukastensystems folgendermaßen zusammengefasst werden:

- schnellere Angebotserstellung, da das Produkt aus den vordefinierten Baukästen rasch erstellbar ist
- Fehlervermeidung, da aufgrund der standardisierten Bauteile / Schnittstellen ein Unternehmen technisch reifere Konzepte erzielen kann
- Austauschbarkeit / Reparaturfreundlichkeit / Montagefreundlichkeit
- geringere Entwicklungskosten und –aufwand nach der Einführung des Baukastensystems (schnellere Ableitung neuer Derivate)
- bei offenen Systemen besteht die Möglichkeit, das System zu erweitern / modifizieren
- Flexibilität: bei kundenspezifischen Produkten wird die technische Machbarkeitsanalyse schneller erstellt
- verbesserte Qualität aufgrund der standardisierten Bauteile
- die erhöhte Anzahl an Gleichteilen führt zu niedrigeren Beschaffungskosten

Zu den Nachteilen eines Baukastensystems zählen:

- Produktionsprogramm wird umkonstruiert, das Schulungen der Mitarbeiter erfordert
- Bei nicht richtig konzipierten Systemen verliert das Produktionsprogramm die Flexibilität gegenüber nicht im Baukastensystem beinhalteten Umfängen
- Bei nicht ideal ausgelegten Modulen verliert das Produkt seine Attraktivität auf dem Markt

1.3 Modulbaukastenstrategie in der Automobilindustrie

1.3.1 Plattformstrategie

Die Automobilindustrie hat sich seit den 1980er bzw. 1990er Jahren sehr geändert. Der Markt verlangt eine gewisse Individualität der Produkte und die Automobilhersteller versuchen die Erwartungen der Kunden so zu erfüllen, dass trotzdem die Komplexität der Bauteile (interne Bauteilvielfalt) nicht steigt. Aus diesem Grund haben viele Fahrzeughersteller (im Weiteren OEMs) am Ende der 1990er Jahre eine neue Struktur, die sogenannte „Plattformstrategie“, eingeführt. Diese bedeutet eine einheitliche Basis für ähnlich große Fahrzeuge. „Die Plattformstrategie zielt in erster Linie auf die innere Struktur des Automobils ab.“²⁰ Das bedeutet, dass die Fahrzeuge einer gemeinsamen Plattform die gleiche innere Struktur haben, aber die äußerlichen Merkmale der Fahrzeuge unterschiedlich sind.²¹ Dadurch, dass nicht für jedes Modell eine eigene Bodengruppe oder ein eigener Antriebstrang zu entwickeln ist, können die OEMs Ersparnisse im Bereich der Entwicklung und Produktion erzielen.

„Zu Plattformen können die folgenden Bauteile zählen:

- Aggregate
- Motor
- Getriebe
- Lager
- Vorder- und Hinterachse
- Lenkung und Fußhebelwerk
- Bremsen
- Kraftstoffanlage
- Räder und Reifen
- Heizung und Klimaanlage
- Sitze
- Stirnwand
- Mittelboden
- Hinterwagen
- Elektrisches Bordnetz (Kabelbaum, Batterie,...)²²

Henning Wallentowitz zeigt in seinem Buch (Strukturaufbau der Kraftfahrzeuge, 3. Auflage) als Beispiel das Plattformsystem des Volkswagen Konzerns. Der Konzern baut auf vier Marken, die technisch-ähnliche Fahrzeuge anbieten. Aus diesem Grund hat das Großunternehmen die Anzahl der Plattformen am Ende der 90er Jahre von 19 auf die folgenden vier reduziert:

- „Plattform Kleinfahrzeugklasse
- Plattform Kompaktklasse
- Plattform Mittelklasse
- Plattform Oberklasse“²³

²⁰ Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturaufbau von Kraftfahrzeugen, S. 26.

²¹ Vgl. Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturaufbau von Kraftfahrzeugen, S. 26.

²² Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturaufbau von Kraftfahrzeugen, S. 28.

Mit Hilfe dieser vier Plattformen und den erforderlichen Anpassungen der Fahrzeuge kann Volkswagen die Produkte ökonomisch günstiger anbieten.

Bei der Plattformstrategie ist zwischen Gleichteilen und Systembauteilen zu unterscheiden. Die Gleichteile sind Bauteile, die in jedem Modell ident sind (zum Beispiel: Schalter, Elektrik Umfänge usw.), die Systembauteile sind Bauteile, die bei jedem Modell gewisse Anpassungen benötigen (zum Beispiel: Achsen, Software usw.).²⁴ Die Vielzahl der gleichen / ähnlichen Bauteile bringen, wie schon erwähnt wurde, dem Hersteller erhebliche Vorteile, unter anderem kürzere Entwicklungszeiten, flexiblere Produktionsprogramme oder einfachere Beschaffung der Bauteile.

Die Vorteile der Strategie sind in der Abbildung 5 zusammengefasst:

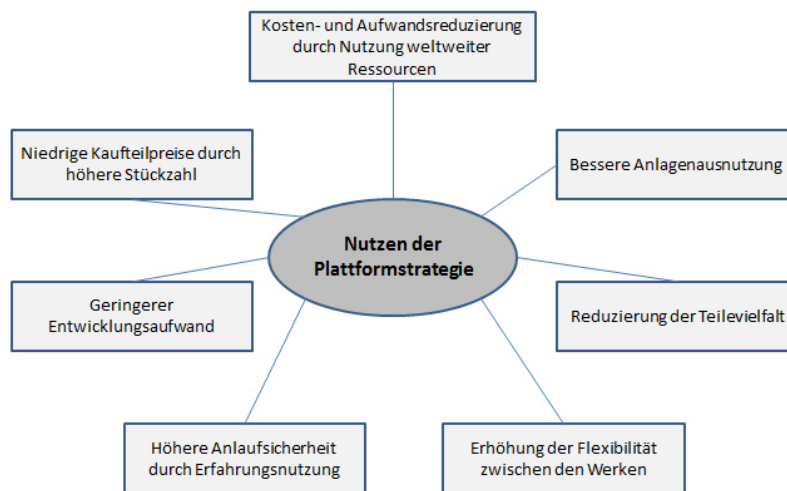


Abbildung 5: Nutzen der Plattformstrategie²⁵

Natürlich profitieren auch die Kunden von der Einführung eines solchen Systems. Durch die erhöhte Stückzahl kann nicht nur der Kaufpreis für Endkunden günstiger werden, sondern auch die Qualität der Produkte wird verbessert. Des Weiteren können die Produkte besser auf den Kunden zugeschnitten werden, da die Fahrzeughaut (Karosserie) nicht Teil des Baukastensystems ist. So kann das Markenimage beibehalten werden.

Einer der größten Nachteile der Plattformstrategie ist die Beschränkung auf eine Fahrzeugklasse. Dadurch, dass sich diese Strategie nur auf ähnlich große Fahrzeuge anwenden lässt, ist diese Strategie für das „Mass Customizing“ in der Großserie nicht geeignet.

Ein anderer Nachteil ist, dass Konstruktions- und Produktionsfehler größere Folgekosten verursachen, welche auf die Vereinheitlichung der Fahrzeuge zurückzuführen sind.²⁶ Bei einer Plattformstrategie spielt die Qualitätsabsicherung der Bauteile eine viel größere Rolle als bei der herkömmlichen Fahrzeugentwicklung. Deswegen kann man heutzutage öfters von Rückrufaktionen der OEMs hören, bei denen mehrere 100 000 Fahrzeuge betroffen sind.

²³ Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturentwurf von Kraftfahrzeugen, S. 37.

²⁴ Vgl. Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturentwurf von Kraftfahrzeugen, S. 29.

²⁵ Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturentwurf von Kraftfahrzeugen, S. 31.

²⁶ <http://www.handelsblatt.com> (20.11.2014)

1.3.2 Modulbaukastenstrategie

Die ständige Individualisierung der Produkte (im englisch Sprachgebrauch „Mass Customizing“) und die Sättigung des Fahrzeugmarktes verlangen die Einführung neuer Strategien in der Automobilindustrie. Zum Beispiel hat sich die Anzahl der angebotenen Mercedes PKW-Typen in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt. Damit die OEM bei einem riesigen Produktportfolio den Überblick nicht verlieren bzw. neue Derivate schneller ableiten können, wurde eine neue Strategie entwickelt, die in diesem Kapitel näher erklärt wird.

Laut Wallentowitz „darf die Individualität nicht zu einer weiteren Komplexitätserhöhung der Bauteilvielfalt führen, da sonst das große Stückzahlpotential eines Konzernverbundes nicht als Wettbewerbsvorteil genutzt werden kann.“²⁷

Das neue System heißt Modulbaukastenstrategie und durch diese wird aktuell das Plattformkonzept in der Automobilindustrie abgelöst.

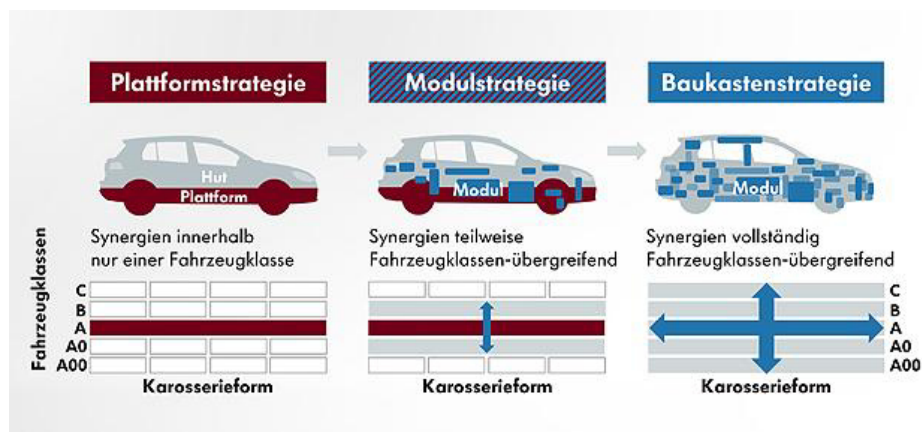


Abbildung 6: Der Weg zum modularen Baukasten²⁸

Das Grundprinzip der Modulbaukastenstrategie ist sehr ähnlich dem der Plattformstrategie. Jedoch ist hier das Gesamtfahrzeug betroffen und nicht nur gewisse Komponenten des Fahrzeuges wie bei der Plattformstrategie. Bei diesem Konzept geht es um eine gemeinsame Basis unterschiedlich großer Fahrzeuge und um eine baureihenübergreifende Innovation. Der Synergieeffekt ist so nicht nur zwischen den Fahrzeugen in einer Klasse vorhanden, sondern zwischen allen betroffenen Fahrzeugen des Konzerns.²⁹ So erreichen die OEM Ersparnisse nicht nur in der Abteilung Entwicklung, sondern auch in der Produktion. Aufgrund der Ähnlichkeit der Fahrzeuge können auf der gleichen Produktionslinie unterschiedlich große Fahrzeuge gebaut werden und so können zum Beispiel bei einer zu großen Nachfrage nach einem Produkt andere Standorte den Produktionsengpass ausgleichen.

Die Entwicklung des Modulbaukastensystems ist in Abbildung 7 dargestellt. Nachdem die Fahrzeuge einer Klasse eine gemeinsame Plattform hatten, haben die OEM begonnen, möglichst viele Gleichteile in Fahrzeuge unterschiedlicher Klassen zu verbauen. Viele Diplomarbeiten behandeln dieses Thema; zum Beispiel hat sich Sebastien Engelhardt mit einem möglichen einheitlichen

²⁷ Univ.-Prof. Dr.-Ing. WALLENTOWITZ, H. – Strukturentwurf von Kraftfahrzeugen, S. 26.

²⁸ <http://autogramm.volkswagen.de> (19.11.2014)

²⁹ <http://autogramm.volkswagen.de> (19.11.2014)

Heckwagenkonzept für die C-, E und GLK-Klasse bei der Daimler AG in Deutschland beschäftigt.³⁰ Ziel der Diplomarbeit war eine möglichst einheitliche Anordnung der Bauteile im Heckbereich der ausgewählten Fahrzeuge (siehe Abbildung 7). Die Kostenersparnis durch so ein Konzept ist riesig, aber der benötigte Änderungsaufwand ist auch nicht zu vernachlässigen. Außer der Position der Bauteile sind die Kabelführungen, Rohbau, Befestigungen der Bauteile usw. zu optimieren und zu vereinheitlichen.

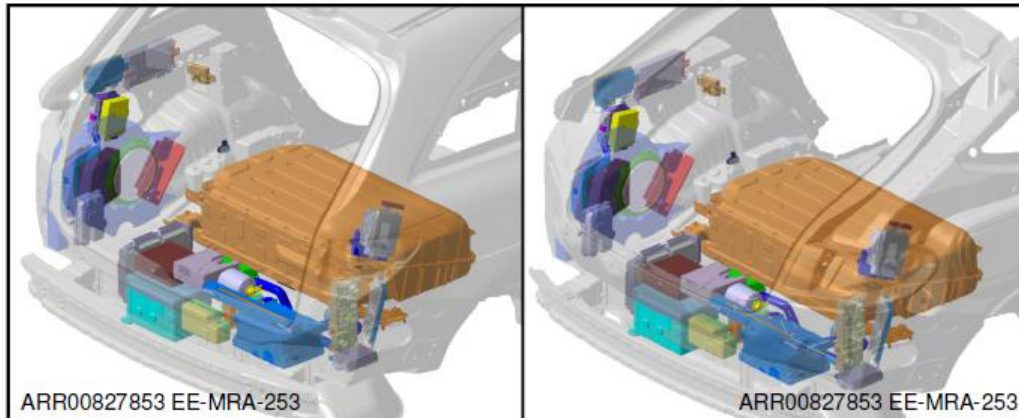


Abbildung 7: Einheitliches Heckwagenkonzept bei zwei Mercedes PKW-s³¹

Mit vorangeschrittener Entwicklung wurde die Modularisierung über mehrere Bauteile vorangetrieben und so wurde eine nachstehende Teileexplosion verhindert. Durch die Modulbaukastenstrategie verkürzen die Automobilhersteller den Entwicklungszyklus der Produkte.

„Intelligent strukturierte Modulbaukästen ermöglichen es, trotz Verwendung von Gleichteilen auf eine Vielzahl von unterschiedlichen Kundenwünschen einzugehen.“³² So können die Kosten für Fertigungsmaterial gesenkt werden und gleichzeitig kann die Produktvielfalt steigen.

„Der PKW muss sowohl in emotionaler als auch in funktionaler Hinsicht den Kundenbedürfnissen entsprechen“³³, deswegen ist die Einführung eines solchen Systems sinnvoll. Jedes Jahr bringen die OEM neue Produkte auf den Markt und ein Ende ist noch lang nicht in Sicht. Jeder Kunde will ein passendes Fahrzeug kaufen, das auch zuverlässig ist und genau die Eigenschaften bietet, die er / sie bevorzugen. Laut Wallentowitz kann diese Tendenz soweit gehen, dass in der Zukunft das Design wichtiger für die Kunden sein wird, als die Funktion bzw. Zuverlässigkeit des Fahrzeuges.

Aufgrund dieser Änderungen versuchen die OEM die Kostenminimierung im Produktlebenszyklus zeitlich immer nach vorne zu verlagern.³⁴ Je später die Varianten in der Wertschöpfungskette entstehen, desto wirtschaftlicher ist das Produkt für den Hersteller.³⁵

Ein wesentlicher Vorteil so einer Strategie ist, dass die Bauteile nicht für jedes Modell separat zu entwickeln sind. Bei den Firmen, die so ein System in Verwendung haben, gibt es Teams, die nur

³⁰ ENGELHARDT, S – Einheitliches Heckwagenkonzept für eine zukünftige PKW-Plattform (2014)

³¹ ENGELHARDT, S – Einheitliches Heckwagenkonzept für eine zukünftige PKW-Plattform (2014), S. 55.

³² Interne Quelle der Daimler AG

³³ WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie (2001), S. 4.

³⁴ Vgl. WILHELM, B. – Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie (2001), S. 1.

³⁵ Vgl. FRANK, H.-J. et al. – Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung (2002), S 15.

wenige Module betreuen und die wichtigen Entwicklungen durchführen. So können die Unternehmen technisch reifere Konzepte und bessere Qualität erzielen.



Abbildung 8: Lochbild am Rahmen eines Mercedes LKWs³⁶

In der Automobilindustrie stammt diese Strategie aus dem Nutzfahrzeugbereich, in dem die Variantenvielfalt immens ist. Verlängerungen des Radstands, unterschiedliche Anzahl der Achsen oder unterschiedliche Aufbauarten sind üblich bei Nutzfahrzeugen. Rahmen mit Lochbildern (siehe Abbildung 8), an die die Bauteile flexibel angebracht werden können, erhöhen zum Beispiel die Flexibilität eines Rahmens. Aufgrund des standardisierten Lochabstandes am Rahmen ist die Verschiebung der Bauteile einfacher zu verwirklichen. Infolge der anderen Aufbauart der Nutzfahrzeuge (Rahmenbauweise), sind die Modulbaukastenstrategien der zwei Sparten nicht ident. Die G-Klasse (BR461) ist den Nutzfahrzeugen zugeordnet, deswegen wird diese Strategie später näher mit zwei Beispielen aus dem Daimler Konzern (Unimog, Zetros) behandelt.



Abbildung 9: Modularer Querbaukasten der Volkswagen AG³⁷

³⁶ Interne Quelle der Daimler AG

³⁷ <http://www.spiegel.de> (12.08.2014)

Eines der bekanntesten Beispiele aus der PKW-Industrie für ein Baukastensystem, in dem das Gesamtfahrzeug betroffen ist, ist der Modulare Querbaukasten (im Weiteren MQB) von der Volkswagen AG. Das Baukastensystem wurde 2012 eingeführt und mit Hilfe von MQB wurden die frontgetriebenen Fahrzeuge mit quer eingebautem Motor der Volkswagen AG standardisiert.³⁸ Volkswagen hat sowohl den Entwicklungsaufwand und die Entwicklungskosten verringert, als auch ermöglicht, dass mit Hilfe von fix definierten Baukästen die Entwicklung eines Fahrzeuges viel schneller gelingt. Nebenbei sind solche Fahrzeuge reparaturfreundlicher, weil die Bauteile und Befestigungskonzepte auch standardisiert wurden.³⁹ Abbildung 9 zeigt welche Teile des Fahrzeuges fix bzw. flexibel sind.

In der nachfolgenden Tabelle sind weitere fixe- und variable Bereiche des Fahrzeuges zusammengefasst:

Tabelle 2: Variabilität der Modulbaukastenstrategie⁴⁰

Fix bei Modulbaukasten	Variabel bei Modulbaukasten
<ul style="list-style-type: none"> • Abstand zwischen der Mitte der Vorderachse und den Pedalen • Neigung des Motors 	<ul style="list-style-type: none"> • Radstand • Spurweite • Länge, ggf. Breite, Höhe des Fahrzeuges

Neue Produkte bedeuten immense Investitionen für Automobilhersteller, deswegen steigen immer mehr Unternehmen auf diese Strategie um. Die Märkte, wie schon erwähnt, werden immer gesättigt, darum müssen die Hersteller laufend mit neuen Produkten auf den Märkten präsent sein, um die Attraktivität der Marke bzw. die Umsätze beizubehalten. Mit einander austauschbaren Modulen kann ein Fahrzeug schneller und technisch sicherer gebaut werden, Derivate können schneller abgeleitet werden.

Neben dem technischen Ansatz ist die Modulbaukastenstrategie auch eine wirtschaftliche Optimierung der Fahrzeugentwicklung. Die steigenden Bestellmengen bewirken günstigere Beschaffungspreise und so eine Verbilligung der Fahrzeugherstellung.

Ein weiterer Vorteil ist, dass durch dieses Vorgehen mehr Kundenbedürfnisse schneller befriedigt werden können. Dies führt zu Wettbewerbsvorteilen. Die durchschnittliche Entwicklungszeit eines Fahrzeuges verkürzt sich. Zum Beispiel spart laut Prof. Dr. Hans Georg Engel die Daimler AG bei jedem Modell mindestens ein halbes Jahr Entwicklungszeit.⁴¹

Der größte Nachteil der Modulstrategie ist die sogenannte „Gleichmacherei“.⁴² Bei der Auslegung der Modulbaukastenstrategie ist zu beachten, den Entwicklern und Designern genügend Flexibilität zu lassen, damit Raum für die Differenzierung der Fahrzeugmodelle bleibt.

Im nachfolgenden wird die Modulbaukastenstrategie der Daimler AG näher erklärt.

³⁸ <http://autogramm.volkswagen.de> (07.01.2015)

³⁹ <http://autogramm.volkswagen.de> (19.11.2014)

⁴⁰ <http://www.handelsblatt.com> (20.11.2014)

⁴¹ <http://www.handelsblatt.com> (20.11.2014)

⁴² <http://www.handelsblatt.com> (20.11.2014)

1.3.3 Modulbaukastenystem bei der Daimler AG⁴³

Die Daimler AG hat seine PKW-Modulbaukastenstrategie „Modulstrategie 1.0“ 2007 ins Leben gerufen, um die erzielten Wachstumsziele bis 2020 zu erreichen. Ein Grundbaustein des Erfolgs ist die kontinuierliche Verbesserung, daher will die Daimler AG mit Hilfe dieser Strategie ihre Position in der Automobilindustrie verstärken. Ihr Ziel, wie bei jedem Hersteller, ist die Gewinnung neuer Kunden durch neue, noch attraktivere Produkte und die Beibehaltung aktueller Kunden.

Mit vorangeschrittener Entwicklung beinhaltet das aktuelle Programm „Modulstrategie 3.0“ schon 92 Fahrzeuge des Konzerns. Durch die systematische Modularisierung in den letzten 7 Jahren konnten die Kosten für Fertigungsmaterial bis zu 50 Prozent gesenkt, die Produktionszeiten verkürzt und gleichzeitig die Qualität und Ausstattung der Fahrzeuge verbessert werden.

Ein wesentliches Ziel der Daimler AG ist einen hohen Verblockungsgrad zu erreichen, und damit möglichst viele gleiche Module in möglichst vielen unterschiedlichen Fahrzeugmodellen zu verbauen. So etwas kann durch Entwicklung neuer Bauteile verwirklicht werden, die langfristig für möglichst viele Baureihen geeignet sind. Bei den Bauteilen ist es eine wichtige Vorgabe, dass die Module ohne zusätzlichen Änderungsaufwand ausgetauscht werden müssen.

Die Daimler AG unterscheidet zwischen drei unterschiedlichen Bauteilgruppen:

- Bauteile, die oft geändert werden
- Bauteile, die in der nahen Zukunft nicht geändert werden
- Bauteile, die ein relativ kleines Einkaufsvolumina haben.

Die letzten zwei Gruppen werden in der Strategie nicht miteinbezogen.

Anhand der Modulbaukastenstrategie will die Daimler AG die Anzahl der Plattformen in der Zukunft von Neun auf die folgenden Vier reduzieren:⁴⁴

- MFA (Modular Front Architecture): Frontangetriebene Fahrzeuge
- MRA (Modular Rear Architecture): Heckangetriebene Fahrzeuge
- MHA (Modular High Architecture): SUV Fahrzeuge
- MSA (Modular Sports Architecture): Sportfahrzeuge

Die Daimler AG kann aus diesen vier Modulbaukästen neue Derivate schnell ableiten und neue Fahrzeuge auf den Markt bringen. Natürlich betrifft dieses Konzept nicht nur die Bodengruppen der Fahrzeuge, sondern das ganze Fahrzeug. Die Bauteile können in fünf Hauptmodule gegliedert werden:

- Exterieur
- Interieur
- Fahrwerk
- Powertrain
- Elektrik / Elektronik

⁴³ Vgl. Interne Quelle der Daimler AG

⁴⁴ <http://www.autoevolution.com> (20.11.2014)

Die Daimler AG achtet sehr auf die Differenzierbarkeit der Bauteile. Aus fast jedem Bauteil werden Einstiegsmodelle entwickelt, damit kostengünstige Basismodelle angeboten werden. Diese Spreizung kann man auch bei den Neufahrzeugen der Daimler AG beobachten. Die Firma bietet jungen Leuten immer mehr attraktive Einstiegsmodelle an. So versucht die Daimler AG die Anzahl der verkauften Fahrzeuge zu steigern und mehr Umsatz zu generieren.

Die Modulstrategie betrifft nicht nur die Entwicklung, sondern den ganzen Konzern, wie Produktion, Einkauf, Controlling oder Vertrieb. Deswegen kommt der Vorstand regelmäßig zusammen, um den Weg der Zielerreichung kontinuierlich anzupassen und festzulegen. „Die Zielsetzungen der Strategie sind die folgenden:

- Generierung von Skaleneffekten
- Sicherstellung Produktsubstanz und Kostenzielerreichung
- Wahrung des Differenzierungsanspruch
- Generierung von zusätzlichen Potentialen
- Optimierte Nutzung der Modulstrategie-Vorteile⁴⁵

1.3.4 Modulbaukastenstrategie bei Unimog hochgeländegängig / Zetros

Weil die Daimler AG in Deutschland bei schweren Nutzfahrzeugen Modulbaukastensysteme schon seit Jahren in Verwendung hat, wurden auch diese Systeme in dieser Masterarbeit näher untersucht. Ein wesentliches Ziel der Studie war zu untersuchen, ob diese Systeme für die G-Klasse geeignet sind. Des Weiteren wurde analysiert, wie die Entwicklung in Deutschland die Bauteilvielfalt beherrscht und der Teileexplosion entgegenwirkt.

1.3.4.1 Baukastensystem von Unimog hochgeländegängig

Der Unimog ist eines der längst produzierten Fahrzeuge des Konzerns. Seit seiner Premiere 1948 wurde Unimog in unzählig vielen unterschiedlichen Varianten produziert.⁴⁶ Je nach Einsatzzweck, Größe oder Aufbau findet man unterschiedliche Unimog-Fahrzeuge auf der Straße. Aus diesem Grund hat die Daimler AG schon ziemlich früh die Entwicklung dieses Produktes effizienter gestaltet. Aufgrund der nicht so großen Stückzahl wäre ein eigenes Baukastensystem für den Unimog nicht wirtschaftlich gewesen, deswegen bedient sich die Unimog-Entwicklung aus dem LKW-Baukastensystem. Außerdem wurde die Konstruktion des Fahrzeuges auch logischer gestaltet, damit die vielen unterschiedlichen Modelle effizienter dargestellt werden können. Diese Änderungen werden in diesem Kapitel näher erklärt.

Über die Produktvielfalt der Unimog-Produktpalette gibt die nachfolgende Tabelle einen Überblick:

Tabelle 3: Variantenvielfalt von Unimog⁴⁷

	Anzahl der Varianten	Summe der Varianten
Baureihe	4	4
Radstand	2	7
Fahrerhaustypen	7	18

⁴⁵ Interne Quelle der Daimler AG

⁴⁶ <http://www.unimog-museum.com> (21.11.2014)

⁴⁷ Interne Quelle der Daimler AG

Motor / Leistung	3	24
Abgasstufe	3	43

Nicht jede Variante ist mit jeder Variante kombinierbar, darum ist die Anzahl der Varianten zurzeit auf 43 beschränkt. Das bedeutet, dass es 43 unterschiedliche Unimog-Modelle auf dem Markt gibt. Diese Vielfalt verursacht einen enormen Entwicklungsaufwand. Um diesen zu reduzieren, wurde folgender Ansatz gewählt.

Die Philosophie der Unimog-Entwicklung ist die Optimierung der Schnittstellen der nicht Übernahmehaubeile zu den Übernahmehaubeilen. Die Übernahme der Bauteile aus anderen Baureihen kann aus wirtschaftlichen Gründen dargelegt werden. Aufgrund dieser Philosophie wurden gewisse Bauteile sehr klug konzipiert. Zwei ausgewählte Beispiele der Optimierung werden nachfolgend präsentiert.

Ein wesentlicher Unterschied der Unimog-Fahrzeuge gegenüber normalen Fahrzeugen ist, dass es keine Lenkungsvariante gibt. Mit der VarioPilot® Wechsellenkung lassen sich das Lenkrad und die Instrumente um das Lenkrad herum bei Bedarf in jedem Fahrzeug verschieben. Mit Hilfe eines Mechanismus im Cockpit gibt es nur eine Lage des Lenkungsmechanismus. So wurde sowohl der Entwicklungsaufwand, als auch der Produktionsaufwand reduziert. Bei neuen Motoren kann eine Feasibility-Studie viel rascher durchgeführt werden, weil nur eine Lenkungsvariante zu berücksichtigen ist. Natürlich basiert diese Einzigartigkeit des Produktes auch auf den Wünschen der Kunden, da im Kommunalbetrieb (Schneepflug, Straßenreiniger usw.) die Fahrzeuge so besser zum alltäglichen Einsatz geeignet sind.

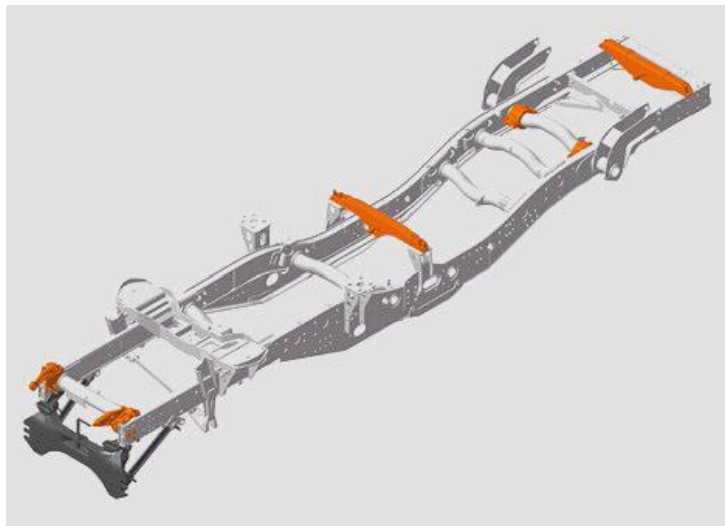


Abbildung 10: Rahmen des Unimogs hochgeländegängig⁴⁸

Ein anderer Vorteil der Unimog-Konstruktion ist der Aufbau des Rahmens. Der Rahmen besteht aus zwei Längsträgern mit offenem Profil und geschraubten Querrohren (siehe Abbildung 10). An den zwei Längsträgern befinden sich vorgestanzte Löcher, die eine mögliche Änderung des Rahmens einfacher ermöglichen. Bei Verschiebung / Austausch eines Querträgers, oder Befestigung eines zusätzlichen Halters am Rahmen benötigt man keine neue Rahmenvariante in der Stückliste.

⁴⁸ <http://www.croy.cz> (24.11.2014)

Dadurch entsteht ein erheblicher Vorteil, da eine unübersichtliche Stückliste Missverständnisse verursachen kann. Natürlich bewirkt diese Flexibilität Änderungen in der Produktion, aber diese werden später näher erklärt.

Wie bereits oben erwähnt wurde, übernimmt Unimog viele Bauteile der LKW-Sparte von Daimler, wie zum Beispiel Heizungs-, Lüftungs- und Klimasysteme oder Motoren.

Um Transparenz bei der großen Anzahl an Varianten im gesamten Unternehmen zu garantieren, wurde bei Unimog ein Variantenbaum erstellt, mit dem man nachvollziehen kann, welche Modelle aktuell auf dem Markt sind (siehe Abbildung 11). Die Darstellung besteht aus den für das Unternehmen wichtigsten Eigenschaften des Fahrzeuges. Diese Abbildung ist nicht detailliert genug, um eine Angebotsanfrage beantworten zu können, aber liefert Transparenz im Unternehmen.

Aufgrund der ähnlichen Stückzahlen, Verwendungszwecke und des Aufbaus bzw. der Historie von Unimog und der G-Klasse ist die Analyse der Unimog-Entwicklung für die MBG GmbH sehr vorteilhaft.

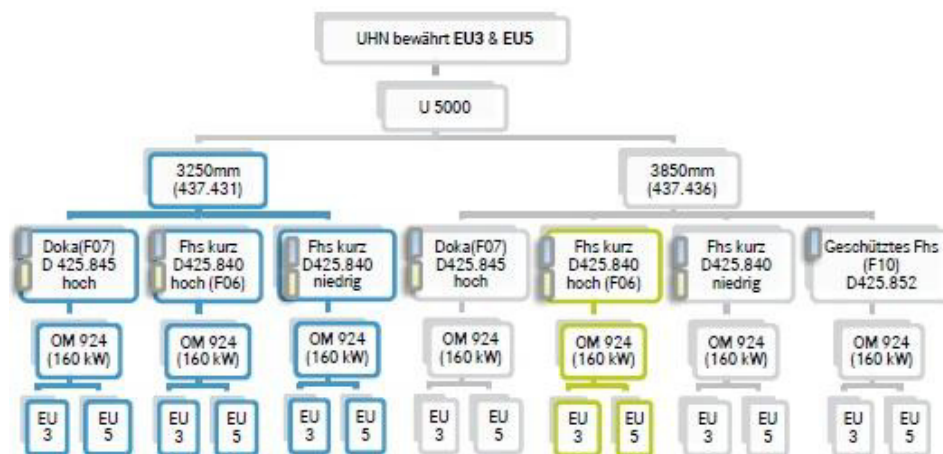


Abbildung 11: Teil des Unimog-Variantenbaums⁴⁹

1.3.4.2 Baukastensystem von Zetros

Die Daimler AG hat 2008 den Zetros als sein neuestes Nutzfahrzeugmodell präsentiert. Mit dem hochgeländegängigen LKW versucht das Unternehmen in einer neuen Nutzfahrzeugklasse Kunden zu gewinnen. Die Klasse „schwergeländegängige“ Nutzfahrzeuge fordert eine große Auswahl an Produkten, da in dieser Sparte Katastrophenhilfe-, Großbaustellen- oder diverse Militärfahrzeuge angeboten werden.⁵⁰ Unterschiedliche zulässige Achslasten, Rahmenüberhänge oder Änderung des Schutzzumfangs sind üblich in diesen Nutzfahrzeugklassen. Der Zetros ist als „Benchmark“-Baukastensystem sehr gut geeignet, weil die Entwicklung erst vor ca. 10 Jahren begonnen hat.

Der Zetros ist kein Großserienprodukt, deswegen arbeitet die Entwicklung auch nicht mit einem echten Baukastensystem. Die Philosophie ist ähnlich wie beim Unimog. Die benötigten Bauteile werden aus dem LKW-Baukastensystem übernommen. Die Schnittstellen zu diesen Bauteilen werden optimiert, damit die Übernahme keinen großen Aufwand verursacht. Aus dem Grund, dass

⁴⁹ Interne Quelle der Daimler AG

⁵⁰ <http://media.daimler.com> (21.11.2014)

die Produkte nicht die gleichen Marktanforderungen haben, sind die Bauteile anders gestaltet. Die Entwicklung versucht möglichst viele Gleichteile in möglichst vielen Modellen zu verbauen und achtet darauf, dass neue Derivate einfach abgeleitet werden können.

Die Übernahmebauteile aus dem LKW-Baukasten sind die folgenden:

- Cockpit
- Stirnwand
- Lenkrad, Bedienelemente
- Motoren, Getriebe
- Achsen
- Rahmen
- Anbindungsteile
- Abgasanlage
- Elektrik- / Elektronikbauteile

Die Anzahl der dokumentierten Bauteile ist bei den unterschiedlichen Varianten ein wesentlicher Punkt. Je weniger Bauteile in einem Dokumentationssystem eingetragen sind, desto übersichtlicher ist das System auch für die Mitarbeiter. Ein gutes Beispiel für eine derartige Gestaltung der Konstruktion ist der Rahmen von Zetros. Es gibt drei unterschiedliche Rahmenüberhänge: kurz, normal und extralang. Der Längenunterschied zwischen kurzem und normalem Rahmen liegt bei 350 mm, zwischen normalem und extralangem Rahmen liegt er bei 600 mm. Die Ursache, warum die Längenunterschiede nicht immer gleich sind, kann folgendermaßen begründet werden. Die längeren Rahmenvarianten sind vom Markt gefragter (aufgrund unterschiedlicher Aufbauten), aber die Rahmenüberhänge sind nicht immer gleich. Anstatt alle möglichen Längen zu dokumentieren wird bei Zetros nur ein extralanger Rahmen dokumentiert, der bei Bedarf auf den gewünschten Überhang angepasst wird.

Beim Zetros wurde auch die Produktvielfalt dargestellt. Es ist interessant zu sehen, dass Produkte, die unterschiedliche Märkte bedienen, auch unterschiedliche Variantenbäume aufweisen. Die wichtigsten Eigenschaften des Fahrzeuges sind ganz unterschiedlich bzw. die Art und Weise der Darstellung ist auch nicht gleich. Im Vergleich gab es bei Unimog fünf Haupteigenschaften (Baureihe, Radstand, Fahrerhaustyp, Motorisierung, Abgasstufe), bei Zetros ist die Auflistung viel detaillierter. Die Tabelle beinhaltet unterschiedliche Achsübersetzungen, Getriebevarianten, Kupplungen oder Gelenkwellen.

1.3.4.3 Produktion bei Zetros und Unimog

Die flexiblen Lagen der Bauteile (zum Beispiel: Lage des Querträgers am Rahmen) verursachen einen Zusatzaufwand in der Produktion. Um die Änderungen bei Sonderfahrzeugen der Produktion einfacher mitzuteilen, arbeitet die Entwicklung von Zetros und Unimog mit einem auf der Business Administrationssoftware SAP basierenden System. Die Bauteile werden nicht nur mit diesem System dokumentiert, sondern auch in der Einbaulage positioniert. So kann bei jeder Bandstation der aktuelle Arbeitsschritt am Bildschirm mitverfolgt werden. Zum Beispiel kann sich ein Mitarbeiter am Band beim Rahmen die Lochbilder des jeweiligen Fahrzeuges am Bildschirm anzeigen lassen. Infolge dessen verursacht der modulare Aufbau der Fahrzeuge wenig Mehraufwand in der Produktion, da mit Hilfe der Software der Mitarbeiter über den jeweiligen Arbeitsschritt immer informiert wird. Da

dieses System ein Echtzeitsystem ist, ist der Informationsstand in jedem Unternehmensbereich zu jedem Zeitpunkt gleich.

2. Ausgangssituation der G-Klasse

2.1 Produktvielfalt der G-Klasse

Wie schon in der Einführung erwähnt, ist die BR461 von einer großen Produktvielfalt geprägt. Serienmäßig werden bereits 4 unterschiedliche Karosserievarianten angeboten, aber durch die divergierenden Anforderungen der Kunden im Militärbereich existiert eine große Anzahl an Sondermodellen der G-Klasse. Die Firma MBG GmbH wird jedes Jahr von neuen und wiederkehrenden Kunden beauftragt, militärische oder zivile Fahrzeuge für unterschiedliche Einsatzzwecke herzustellen. Aus diesem Grund ist die Beherrschung der Produktvielfalt eine Kernaufgabe des Unternehmens. Diese Produktvielfalt und die damit verbundenen Probleme werden in diesem Kapitel näher erklärt.

In der BR461 gibt es vier Hauptbaumuster:

- Die **Bauausführung 6** (im Weiteren **BA6**) ist das älteste und bekannteste Modell der G-Klasse Familie (siehe Abbildung 12). Die Ausführung besitzt die typische G-Klasse Form und wird fast überall auf der Welt als G-Klasse erkannt. Der Radstand dieses Modelles beträgt nur 2850mm und somit ist das Fahrzeug ein sehr wendiger Geländewagen. Zurzeit ist dieses Modell das einzige Modell der BR461, das nicht nur für militärische Kunden erhältlich ist. Aus diesem Grund kann man auch öfters genau dieses Modell auf der Straße erblicken. Das Fahrzeug ist geeignet für unterschiedliche Einsatzzwecke, wie Personentransporter, Begleit- oder Funkfahrzeug. Dieses Baumuster hat keine Ladefläche hinter der Rückwand, deswegen ist die Erweiterungsmöglichkeit dieses Modelles begrenzter als bei den anderen Bauausführungen. Das Modell ist in unterschiedlichen militärischen Schutzklassen (VR6 und VR7) erhältlich.



Abbildung 12: Bauausführung 6 der G-Klasse

- Die **Bauausführung 9** (im Weiteren **BA9**) unterscheidet sich von der BA6 durch einen längeren Radstand, den Karosserietyp und eine andere Spurweite (siehe Abbildung 13). Dieses Mehrzweckfahrzeug besitzt eine große Ladefläche hinter der Einzelkabine, die sich sehr gut für mittelgroße Aufbauten eignet. Infolge eines zulässigen Gesamtgewichtes von 4300 kg ist dieses Fahrzeug immer als Nutzfahrzeug zugelassen und dementsprechend ist das Fahren mit dem Führerschein der Klasse B unter Normalbedingungen nicht gestattet. Aufgrund der doch recht kleinen Außenmaße des Fahrzeuges und der Variabilität, ist dieses Modell oft nachgefragt.



Abbildung 13: Bauausführung 9 der G-Klasse

- Die **Bauausführung 11** (im Weiteren **BA11**) ist das größte Modell der BR461-Familie. Das Fahrzeug hat drei angetriebene Achsen mit fünf Differentialsperren und einen großen Laderaum hinter einer Doppelkabine (siehe Abbildung 14). Das Modell besitzt ein zulässiges Gesamtgewicht von 6500kg. Die Bauausführung wurde ursprünglich für die australische Armee entwickelt. Aufgrund des weiteren Interesses anderer Heere ist dieses Modell nach dem Ablauf des Projektes im Produktportfolio geblieben. Dieses Modell ist die einzige G-Klasse, die außen mit Hubschrauber transportierbar ist. Ein möglicher Schutzzumfang ist für diese Bauausführung erhältlich.



Abbildung 14: Bauausführung 11 der G-Klasse

- Das Modell **LAPV** (Bedeutung: Light Armoured Patrol Vehicle) ist ein leicht-gepanzertes Patrouillenfahrzeug auf der Basis der BA6 (siehe Abbildung 15). Das Modell hat ein geschütztes Monocoque statt der Karosserie, und einen Mienenschutz unterhalb des Fahrzeuges. Der Schutzzumfang bietet Schutz gegen improvisierte Sprengsätze, konventionelle Minen und direkten Gewehrbeschuss (STANAG Level 2).⁵¹ Obwohl das Fahrzeug aufgrund des Schutzzumfanges ein relativ hohes Leergewicht hat, ist es agil geblieben bzw. eignet sich für den Transport kleinerer Ladungen. Je nach Bedarf kann der

⁵¹ Vgl. Interne Quelle der Daimler AG

Laderaum geschützt bzw. ungeschützt ausgeführt werden. Aufgrund des speziellen Aufbaus unterscheidet sich dieses Modell am meisten von den anderen Modellen.



Abbildung 15: LAPV

Die nachfolgende Tabelle liefert einen Überblick über die wichtigsten technischen Daten der G-Klasse:

Tabelle 4: Technische Daten der BR461⁵²

	BA6	BA9	BA11	LAPV
Radstand	2850 mm	3428 mm	3120 + 1110 mm	2850 mm
Spurweite	1475 mm	1555 mm	1555 mm	1555 mm
Anzahl der Sitzplätze	2-4	2	4	4
Aufbau möglich?	nein	ja	ja	nein
ZGG	3200 – 4800 kg	4300 kg	6500 kg	5400 kg



Abbildung 16: Modellausführung LRPV der G-Klasse

Außer den angeführten Modellen wurde die G-Klasse schon in vielen anderen Varianten produziert. Auch Doppelkabine mit BA9-Fahrwerk oder verlängerte Einzelkabine mit BA11-Fahrwerk wurden schon von Kunden bestellt. Die Vielfältigkeit der G-Klasse kann man an einem neuen Sondermodell

⁵² Interne Quelle der Daimler AG

auch begutachten (siehe Abbildung 16). Das Basismodell ist ein BA11, das für einen im Militärbereich spezialisierten Dienstleister umgebaut wird. Der Monocoque-Minenschutz, die kippbaren Windschutzscheiben oder die abnehmbare Türe sind Bauteile, die in der Serie nicht angeboten werden.

Aus dem Grund, dass sich die BR461 in den letzten 35 Jahren nicht so viel geändert hat, ähneln sich die Fahrzeuge sehr, was zu Unklarheiten hinsichtlich Fahrzeugkenngrößen im Unternehmen führen kann. Die Optimierungspotentiale aus diesem Umstand heraus werden in den nächsten Kapiteln näher erklärt.

2.2 Angebotsprozess bei der G-Klasse

Die Produktvielfalt entsteht vor allem bei militärischen Projektfahrzeugen, deswegen wurde der Angebotsprozess mit dem Ziel überprüft, Verbesserungspotentiale hinsichtlich einer besseren Zusammenarbeit von Entwicklung und Vertrieb zu suchen. Grund der Analyse war, dass in der Vergangenheit aufgrund von Unstimmigkeiten zwischen Entwicklung und Vertrieb, Angebote nicht entsprechend bearbeitet werden konnten.

Im nachfolgenden wird der Ablauf des Angebotsprozesses bei einem Militärprojekt näher erklärt:

1. Unverbindliche Markterhebung im Vorfeld durch einen Kunden. Im Rahmen dieser Markterhebung erkundigt sich der Kunde nach der Marktsituation und möglichen potentiellen Fahrzeugen
2. Aussendung einer Informationsabfrage (offizieller Name: Request for Information, im weiteren RFI) an die vorausgewählten Fahrzeughersteller. Zu diesem Zeitpunkt werden noch keine technischen Lösungen des Produktes angefragt, nur grundlegende Informationen, wie Lieferzeit, Listenpreis oder Stückzahl
3. Die geforderten Informationen werden vom jeweiligen Hersteller an den Kunden geliefert
4. Vorauswahl wird von dem Kunden getroffen
5. Aussendung einer Angebotsanfrage (offizieller Name: Request for Quotation, im weiteren RFQ) an die ausgewählten Fahrzeughersteller. Diese Anfrage beinhaltet schon technische Spezifikation der gewünschten Fahrzeuge
6. Ausarbeitung der technischen Anforderungen
7. Rückmeldung des Herstellers hinsichtlich der Machbarkeit des gewünschten Fahrzeuges
8. Evaluierung der Angebote des Kunden
9. Verhandlungsrunde zwischen Kunden und Herstellern (beinhaltet Stückpreis und technische Umfänge des Fahrzeuges)
10. Auswahl und Beauftragung eines Herstellers

Wie die Zusammenfassung des Angebotsprozesses zeigt, ist ein Projekt nicht einfach zu realisieren. Da der Ansprechpartner des Kunden immer der Vertrieb ist, ist die perfekte und schnelle Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb vor Projektbeginn als auch während der Projektbearbeitung unerlässlich. Im Militärbereich sind Sonderwünsche seitens Kunden üblich. (Militärfahrzeuge sind grundsätzlich keine Serienfahrzeuge.) Ein Beispiel zeigt, wenn der Kunde ein BA11-Fahrzeug mit Einzelkabine kaufen möchte, muss die Anfrage innerhalb von 2-3 Wochen beantwortet werden. Die Antwort beinhaltet, ob der Wunsch möglich ist bzw. was der Zusatzaufwand kostet. Eine wichtige Basis dafür ist der gleiche und aktuelle Informationsstand in jedem Unternehmensbereich.

Bei der G-Klasse arbeiten die Entwicklung und der Vertrieb an verschiedenen Standorten. Während die Entwicklung der G-Klasse in Raaba (Österreich) arbeitet, ist der Sitz des Vertriebs in Möhringen (Deutschland). Infolge dessen ist die Zusammenarbeit nicht so einfach. Leider sind in der Vergangenheit aufgrund der unterschiedlichen Informationsbasis Missverständnisse zwischen den zwei Unternehmensbereichen aufgetreten. Die Kooperation zwischen Entwicklung und Vertrieb zeigt Verbesserungspotentiale, die in dieser Arbeit noch angeführt werden.

2.3 Angebotsprozess von Unimog / Zetros hinsichtlich Zusammenarbeit von Entwicklung und Vertrieb

Der Ablauf des Angebotsprozesses bei Unimog / Zetros ist sehr ähnlich wie bei der G-Klasse, da die Fahrzeugbeschaffung im Militärbereich standardisiert ist. Der große Unterschied liegt in der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb. Diese Kooperation wird in diesem Kapitel detaillierter behandelt.

Wie im letzten Kapitel erklärt wurde, ist die gleiche Informationsbasis in jedem Unternehmensbereich unerlässlich. Aus diesem Grund erstellt die Entwicklung von Unimog / Zetros Unterlagen für den Vertrieb. In weiterer Folge werden zwei Beispiele dieser Unterlagen näher behandelt.

- **Technisches Handbuch:** In dieser Unterlage werden zum Beispiel technische Vorteile der Sonderausstattungen oder grundlegende Arbeitsprinzipien der Bauteile erklärt. Alle Sonderausstattungen werden abfotografiert und beschrieben. Mit Hilfe dieses Handbuchs kann der Vertrieb die Kundenanfragen schneller beantworten.
- **Codeübersichtsbuch:** Die Sonderausstattungen der Modelle werden in diesem Buch je nach Verwendungszweck in Gruppen eingeteilt. Zum Beispiel wenn der Kunde eine andere Achsübersetzung benötigt, kann der Vertriebsvertreter alle möglichen Achsübersetzungsvarianten in diesem Buch finden. Die Idee der Einteilung der Sonderausstattungen ist nicht neu, denn fast jeder PKW hat so eine Broschüre. Die systematische Einteilung nach technischen Gesichtspunkten der Ausstattungen hilft ebenfalls sehr wesentlich im Militärbereich. Zu diesem Buch gehört auch noch eine Excel-Tabelle, in der sich die Gültigkeiten der Sonderausstattungen befinden.

Obwohl beide Unterlagen von der Entwicklung ausgearbeitet wurden, bot auch der Vertrieb bei der Erstellung seine Hilfe an, da die Unterlagen vor allem für den Vertrieb sind. Natürlich bedeuten die Bücher Mehraufwand für die Entwicklung, doch wenn mit Hilfe dieser Bücher Fehler (zum Beispiel fehlerhafte Bearbeitung eines Angebotes) vermieden werden können, hat sich die Arbeit gelohnt.

Ein anderes Beispiel der Zusammenarbeit kann mit den angebotenen Sonderausstattungen demonstriert werden. Jedes Jahr setzen sich Vertrieb und Entwicklung zusammen, um die technischen Umfänge des Fahrzeuges zu besprechen. Eine solche Besprechung ist überdies sinnhaft, da der Vertrieb die Marktanforderungen besser kennt und die Entwicklung diese Anforderungen technisch beschreiben und beantworten kann. Folgende Fragen werden im Rahmen dieser Besprechung diskutiert:

- Gibt es Sonderausstattungen, die weniger als 10 Stück pro Jahr bestellt werden?
- Falls ja, möchten wir diese Sonderausstattungen in der Zukunft weiter anbieten?
- Was verlangt der Markt?
- Ist das Produktportfolio noch immer wünschenswert auf dem Markt?
- Mit welcher Stückzahl werden neue Änderungen gefordert?
- Was ist technisch möglich / unmöglich?

Am Ende der Besprechung werden alle Fragen beantwortet und das Angebot für das nächste Jahr festgelegt. Auf dieser Weise kann die Zusammenarbeit verstärkt werden.

2.4 Ermittlung der Potentiale bei MBG GmbH

Die MBG GmbH ist eine historisch gewachsene Organisation, deswegen hat sie viele historisch mitgewachsene Prozesse. Ein Beispiel ist die Organisationsstruktur der MBG GmbH, die heutzutage eher unüblich erscheint. Es gibt eine Abteilung zwischen dem Vertrieb und der Entwicklung, die Technik heißt. Diese Abteilung ist unter anderem für das Projektmanagement zuständig. Das heißt, wenn der Vertrieb einen Ansprechpartner bezüglich einer technischen Änderung braucht, kommt der Ansprechpartner nie aus der Entwicklung sondern aus der Abteilung Technik.

Um eine bessere Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb erzielen zu können, wurde zuerst der festgelegte Prozess für die Projektbearbeitung untersucht (siehe Abbildung 17). Ziel der Kontrolle war es, Verbesserungspotential zu finden.

Der Prozess wurde 2010 folgendermaßen festgelegt:

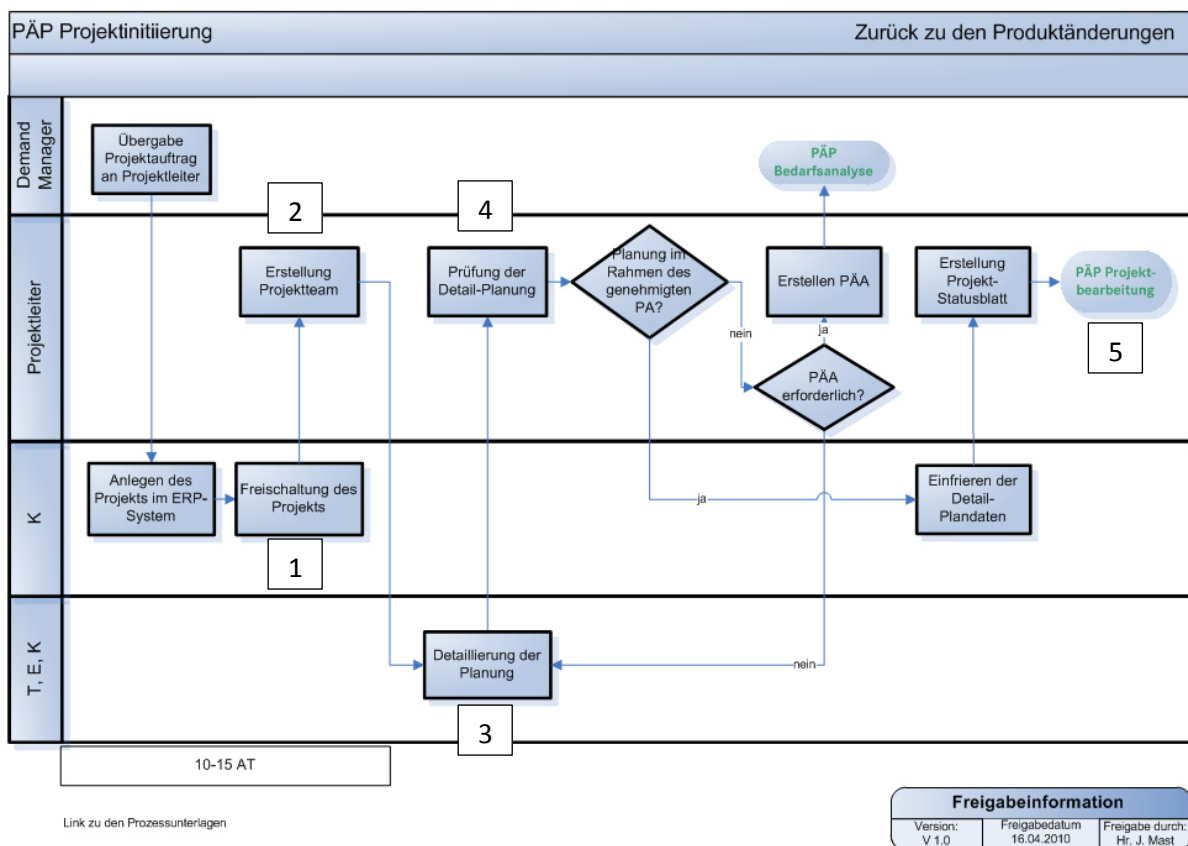


Abbildung 17: Angebotsprozess der G-Klasse (Stand 2010)⁵³

Nachdem das Projekt freigeschalten wurde (Schritt 1), wird ein Projektteam erstellt (Schritt 2). Dieses Projektteam besteht am Anfang nur aus den Abteilungen Einkauf, Strategie, Vertrieb und Technik und wird erst später mit der Abteilung Entwicklung ergänzt. Im Rahmen einer Besprechung (Schritt 3) wird der Projektinhalt dem Projektteam präsentiert. Danach bestätigt jedes Team die Machbarkeit des jeweiligen Projektinhaltes, und dann wird die Detail-Planung überprüft. Falls alles im Rahmen des genehmigten Projektumfangs ist, wird das Projekt gestartet (Schritt 5).

⁵³ Interne Quelle der Daimler AG

Aus der Entwicklungssicht ist das größte Problem, dass die Prozessbeschreibung keine Verifizierung beinhaltet, ob etwas technisch machbar ist und somit ein gewisses Maß an Entwicklungsrisiko besteht. Obwohl unter dem Punkt „Detailierung der Planung“ beschrieben wird, dass jede Abteilung die Machbarkeit ihres Umfangs bestätigt, gibt es keine Möglichkeit den technischen Umfang zu überarbeiten. Sobald die Bestätigung dem Projektleiter geliefert wurde, kontrolliert der Projektleiter nur, ob das Projektbudget eingehalten wird.

Auch in der Entwicklung ist nicht alles machbar, selbst wenn Zeit und Budget vorhanden sind. Es gibt unter anderem Änderungswünsche, die längere Entwicklungszeiten oder erhebliche Erhöhung des Budgets verursachen.

Ein anderes Problem stellt sich mit diesem Prozess, da dieser nicht wie beschrieben gelebt wird. Bei Schritt 3 ist die Entwicklung grundsätzlich nicht dabei, höchstens der Entwicklungsleiter. Die technische Bewertung der Umfänge (inkl. Zeitplan, Aufwand usw.) wird im Allgemeinen von einem ehemaligen Projektleiter bestätigt. Es fehlt eine zuständige Person aus der Entwicklung, die den Änderungsumfang bestätigt. Es ist möglich, dass aufgrund technischer Änderungen in den letzten Jahren gewisse Vorstellungen nicht realisierbar sind, obwohl diese vor ein paar Jahren noch umsetzbar waren.

Als Beispiel könnte die Beschreibung schematisch so dargestellt werden:

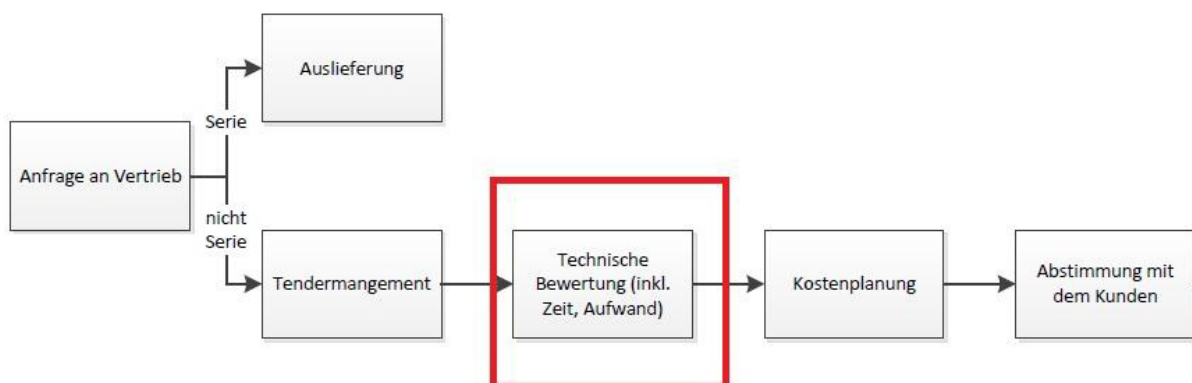


Abbildung 18: Vorschlag für einen effektiveren Entwicklung-Vertriebs-Prozess

Die Prozesse in der Abbildung 18 müssen noch vor dem Start des eigentlichen Projektes (siehe Abbildung 17) erfolgen. Der Begriff Tendermanagement beschreibt den Ablauf eines MBG internen Sonderprojektes.

Wenn die Entwicklung einen eigenen Schritt in der Prozessbeschreibung hätte, würde die technische Bewertung der Modifikation(en) nie ausfallen. Außerdem gäbe es einen Arbeitsschritt „Abstimmung mit dem Kunden“, in dem die technischen Umfänge noch einmal mit dem Kunden abgestimmt werden könnten.

Ein anderer Nachteil des bestehenden Prozesses liegt darin, dass sich der Vertrieb bei einer möglichen Streichung einer Sonderausstattung nicht mit der Entwicklung sondern mit der Abteilung Technik abspricht, die auch für die technische Dokumentation des Fahrzeuges zuständig ist. Das heißt, die Entwicklung wird erst nach der Streichung darüber informiert, dass eine oder mehrere

Sonderausstattungen in der Zukunft nicht erhältlich sein werden. So wird der unerlässliche gleiche Informationsstand im Unternehmen nicht gewährleistet.

Um dieses Problem zu beheben, könnte die MBG GmbH die Sonderausstattungen in Gruppen einteilen und den Mitarbeitern zukommen lassen, wie es Unimog und Zetros schon seit Jahren machen. Die wichtigste Frage der Einteilung ist die Anzahl und Bezeichnung der Gruppen. Um einen logischen Aufbau zu haben, könnte das Codeübersichtsbuch von Unimog / Zetros als Basis dienen und passend überarbeitet werden.

Im Rahmen dieser Masterarbeit hat die nachfolgend dargestellte Zusammenfassung der Sonderausstattungen erfolgt. Aufgrund des nicht einheitlichen Ablagesystems und des teilweise bestehenden Informationsmangels hat diese Tätigkeit einen großen Teil der Masterarbeit beansprucht. Die Bezeichnungen des Unimog / Zetros Codeübersichtsbuchs wurden angepasst und die Sonderausstattungen in Gruppen eingeteilt. Ein Teil dieser Sonderausstattungseinteilung sieht wie folgt aus:

Elektrik / Elektronik E25 – Batterie 12V/45 Ah, Gel E30 – Batterie-Hauptschalter E31 – Fremdstartsteckdose E33 – Batterieauptschalter integriert in Zündschloß E40 – Steckdose, 2-/7-polig, 24V/7,5A E41 – Steckdose 12-polig, 24V im Heckbereich außen E42 – Steckdose 7-polig 24V im Heckbereich E43 – Steckdose 13-polig, 12V im Heckbereich außen (Paket Q50) E45 – Steckdose 10-polig zur Ladeerhaltung E48 – Vorrüstung Satcom E49 – Vorrüstung Störsender E56 – Vorrüstung Funk E58 – Vorrüstung Fueinfoys (inkl. GPS) E86 – Funkverkabelung E89 – Signalbalken EA1 – Vorrüstung GPS ER4 – EMV nach Mil-Std 461F RE102 ES0 – Bordnetz 12V ES2 – Bordnetz 12V/24V ES8 – EMV in Anlehnung an Mil-Std 461E	Sitze S18 – Sitzneigungsverstellung vorne links (Paket SE1) S19 – Sitzneigungsverstellung vorne rechts (Paket SE1) S20 – Sitzgestell klappbar vorne rechts S26 – Sitzgestell klappbar vorne links S27 – Ablagebox seitlich unter Sitz vorne rechts S28 – Ablagebox seitlich unter Sitz vorne links S53 – Einzelsitz hinten links (Paket SM5) S54 – Einzelsitz hinten rechts (Paket SM5) S57 – Einzelsitz hinten rechts klappbar S71 – Längssitzbank hinten rechts S72 – Längssitzbank hinten links SD0 – Kindersitzbefestigung ISOFIX SM4 – Sitzanlage Professional, 4-sitzig SP3 – Polsterung Leder, schwarz U40 – Sitzbespannung Kunstleder einfarbig U45 – Ausstattung Stoff (Paket VS1) U46 – Ausstattung Leder V03 – Sitzbespannung bronzegrün V18 – Innenausstattung schwarz (Paket VS1) V63 – Gepäcknetze an Rücklehnen der Vordersitze YW7 – Staubox zwischen Fondsitze	Anbau- und Befestigungsteile (Exterieur) C71 – Unterfahrschutz hinten C74 – Rammschutz, schwarz lackiert D46 – Dachgepäckträger ES6 – Vorrüstung für Antenne an Kotflügel, vorne rechts ES7 – Vorrüstung für Antenne F46 – Scheinwerfer-Reinigungsanlage (Paket FP1) F68 – Außenspiegel elektrisch verstell- und beheizbar (Paket FP1) F59 – Motorhaube begehbar FK3 – Außenteile Matt FP4 – Halter für Flagge vorne links FP5 – Halter für Flagge vorne rechts G50 – Vorrüstung für nachträglichen Einbau Seilwinde (Paket G53) L30 – Steinschlagschutzgitter für Scheinwerfer (Paket LP0) L31 – Steinschlagschutzgitter für Blinkleuchten vorn (Paket LP0) LB0 – Blinkergläser weiß LH4 – Schutzgitter für Heckleuchten P47 – Schmutzfänger vorne P48 – Schmutzfänger hinten T84 – Trittbrett seitlich Z83 – Hebeösen ZV0 – Verzurrpunkte für Bahnverladung an Längsträger
Reifen I88 – Bereifung 265/75 R16 All Terrain (auf RF1/Ry3) I92 – Bereifung 285/75 R16 All Terrain (auf RL2) I93 – Bereifung 265/70 R16 All Terrain (auf RL3) I94 – Bereifung 265/70 R17,5 Street Terrain (auf RF3) I95 – Bereifung 265/70 R17,5 Mud Terrain (auf RF3) IES – Bereifung 265/75 R16 Mud Terrain (auf RF1/Ry3) IM0 – Bereifung 245/75 R16 Mud Terrain (auf RL3) IM1 – Bereifung 245/75 R16 Street Terrain Winterreifen (auf RF1) RY3 – Notlaufsystem	Instrumente, Kontrollgeräte EF2 – Radio Audio 10 mit Single CD-Laufwerk EG0 – Beleuchtung für Lüftungsschalter ER0 – Vorrüstung Radio 12V EU5 – Radio mit CD, 24V J11 – Tachometer (Beschriftung Meilen) J39 – Betriebsstundenzähler und Spannungsanzeiger 12V/24V (Paket G53) Y23 – Kommunikationsanlage, Lautsprecher und Mikrophon	Heizung und Belüftung H02 – Klimaanlage manuell H10 – Sitzheizung für Fahrer und Beifahrer H12 – Standheizung (Paket HP2) HH7 – Zusatzklimaanlage im Fond

Abbildung 19: Auszug der Einteilung der Sonderausstattungs-codes

Durch die Instandhaltung so einer Tabelle könnte in Zukunft der Fehler vermieden werden, dass dem Kunden nicht die richtige Sonderausstattung angeboten wird.

Ein möglicher Verbesserungsvorschlag wäre auch die Einführung einer „baukastensystembasierten“ Software. Dadurch, dass die Entwicklung und der Vertrieb innerhalb des Unternehmens räumlich und organisatorisch getrennt sind, wäre eine von der Entwicklung mit Daten befüllte Datenbank vorteilhaft für den Vertrieb. Die Software könnte wie ein Fahrzeug-Konfigurator funktionieren, mit deren Hilfe der Vertrieb die Angebote schneller bearbeiten könnte. Diese Software könnte auch die wichtigsten Informationen für die Vertriebs-Entwicklung Zusammenarbeiten enthalten. Die Idee der

Einführung der Software ist ein wesentlicher Bestandteil dieser Masterarbeit, aus diesem Grund werden sie und andere Möglichkeiten im Kapitel 3 näher behandelt.

3. Machbarkeitsanalyse eines Baukastensystems

3.1 Erhebung, Analyse und Priorisierung der technischen Daten der G-Klasse

Die Zukunft der G-Klasse war jahrelang nicht sicher. Aufgrund der stagnierenden Absatzzahlen und der immer wieder notwendigen kostenintensiven technischen Anpassungen hat sich die Daimler AG über Jahre überlegt, die Produktion und somit die Entwicklung der G-Klasse zu beenden. Aus diesem Grund hat die Daimler AG die in Deutschland eingeführten Standardprozesse bei der MBG GmbH nicht implementiert. Nach den seit 2008 kontinuierlich steigenden Absatzzahlen hat sich die Daimler AG 2012 für die Beibehaltung des Modells und für den Standort Graz entschieden. Doch zu diesem Zeitpunkt hatte die Entwicklung schon andere Standardprozesse, die Unklarheiten im Unternehmen verursachten.

Wie schon im vorigen Kapitel erwähnt wurde, hat sich das Fahrzeug seit der Entwicklung der Ur G-Klasse kaum geändert. Dies führte dazu, dass die Entwicklung am Standort Graz anders gestaltet ist, als gewohnt. Die Entwickler sind im Allgemeinen für die Serienbetreuung bzw. kleinere Modifikationen der G-Klasse zuständig. Es gibt viele Gewohnheiten innerhalb der Entwicklung, die den Erfolg der G-Klasse beeinträchtigen können. Diese Prozesse entsprechen nicht den Standards der Daimler AG und bewirken außerdem keine Transparenz in der Entwicklung. Diese Probleme und mögliche Verbesserungen der Entwicklung werden in diesem Unterkapitel näher behandelt.

Diese Besonderheit der Entwicklung hat mit der Zeit dazu geführt, dass der Wissensstand in der Entwicklung personenabhängig geworden ist. Das bedeutet, dass das Wissen nicht durchgängig in der gesamten Entwicklung vorhanden ist. Es gibt natürlich Informationen, die jedem zur Verfügung gestellt werden, aber zum Beispiel das Team Gesamtfahrzeug, das für die technischen Informationen der G-Klasse zuständig sein sollte, besitzt nicht alle Angaben. Grundlegende Informationen (zum Beispiel Böschungswinkel, Rampenwinkel usw.) sind schon seit Jahren im Unternehmen abzuklären. Aus diesem Grund werden, bevor in die Verbesserung der Entwicklung-Vertrieb Zusammenarbeit eingegangen wird, die Verbesserungspotentiale in der Entwicklung analysiert und aufgezeigt.

Die Zusammenarbeit war in der Vergangenheit nicht nur zwischen den Abteilungen Entwicklung und Vertrieb nicht optimal, sondern auch zwischen den Abteilungen Entwicklung und Technik. Die Ausgangssituation im Juli 2014 kann mit einem einfachen Beispiel demonstriert werden und zwar mit der Dokumentation der Fahrwerksteile. Infolge der Produktvielfalt an Fahrwerkvarianten der G-Klasse sollte jedes Bauteil einen „Gewichtscod“ besitzen, mit dessen Hilfe jedes Bauteil in der Stückliste einer Fahrzeugkonfiguration zugeordnet werden kann. Leider ist es nicht der Fall wenn man die Stückliste näher überprüft (siehe Abbildung 20). Es gibt Achsen, die keinen Code besitzen bzw. es gibt Achsen, die eine andere Codebedingung haben. Ein anderes Problem mit der Stückliste ist, dass gewisse Achsen (wie zum Beispiel die Achse A461 330 52 97) mehrmals in der Liste eingetragen sind. Diese Ungereimtheiten in der Dokumentation haben nicht nur einmal zu Missverständnissen in der MBG GmbH geführt. Daher wäre eine Stücklistenbereinigung oder eine andere Dokumentationsart sehr vorteilhaft nicht nur für die Entwicklung.

IKF	POS	PV	WW	ST	Teil	BK-KZ	ZB	Benennung	Codebedingung	LK	V	ME	FAK MG	R FAK	FAS MG	R FAS	F
GS	0100			01			POS	(VORDERACHSE)									
GS	0100	025		01	A 463 330 67 00		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP6;	L	ST				1,000		
GS	0100	030		01	A 461 330 11 01		ZB	VORDERACHSE VST RL	XP6;	R	ST				1,000		
GS	0100	035		01	A 461 330 07 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP3/XP7/XP6+(D46/G50);	L	ST	1,000			1,000		
GS	0100	085		01	A 461 330 44 97		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP5;	L	ST	1,000			1,000		
GS	0100	090		01	A 461 330 01 94		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP2+AC5;	L	ST				1,000		
GS	0100	100		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...		L	ST						Keine Codebedingung!
GS	0100	110		01	A 461 330 49 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	XP3/XP7/XP6+(D46/G50);	R	ST		1,000			1,000	
GS	0100	150		01	A 461 330 44 97		ZB	VORDERACHSE VST LL	I88/E5;	L	ST						Reifencode
GS	0100	160		01	A 461 330 48 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	I88/E5;	R	ST						
GS	0100	200		01	A 463 330 66 00		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP6+XZ4;	L	ST				1,000		
GS	0100	210		01	A 463 330 77 00		ZB	VORDERACHSE VST RL	XP6+XZ4;	R	ST				1,000		
GS	0100	300		01	A 461 330 09 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP3/XP7/XP6+(D46/G50))+XZ4;	L	ST	1,000			1,000		
GS	0100	310		01	A 461 330 22 01		ZB	VORDERACHSE VST	XP3/XP7/XP6+(D46/G50))+XZ4;	R	ST	1,000			1,000		
GS	0100	400		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST	XP5+XZ4;	L	ST				1,000		
GS	0100	500		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST	XZ4;	L	ST						
GS	0100	510		01	A 461 330 42 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	XZ4;	R	ST						
GS	0100	515		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...	(I88/E5)+XZ4;	L	ST						Reifencode + AJ Code
GS	0100	520		01	A 461 330 42 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	(I88/E5)+XZ4;	R	ST						
GS	0100	710		01	A 461 330 48 97		ZB	VORDERACHSE VST RL		R	ST						Keine Codebedingung
GS	0100	720		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	XQ1/XQ7;	R	ST						
GS	0100	730		01	A 461 330 42 97		ZB	VORDERACHSE VST RL		R	ST						Keine Codebedingung
GS	0100	740		01	A 461 330 48 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	XQ1/XQ2;	R	ST	1,000			1,000		
GS	0100	800		01	A 461 330 12 01		ZB	VORDERACHSE VST	XG0;	L	ST				1,000		
GS	0100	900		01	A 461 330 09 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	TA1+G50+XP6+XZ4;	L	ST				1,000		
GS	0100	901		01	A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST	TA1+I88+XZ4;	L	ST						

Abbildung 20: Stückliste der BR461 Vorderachsen

Um die Entwicklung klarer zu gestalten, mussten zuerst die technischen Daten priorisiert und ermittelt werden. Bevor mit der Beschaffung der Informationen begonnen wurde waren noch folgende Fragen abzuklären:

- Welche technischen Angaben sind am wichtigsten für die Entwicklung bzw. den Vertrieb?
- Welche Informationen sind vorhanden?
- Wo sind diese Informationen abgelegt?
- Sind die Informationen korrekt? Gibt es Unklarheiten?
- Wie können diese Daten am einfachsten ermittelt werden?

Um die Antwort auf die erste Frage zu erhalten wurde eine Besprechung mit dem Vertrieb organisiert. Ziel dieser Sitzung war, die wichtigsten technischen Daten für die Angebotsbearbeitung festzulegen sowohl aus Vertriebsicht, als auch aus Entwicklungssicht. Als Vorbereitung für die Besprechung wurden zahlreiche RFI-s und RFQ-s vorheriger Projekte überprüft. Nach der Recherche konnte ermittelt werden, welche Eigenschaften eines Militärfahrzeuges für die Kunden am wichtigsten sind. Das Ergebnis ergibt folgende Auflistung:

- Zulässiges Gesamtgewicht
- Zulässige Zuladung
- Möglicher Aufbau (Einsatzzweck)
- Anzahl der Sitze
- Schutzzumfang der Karosserie
- Geländegängigkeit (Wattiefe, Böschungswinkel, Rampenwinkel usw.)
- Robustheit, Wartungsfreundlichkeit

- Transportfähigkeit des Fahrzeuges (Luftverlastbarkeit innen, -außen)

Wie gerade gezeigt wurde, sind die technischen Daten ein wesentlicher Bestandteil der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb. Um die soeben angeführten Eigenschaften des Fahrzeuges zu erhalten, muss man die Eigenschaften zu technischen Informationen herunterbrechen. Danach wird ersichtlich, welche Angaben zu beschaffen sind. Aus diesem Grund wurde im nächsten Schritt überprüft, welche Daten in der Entwicklung vorhanden sind. Das erste Problem entstand noch vor der Beschaffung der Daten. Obwohl ein offizielles Ablagesystem für die technischen Daten der G-Klasse existiert, wird es aufgrund der schwierigen Handhabbarkeit und Unbeliebtheit schon seit Jahren für die Speicherung der technischen Angaben nicht verwendet. Jene Daten, welche doch im System gespeichert wurden, waren hingegen nicht mehr aktuell. Leider hat das Ablagesystem die Ausgangssituation in der Entwicklung wiedergespiegelt. Die veralteten Daten wurden als Ausgangsbasis für die weitere Arbeit weiterverwendet.

Um alle benötigten Daten zu erheben, wurde jeder Fachbereich ersucht, die notwendigen Daten zur Verfügung zu stellen. Aufgrund des inhomogenen Informationsstandes konnten leider nicht alle Daten beschafft werden. Entweder fehlten die Daten, oder gewisse Daten waren doppelt oder dreifach mit unterschiedlichen Werten dokumentiert. Zum Beispiel haben Maßkonzepte (siehe Anhang), welche über die Jahre für ein und dasselbe Modell erstellt wurden, unterschiedliche Werte für den Rahmenüberhang ausgewiesen.

Die nächste Herausforderung stellten die am Beginn plausibel scheinenden Daten, weil sie im Endeffekt nicht fehlerfrei waren. Als Beispiel kann die Reifentabelle gezeigt werden (siehe Anhang). Die Reifen für das Modell LAPV hatten unterschiedliche statische Halbmesser, obwohl laut Angabe des Herstellers der statische Halbmesser für beide Reifen gleich ist. Da die Abweichung des statischen Radius Änderungen im Böschungswinkel, im Rampenwinkel sowie in der Wattiefe bewirken, war diese Abweichung nicht zu vernachlässigen und hatte in Folge, dass die Maßkonzepte nicht die Realität widerspiegelten.

Ein weiteres Problem, das beide Eigenschaften der soeben genannten zwei Probleme (entweder existiert nicht, oder unterschiedliche Werte im System) aufgewiesen hat, war das Thema Gewichte. Aufgrund der bereits erwähnten Einzigartigkeiten in der Entwicklung und Dokumentation innerhalb der MBG GmbH, arbeitet die Funktion Gewichtsmanagement bei der MBG GmbH noch nicht bestimmungsgemäß. Es fehlen viele Angaben bzw. die bereits gemessenen Angaben widersprechen sich. Bei Unimog oder Zetros kümmern sich schon seit Jahren einige Kollegen um das Thema Gewicht. Aufgrund der Vielfalt der Aufbauten im Militärbereich ist dieses Thema sehr wichtig. Eine schlechte Gewichtsverteilung oder ein Überschreiten der zulässigen Achslasten verkürzen die Lebensdauer der Fahrzeuge drastisch. Aufgrund der unterschiedlichen und extremen Einsatzzwecke will jede Armee ein zuverlässiges Fahrzeug kaufen.

Leider gibt es bei der MBG GmbH zurzeit nur einen Mitarbeiter, der für das Gewichtsmanagement zuständig ist. Der Mitarbeiter betreut sowohl die BR461 als auch die BR463. Aus dem Grund, dass diese Stelle jahrelang nicht existiert hat, ist dieses System nicht nur hinsichtlich der Korrektheit der Daten zu überprüfen, sondern überhaupt neu zu gestalten. Als Basis könnte die MBG GmbH die Gewichtsmanagementsysteme der Daimler AG verwenden. Obwohl die Übernahme nur unter

erheblichem Aufwand möglich wäre, könnte das Unternehmen mit Hilfe des Systems in der Zukunft enorme Vorteile erzielen (siehe 4.3.1 Gewichtsmanagement).

Nachdem fast alle technischen Daten der G-Klasse ermittelt wurden, wurden sie für die Entwicklung und den Vertrieb logisch zusammengefasst, damit die wichtigsten Daten für die Angebotsbearbeitung immer verfügbar sind. In den nächsten Unterkapiteln werden die neu erstellten Unterlagen näher behandelt.

3.1.1 Zusammenfassung der technischen Daten

Die meisten technischen Daten waren in einer Excel-Tabelle abgespeichert, die von der Abteilung Technik erstellt wurde. Diese Tabelle, welche auch als Baubarkeitsmatrix bezeichnet wird, ist vor allem für die Ablage der Fahrzeugkonfigurationen konzipiert. Das bedeutet, dass diese Unterlage die technischen Daten nur als Nebeninformation beinhaltet. Wie man in Abbildung 21 sehen kann, war die Information „Trommel- / Scheibenbremse hinten“ unter den normalen Sonder- und Serienausstattungen angeführt. Ein anderes Problem mit dieser Tabelle ist der mit ihrer Verwendung verbundene sehr hohe Zeitaufwand. Es ist nicht einfach alle technischen Daten in dieser Auflistung auszusuchen. Außerdem war früher die Korrektheit der technischen Daten in dieser Tabelle fraglich. Natürlich wäre für die Korrektheit der Daten die Abteilung Entwicklung zuständig gewesen, nur aufgrund mangelnder Informationen in der Vergangenheit (siehe Unterkapitel 3.1 Erhebung, Analyse und Priorisierung der technischen Daten der G-Klasse) hat die Abteilung nicht immer die richtigen Daten für die Abteilung Technik zur Verfügung stellen können.





BR461			S Serienausstattung	G300 CDI Professional	G300 CDI NichtZivil Standard	G300 CDI NichtZivil Standard	G300 CDI NichtZivil Standard
			● Sonderausstattung				
			○ Sonderausstattung (ohne Mehrpreis)	G300 CDI BA6 461.333 FAS ZD3	G300 CDI BA6 461.333 FAS ZD4	G300 CDI BA9 461.343 FFH ZD4	SSA 461.392 FFL ZD4 ZS0 SCHUTZV ORGERÜS TET
Code	Beschreibung aus Preisliste/Dialog	Code Art					
	KLAPPE ZU STAU- RAUM HINTER FAHRER- UND BEIFAHRERSITZ VON AUSSEN ZU OEFFNEN (VERLAENGERTE KABINE 300MM)	Text	-	-	-	-	-
	KOMPASS	Text	-	-	-	-	-
	KRAFTSTOFF DIESEL (F54) B2W. F63	Text	-	-	-	-	-
	LADEERHALTUNGSSTECKDOSE 12-POLIG	Text	-	-	-	-	-
L23	NEBELSCHLUSSLEUCHE UND RUECKFAHRSCHEINWERFER	Text	\$	\$	\$	\$	
	NIGHT VISION GOGGLE TAUGLICH	Text	-	-	-	-	-
	PLANENVERDECK MIT OEFFNUNG NACH HINTEN (VERSCHLIESSBAR)	Text	-	-	-	-	-
	RAMMSCHUTZ SEITLICH	Text	-	-	-	-	-
	REIFENDRUCKREGELANLAGE (MANUELLE BEDIENUNG)	Text	-	-	-	-	-
R89	RESERVERAD LOSE BEIGELEGT	Text	-	-	\$	\$	
	RESERVERADABDECKUNG	Text	-	-	-	-	-
RD3	RESERVERADTRAEGER AN HECKTUEER MIT RESERVERAD	Text	\$	\$	-	-	
JA0	HECKLEUCHTEN	Text	\$	\$	\$	\$	
B08	SCHIEBENBREMSEN VORNE	Text	\$	\$	\$	\$	
B09	TROMMELBREMSEN HINTEN	Text	-	-	\$	\$	
BB5	SCHIEBENBREMSEN HINTEN	Text	\$	\$	-	-	

Abbildung 21: Auszug der Baubarkeitsmatrix⁵⁴

⁵⁴ Interne Quelle der Daimler AG

Um eine logische Zusammenfassung der technischen Daten zu erhalten, wurde eine neue Excel-Tabelle entworfen (siehe Abbildung 22). Die Auflistung beinhaltet die wichtigsten Eigenschaften des Fahrzeuges, wie zulässige Gewichte, Achsübersetzung oder Bereifung. Mit Hilfe dieser Tabelle weiß jeder Mitarbeiter welche Modelle mit welchen technischen Daten aktuell angeboten werden. Um die Informationen nicht zu verlieren, welches Fahrwerk / Bereifung Serien- bzw. Sonderausstattung ist, wurde die Spalte „Serie/SA“ hinzugefügt. Aufgrund des engen Zeitraums und der Auslastung des Gewichtsmanagers konnten noch nicht alle Daten ermittelt werden. Bei so einer Tabelle ist zu beachten, dass die Daten bezüglich ihrer Richtigkeit regelmäßig zu kontrollieren sind. In der Zukunft könnte die Excel-Tabelle durch eine professionellere datenbankbasierende Software ersetzt werden. Die Freigabe gewisser Bauteile (Reifen, Rahmen, Achsen oder Anhängervorrichtung) sollte nur dann erfolgen, wenn eine Bestätigung hinsichtlich der Datenkorrektheit in dieser Datenbank vorliegt. So könnte gewährleistet werden, dass die technischen Daten stets aktuell und korrekt sind.

Technische Daten BR461 ÄJ14

Baumuster	Gewichtscode	Serie / SA	ZGG	zZGG	Vorderachslast	Hinterachslast	i	Spurweite	Bemerkung
BA6 ZD3	XP6	Serie	3200 kg	5150-6700 kg	1450 kg	1900 kg	4,375	1475 mm	Professional
	XP6+(D46/G50)	SA	3200 kg	5150-6700 kg	1550 kg	1900 kg	4,375	1475 mm	Dachgepäckträger / Seilwinde
BA6 ZD4	XP3	Serie	3560 kg	5150-7000 kg	1850 kg	2145 kg	4,375	1475 mm	Militär
	XP7	SA	3500 kg	5150-7000 kg	1850 kg	2145 kg	4,375	1475 mm	Militär
BA6 SSA C&R	XP5	Serie	4800 kg	-	2200 kg	2800 kg	5,287	1555 mm	zur Zeit wird keine Anhängervorrichtung angeboten
BA9	XE8	Serie	4300 kg	7300 kg	2200 kg	2800 kg	5,287	1555 mm	zur Zeit ist die gebremste Anhängerlast 750kg!
BA9 Slowakei	XP1	SA	4500 kg	7300 kg	2200 kg	2800 kg	5,287	1555 mm	XP1 ist für Slowakei gesperrt
BA11	XE9	Serie	6500 kg	9000 kg	2200 kg	2800 / 2800 kg	5,287	1555 mm	schutzvorgerüstet
LRPV	XE9	Serie	6500 kg	9000 kg	2200 kg	2800 / 2800 kg	5,287	1555 mm	Monocoque
LAPV 5,4	XP2	Serie	5400 kg	7400 kg***	2200 kg	3400 kg	5,287	1555 mm	
LAPV 6.1	XG0	Serie	6100 kg	8100 kg***	2800 kg	3700 kg	6,695**	1772 mm	

** : inkl. Portalübersetzung

*** : 750kg ungebremst, 2000kg gebremst

Baumustert	Bereifung	Felge	Typ	R _{stat}	Böschungswinkel	Rampenwinkel	Bodenfreiheit	Bemerkung
BA6	265/70 R16 All Terrain	7,5J x 16" silber	Alufelge	348 mm	34°/31°*	22°*	??	
	245/75 R16 Mud Terrain	7,5J x 16" silber	Alufelge	361 mm	35°/32°*	23°*	??	
	245/75 R16 Street Terrain WR	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	347 mm	34°/31°*	22°*	??	erst ab ÄJ15 erhältlich!
BA6 SSA C&R	265/75 R16 All Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	374 mm	41°/37°*	29°*	??	nur mit RY3
	265/75 R16 Mud Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	374 mm	41°/37°*	29°*	??	nur mit RY3
BA9	265/75 R16 All Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	374 mm	41°/34°*	24°*	252/245	
BA9 Slowakei	265/75 R16 All Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	374 mm	41°/34°*	24°*	252/245	
BA11	285/75 R16 All Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	388 mm	41°/35°*	28,5°*	269/264	
LRPV	285/75 R16 All Terrain	7,5J x 16" schwarz	Alufelge	388 mm	??*	??*	??	
LAPV 5,4 4 türig	265/70 R17,5 LDR1	7,5 x 17,5" schwarz	Stahlfelge	376 mm	39°/33°*	29°*	258/223	Street Terrain
	265/70 R17,5 LCS	7,5 x 17,5" schwarz	Stahlfelge	376 mm	39°/31°*	26°*	258/223	Mud Terrain
LAPV 5,4 5 türig	265/70 R17,5 LDR1	7,5 x 17,5" schwarz	Stahlfelge	376 mm	39°/40°*	29°*	258/223	Street Terrain
	265/70 R17,5 LCS	7,5 x 17,5" schwarz	Stahlfelge	376 mm	39°/38°*	26°*	258/223	Mud Terrain
LAPV 6.1	37x12,5 R18	8,5J x 18"	Alufelge	436 mm	offen	offen	offen	

* : bei ZGG

Stand 07-10-2014

Abbildung 22: Zusammenfassung der technischen Daten der BR461

Infolge der guten Übersicht der technischen Angaben eignet sich diese Tabelle sowohl für den Vertrieb als auch die Entwicklung. Die Auflistung enthält sowohl für die Kunden als auch für das Unternehmen die wichtigsten 11 Eigenschaften des Fahrzeuges.

3.1.2 Einheitliche Zusammenfassung der Fahrwerksteile

In der Vergangenheit war ein immer wiederkehrendes Problem während der Angebotsbearbeitung, dass die Fahrwerksteile nicht sauber dokumentiert wurden. Wie schon in der Einführung erwähnt, besteht dieses Problem, weil nicht jedes Bauteil einem Gewichtscode zugeordnet ist. Die Behebung der Dokumentationsfehler wäre ein großer Aufwand und auch kostenintensiv für die Firma.

Aus diesem Grund wurde entschieden, die Fahrwerksteile mit Bildern systematisch in einem Heft darzustellen und den Entwicklern zur Verfügung zu stellen (siehe Abbildung 23 und Abbildung 24). Aufgrund der Dokumentationsfehler und des nicht existierenden Ablagesystems war die Erstellung

dieser Unterlagen nur unter erheblichem Aufwand möglich. Die erste Seite dieses Heftes beinhaltet die wichtigsten technischen Daten der Fahrwerkskonfigurationen. (Diese Informationen bilden einen Teil der früher gezeigten Tabelle, siehe Abbildung 22) Die Zusammenfassung der Fahrwerksteile erfolgt mit Hilfe des Gewichtscodes. Des Weiteren sind auf jeder Seite die Teilenummer der Achsen, Feder, Stoßdämpfer, Stabilisator und Längslenker angeführt.

Allgemeine Informationen BR461 ÄJ14

Code - ZGG	Serienmäßige Fahrwerke	Bemerkung
XP1 (ZGG 4500 kg)	BA6 ZD3: XP6 (ZGG 3200 kg)	mit Dachgepäckträger / Seilwinde andere zulässige Vorderachslast
XP2 (ZGG 5400 kg)	BA6 ZD4: XP3 (ZGG 3560 kg)	-
XP3 (ZGG 3560 kg)	BA6 SSA: XP5 (ZGG 4800 kg)	höher gestelltes Fahrwerk
XP5 (ZGG 4800 kg)	BA9: XE8 (ZGG 4300 kg)	höher gestelltes Fahrwerk
XP6 (ZGG 3200 kg)	BA11: XE9 (ZGG 6500 kg)	höher gestelltes Fahrwerk
XP7 (ZGG 3500 kg)	LAPV 5.4 (ZGG 5400 kg)	-
XE8 (ZGG 4300 kg)	LAPV 6.1 (ZGG 6100 kg)	Portalachsen
XE9 (ZGG 6500 kg)		
XG0 (ZGG 6100 kg)		

Abbildung 23: Deckblatt der Zusammenfassung der Fahrwerksteile

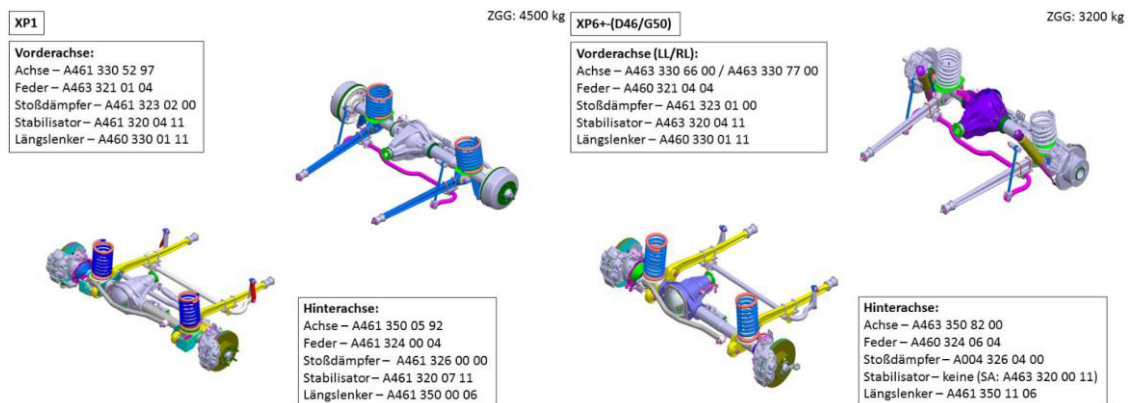


Abbildung 24: Auszug aus der Zusammenfassung der Fahrwerksteile

Diese Unterlage ist vor allem für die Entwickler vorteilhaft, da man bei der Erstellung eines Snapshots („aktueller Zustand einer Konfiguration“⁵⁵) die Teilenummer nicht herausuchen muss. Bei dieser Unterlage ist es noch wichtiger, die Daten auf dem neuesten Stand zu halten, da die Teilenummern oft geändert werden. Sobald die Anzahl der Schweißschrauben, oder die Lage des Halters für die Feststellbremse geändert wird, bekommt die Achse eine neue Teilenummer.

Da die Bedeutung der Richtungen in einem Snapshot zu einem späteren Zeitpunkt dieser Masterarbeit (3.3. Konstruktionsseitiges Optimierungspotential) wichtig wird, werden diese hier kurz erklärt. Jedes Fahrzeug hat ein sogenanntes Fahrzeugkoordinatensystem. Mit Hilfe dieses Koordinatensystems kann die Lage der Bauteile eindeutig definiert werden. Bei den europäischen Fahrzeugherstellern ist das in Abbildung 25 ersichtliche Koordinatensystem üblich. Der Ursprung des Koordinatensystems ist als Mittelpunkt der Vorderachse definiert. Die Bauteile, die diesen Punkt definierten, existieren bei der üblichen Einzelradaufhängung nicht mehr. Die Bedeutungen der

⁵⁵ Interne Quelle der Daimler AG

Richtungen sind in Abbildung 25 dargestellt. Die G-Klasse ist ein Spezialfall in der Automobilindustrie, da die Mitte des Koordinatensystems in z-Richtung um 145 / 195mm (je nach Fahrwerksvariante) zu dem definierten Mittelpunkt verschoben ist. Sonst entsprechen die Richtungen der Definition.

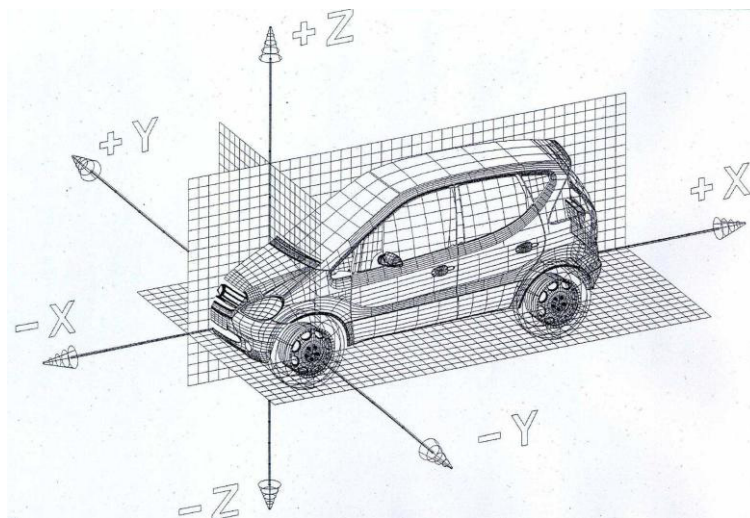


Abbildung 25: Fahrzeugkoordinatensystem⁵⁶

3.1.3 Darstellung der Produktvielfalt der G-Klasse

Nach Beschaffung der benötigten Informationen wurde die Produktvielfalt der G-Klasse dargestellt (siehe Abbildung 26). Ziel der Abbildung war eine einfachere, für jeden verständliche Illustration der Produktvielfalt. Die Darstellung der Produktvielfalt wurde mit Hilfe voriger Projekte und der technischen Daten erstellt. Die Projekte wurden miteinander verglichen und überprüft, welche die Treiber der Produktvielfalt sind. Wieso unterscheiden sich die Fahrzeuge? Welche sind die wichtigsten Schnittstellen bezogen auf die technischen Eigenschaften des Fahrzeuges? Am Ende der Analyse konnte festgestellt werden, dass die folgenden fünf Haupteigenschaften des Fahrzeuges für die Produktvielfalt verantwortlich sind:

- Motorisierung und Antriebstrang
- Antrieb: beinhaltet Fahrwerkstyp und Rahmenvariante
- Zulässiges Gesamtgewicht
- Karosserietyp
- Räder / Reifen

Die Darstellung beinhaltet absichtlich nicht so viele technische Informationen, sie gibt eher einen allgemeinen Überblick über die aktuellen Fahrzeugkonfigurationen. Eine ähnliche Darstellung gibt es bei Unimog auch, aber bei Unimog sind die Haupteigenschaften des Fahrzeuges unterschiedlich definiert.

In der dick umrandeten Box sind die Gewichtscodes der Fahrzeuge (Code für das zulässige Gesamtgewicht eines Fahrzeuges) hervorgehoben, da sie den Zusammenhang für die Bauteile darstellen. Bei so vielen Bauteilen braucht man eine einheitliche und eindeutige Beziehung zwischen den Bauteilen. Die Weiterverwendung der Gewichtscodes wurde festgelegt, da die Gewichtscodes

⁵⁶ Interne Quelle der Daimler AG

bei jedem Angebot eine wesentliche Rolle spielen bzw. weil dieser Code die schwerwiegendsten Änderungen am Fahrzeug bewirkt.

Die schwarzen Linien in Abbildung 26 stehen für die bereits angebotenen Fahrzeuge, die orange gestrichelte Linien für die zurzeit in Entwicklung befindlichen Fahrzeuge und die lila gepunkteten Linien für die Sonderausstattungen.

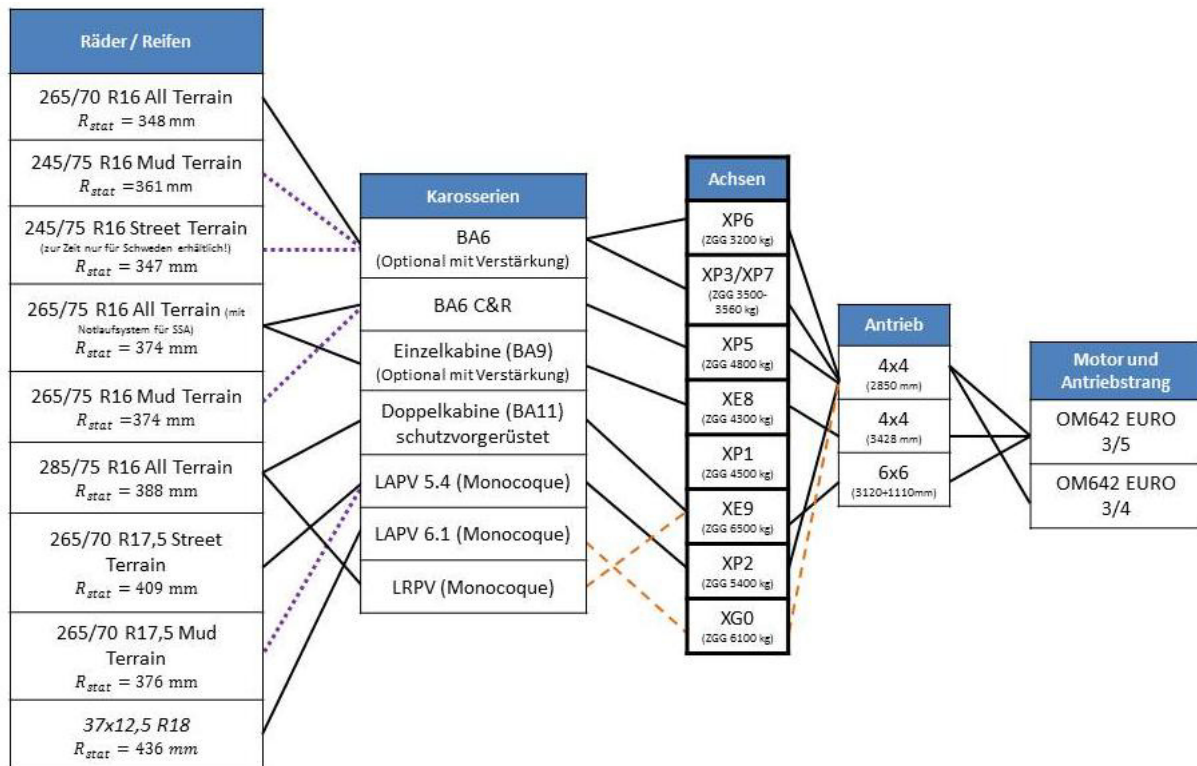


Abbildung 26: Produktvielfalt der G-Klasse BR461

Bei der Erstellung einer solchen Unterlage ist die Reihenfolge der Fahrzeugeigenschaften zu beachten. Bei nicht geeigneter Reihenfolge (zum Beispiel die „Karosserie“ würde sich zwischen „Antrieb“ und „Achsen“ befinden) könnte der Anwender Fahrzeuge konfigurieren, die nicht angeboten werden. Bei der oben angeführten Darstellung ist es egal, mit welcher Eigenschaft der Anwender beginnt, ein Fahrzeug zu konfigurieren. Letztendlich resultiert daraus immer ein bereits angebotenes Fahrzeug.

Diese Darstellung eignet sich auch sehr gut für Vorstellungen des Produktportfolios bei Kunden. Natürlich ist hier auch zu beachten, dass ohne eine regelmäßige Aktualisierung der Darstellung, diese ihre Zweckmäßigkeit verliert. Aus diesem Grund wäre es für das Unternehmen vorteilhaft, ein zuständiges Team zu benennen, das für die Datenaktualität verantwortlich ist. Als Vorschlag könnte das Team Gesamtfahrzeug die Verantwortlichkeit übernehmen.

Auf Basis der beiden zuvor erwähnten Unterlagen wurde die Darstellung der Produktvielfalt ausgearbeitet. Diese Darstellung ist das erste Ergebnis dieser Masterarbeit, da sie für Transparenz im Unternehmen dient. Aufgrund des inhomogenen Informationsstands im Unternehmen ist der Aufwand zur Erstellung dieser Abbildung nicht zu unterschätzen. So eine Darstellung existierte im Unternehmen bisher noch nicht, aus diesem Grund ist die Einführung dieser Unterlage sehr

wünschenswert für die MBG GmbH. Wie zuvor gezeigt wurde, haben Unimog und Zetros auch ähnliche Darstellungen, mit deren Hilfe die Fachbereiche besser zusammenarbeiten können.

3.2 Verbesserungsvorschläge zu einer besseren Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb

Wie schon im Unterkapitel 2.4 Ermittlung der Potentiale bei MBG GmbH erwähnt, ist die Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb verbesserungswürdig. Infolge des ungleichen Informationsstands sind in der Vergangenheit schon Fehler bei der Angebotsbearbeitung aufgetreten. Nachdem alle technischen Daten des Fahrzeuges ermittelt wurden, wäre die Einführung einer „baukastenbasierten“ Software für das Unternehmen vorteilhaft, um den Erfolg der G-Klasse aufrechtzuerhalten. Das Anforderungsprofil dieser Software wird in diesem Kapitel näher behandelt.

Zu Beginn der Angebotsphase ist die größte Herausforderung für den Vertrieb, die passende Fahrzeugausführung auszuwählen. Jede Ausführungsart des G-Modells hat Vor- und Nachteile, für manche Einsatzzwecke eignen sich mehrere Varianten der G-Klasse. Diese Schwierigkeit stammt einerseits daher, dass der Vertrieb die Anforderungen nicht so einfach in technische Eigenschaften umwandeln kann. Die andere Herausforderung ist, dass bei der Auswahl einer Modellausführung auch technische Grenzwerte zu beachten sind. Themen wie Dauerfestigkeit oder Änderung der zulässigen Gewichte sind nicht so einfach zu beantworten. In der Vergangenheit kam es vor, dass aufgrund vorheriger Projektfahrzeuge dem Kunden technisch und ökonomisch schwer umsetzbare Umfänge angeboten wurden. Aus diesem Grund möchte die Entwicklung dem Vertrieb ein System bereitstellen, das als Kommunikationsgrundlage für den Angebotsprozess dient.

Vor der Auslegung eines dazu geeigneten Systems sind dessen Anforderungen immer zu untersuchen.

- Was ist das Ziel des Systems?
- Wer wird mit diesem System arbeiten?
- Welche Funktionen muss das System erfüllen?
- Welche Informationen werden abgespeichert?
- Wer nutzt die Information?

Um die Antworten auf die Fragen zu erhalten, wurde eine Besprechung mit dem Vertrieb organisiert. Ablauf der Diskussion war sehr ähnlich wie im Unterkapitel 3.1 Erhebung, Analyse und Priorisierung der technischen Daten der G-Klasse dargestellt. Der Unterschied bestand darin, dass besonders folgende Fragen im Fokus standen:

- Wie werden die Angebote genau bearbeitet?
- Ist jedes Angebot immer individuell?
- Gibt es fixe Schritte, die immer durchzuführen sind?

Nach dieser Besprechung konnte festgestellt werden, dass die Angebotsbearbeitung immer individuell ist. Aus diesem Grund wäre die Einführung einer dem Fahrzeug-Konfigurator ähnlichen Software nicht sinnvoll. Fahrzeug-Konfiguratoren bestehen aus fixen Schritten, die immer durchzuführen sind (vgl. geschlossenes Baukastensystem). Ein typischer Konfigurator kann ein noch nicht existierendes Fahrzeug nicht konfigurieren. Deswegen würde die MBG GmbH eher eine Software benötigen, welche als Ergebnis zwischen bereits definierten Umfängen und noch abzuklärenden Umfängen unterscheiden, und diese auch geeignet verarbeiten bzw. liefern kann (vgl. offenes Baukastensystem).

Eine Idee zu diesem Programm wäre, dass die Benutzerschnittstelle am Anfang aus den folgenden Filtern bestehen könnte:

- Äußere Abmessungen des Fahrzeuges
 - Länge
 - Breite
 - Höhe
- Geländeeigenschaften
 - Böschungswinkel
 - Rampenwinkel
 - Wattiefe
 - Reifen
- Möglicher Aufbau
- Anzahl der Sitzplätze
- Schutzkonzept
- Zulässige Gewichte
 - ZGG
 - Vorderachslast
 - Hinterachslast
 - Gewicht des Aufbaus
 - Erforderliche Zuladung
- Luftverlastbarkeit innen / außen
- Wartungsfreundlichkeit (Service / km)
- gewünschte Ausstattungen (Ausstattungen hinterlegt mit Gewicht und Gültigkeit)

Nach Ausfüllen der von RFI / RFQ gewünschten Filter könnte das System einen oder mehrere Modellvorschläge definieren, die für das jeweilige Projekt am geeignetsten sind. Als Ergebnis würde der Anwender auch einen Prozentsatz erhalten, der besagt, inwiefern das vorgeschlagene Fahrzeug noch modifizierbar ist. Des Weiteren gäbe es zu jedem Modell ein Maßkonzept, auf dem der Vertriebsvertreter sehen könnte, bei welchem Modell in welchen Bereichen noch etwas untergebracht werden kann. Auch ein Ansprechpartner in der Entwicklung würde das Ergebnis mit der Projektbeschreibung erhalten. Als Nächstes könnten die Entwicklung und der Vertrieb mit Hilfe des Ergebnisses mit dem jeweiligen Kunden die Projektumfänge detaillierter besprechen.

Falls die Software keinen Modellvorschlag generieren könnte, könnte der Vertriebsvertreter / Entwickler in der Definition des Fahrzeuges überprüfen, welche Ergebnisse einander ausschließen. Mit Hilfe der Widersprüche könnten die Probleme dem Kunden gezeigt werden bzw. daraus mögliche neue Konfigurationen in die Software implementiert werden. Im Allgemeinen sind in jeder Projektbeschreibung die Fahrzeuge ein bisschen genauer beschrieben, als es tatsächlich gefordert wird. Mittels des Ergebnisses könnte so schon ziemlich früh abgeklärt werden, ob wirklich alle Eigenschaften eines Fahrzeuges erforderlich sind. Doch wenn eine Fahrzeugeigenschaft für den Kunden unerlässlich ist, muss sich der Vertrieb an die Entwicklung wenden und abklären, mit welchem Aufwand der Wunsch umsetzbar wäre. Abbildung 27 stellt den soeben erwähnten Prozess dar.

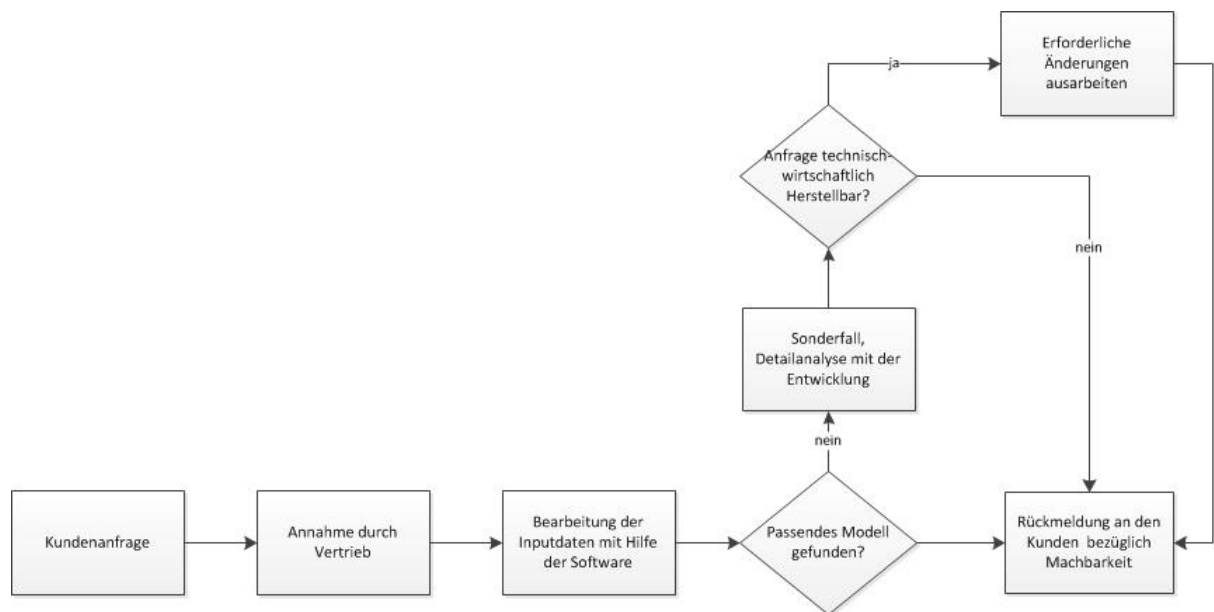


Abbildung 27: Anwendungsbeispiel der Software

Mit Hilfe eines solchen Systems könnte in Zukunft vermieden werden, dass ein Angebot aufgrund Datenmangel falsch bearbeitet wird. Infolge der Ortsunabhängigkeit einer Software müssten die zwei Abteilungen während der Projektbearbeitung nicht am selben Einsatzort sein. Des Weiteren könnte der Vertrieb bei möglichen zusätzlichen Änderungen des Projektfahrzeuges jederzeit überprüfen, ob das Fahrzeug noch immer technisch-ökonomisch machbar ist.

Die Daten für die Software würde die Entwicklung liefern. Ohne vollständige technische Daten ist es unmöglich ein solches System aufzubauen. Aus diesem Grund ist die Ausarbeitung der Software erst nach der vollständigen Datenbeschaffung möglich. Für die Pflege des Systems könnte das Team Gesamtfahrzeug zuständig sein, da dieses Team für die technischen Daten der BR461 verantwortlich ist.

Falls die Software fixer Bestandteil des Prozesses im Unternehmen werden würde, könnte diese mit zusätzlichen Informationen laufend ergänzt werden. Mit Absatzstatistiken oder Listenpreisen würde sich diese Software nicht nur für die Modellauswahl eignen, sondern für die gesamte Angebotsbearbeitung. Schlecht verkaufte Sonderausstattungen könnten mit Hilfe eines solchen Systems einfacher gefunden werden. Auch falls Ausstattungen im System nicht mehr angeführt werden, würde das bedeuten, dass diese nicht mehr angeboten werden. Gleichzeitig könnte das Codeübersichtsbuch ersetzt werden. Das bedeutet, dass diese Software mit der Zeit ein sehr wichtiger Bestandteil der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb werden kann.

3.3. Konstruktionsseitiges Optimierungspotential

Außer der Verbesserung der Zusammenarbeit innerhalb des Unternehmens kann der Erfolg der G-Klasse auch mit weiteren Optionen aufrechterhalten werden. Wenn die Konstruktion sich besser für die Produktvielfalt eignet, können die Kundenwünsche einfacher und schneller befriedigt werden. Idealerweise erfolgt eine solche Auslegung der Konstruktion so, dass die interne Produktvielfalt minimiert und die externe Produktvielfalt (Anzahl der Modellvarianten) maximiert wird. Aus dem Grund, dass die G-Klasse keinen Nutzfahrzeug-ähnlichen modularen Aufbau besitzt, gibt es andere Möglichkeiten zur Reduzierung der Produktvielfalt. In diesem Kapitel werden die Ansätze zu einer effektiveren Gestaltung der Konstruktion näher behandelt.

Die Idee eines modularen Aufbaus ist ganz einfach. Wie schon in der Einführung erwähnt wurde, kann mit Hilfe einer Lego® ähnlichen Konstruktion ein neues Fahrzeug schneller abgeleitet werden. So ein Aufbau eignet sich noch besser für die Produktvielfalt, da die standardisierten Schnittstellen zwischen den Haupteigenschaften des Fahrzeuges die Erweiterung der G-Klasse ermöglichen. Infolge dessen erfolgen die technische Bewertung und die Kapazitätsabschätzung eines Projektfahrzeuges viel schneller. Aufgrund der beschleunigten Prozesse kann ein Unternehmen mit immensen Kosteneinsparungen rechnen. Das Potential der Zusammenarbeit der oben erwähnten Software und des modularen Aufbaus ist auch nicht zu vernachlässigen.

3.3.1 Treiber der Produktvielfalt

Ein sehr wichtiger Punkt ist vor der Auslegung eines modularen Aufbaus die Festlegung der Treiber der Produktvielfalt. Wie im Unterkapitel 3.1.3 Darstellung der Produktvielfalt der G-Klasse erklärt ist, wurde überprüft, aus welchem Grund es so viele Varianten gibt. Gibt es Bauteile, die in jeder Variante verbaut werden? Welche Bauteile sind variantenspezifisch? Kann man die Treiber für die Produktvielfalt vereinheitlichen?

Aufgrund dessen, dass zurzeit nur ein Dieselmotor mit unterschiedlichen Abgasstufen angeboten wird, wird der Treiber „Motor und Antriebstrang“ vernachlässigt. Deswegen wurden nur vier Treiber hinsichtlich konstruktionsseitiger Optimierung der Schnittstellen überprüft. Die Treiber sind die folgenden:

- Karosserie
- Achsen
- Rahmen (in Abbildung 26 wird dieser als Antrieb bezeichnet)
- Räder / Reifen

Die vier Eigenschaften sind für die Variantenvielfalt der G-Klasse „verantwortlich“.

Wenn man die Schnittstellen der Treiber so gestaltet, dass die interne Bauteilvielfalt sinkt, wird ein großer Vorteil erzielt. Eine geringe Anzahl an Bauteilen mit besserer Dokumentation sorgt für Transparenz in der Entwicklung. Aus diesem Grund wurden die Schnittstellen der Treiber bzw. die Gesamtkonstruktion überprüft, um Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten. Die Vorgehensweise im Rahmen dieser Masterarbeit war folgende:

- Überprüfung der Konstruktion vom Groben ins Feinen (Top-Down-Ansatz)
- Finden und Bewerten der Treiber
- Vorschlag zur Reduktion der Bauteilvielfalt

Bevor man mit der Ausarbeitung der Variantenreduzierung beginnt, sind die jeweiligen Anforderungen an das Fahrzeug zu klären. Ist es notwendig eine Sonderausstattung abnehmbar auszuführen, wenn diese nie abgenommen wird? Oder ist es wünschenswert eine neue Anhängervorrichtung zu entwickeln, wenn der Markt mit der Aktuellen zufrieden ist? Man muss die Ansätze so wählen, dass diese nicht nur innerhalb des Unternehmens, sondern auch für die Kunden vorteilhaft sind. Aus diesem Grund muss man sich an den Vertrieb wenden, der den Markt am besten kennt. Durch den täglichen Kontakt mit den Käufern weiß der Vertrieb sehr gut, was der Markt verlangt.

Aus diesem Grund beinhalten die folgenden Unterkapitel nicht nur Ansätze zur Reduzierung der Produktvielfalt, sondern auch Wünsche seitens Vertrieb. Aufgrund der verbesserungswürdigen Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb war die Kommunikation zwischen diesen Abteilungen in der Vergangenheit nicht optimal. Infolge dessen wurde der Vertrieb gefragt, welche Kundenwünsche nicht erfüllt werden können. Vor allem solche Kundenwünsche wurden erörtert, wegen denen die MBG GmbH aus Projekten ausgeschieden ist. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die möglichen Optimierungen der Konstruktion:

Tabelle 5: Ansätze zur Reduzierung der Bauteilvielfalt

Schnittstellen	Verbesserungspotential
Karosserie – Rahmen	Einheitliche Karosserielagerung
Achsen – Rahmen	Federtöpfe und Längslenker als Montageteile
Antrieb – Rahmen	Einheitliche Abgasanlage
Sonderausstattungen – Rahmen	Ösen, Seilwinde, Bergen als Montageteile
Rahmen	Rahmen als Montageteil

Des Weiteren hat der Vertrieb noch die folgenden Wünsche aufgezeigt:

- BA6 als Fünfsitzer
- Neue Anhängervorrichtung für BA9

Natürlich sind die soeben genannten Änderungen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit zu überprüfen. Es ist möglich, dass gewisse Umfänge aufgrund gesetzlicher Vorgaben oder anderer Gegebenheiten nicht geändert werden können. Infolge dessen werden in den nachfolgenden Unterkapiteln die einzelnen Probleme zunächst näher erörtert und mögliche Vorschläge zu einer Optimierung generiert, und am Ende werden die möglichen Änderungen bewertet. Des Weiteren wird ein Verbesserungsvorschlag ausgewählt und ausgearbeitet. Zusätzliche Verbesserungspotentiale der Konstruktion werden ebenfalls berücksichtigt. Aufgrund der jährlichen Modellveränderung der BR461 werden die Möglichkeiten dem Entwicklungsvorstand präsentiert. Bei einer Modellpflege der BR461 können diese Änderungen jederzeit in zukünftige Projekte miteinbezogen werden.

3.3.2 Einheitliche Karosserielager für die Einzel- und Doppelkabine

Zunächst wurde festgestellt, dass die Karosserie-Rahmen-Varianz in der Vergangenheit relativ groß war. Aufgrund der nicht einheitlichen Lage der Karosserielager der Einzel- und Doppelkabine können die Fahrerhäuser ohne eine Änderung der Lager nicht ausgetauscht werden. Das bedeutet, dass der Tausch des Fahrerhauses die Dokumentation eines neuen Rahmens verursacht. Obwohl in der Vergangenheit schon BA11-Rahmen mit Einzelkabine oder BA9-Rahmen mit Doppelkabine vom Kunden gefragt wurden, waren die Fahrerhäuser immer kundenspezifisch. Sie wurden entweder

verlängert oder hatten eine andere spezifische Eigenschaft. Aus dem Grund, dass die Entwicklung mit den in Serie angebotenen Fahrerhäusern diese Änderung durchführen möchte, ist eine neue Feasibility Studie auszuarbeiten. Ziel dieser Studie war auf mögliche Kundenwünsche viel schneller reagieren zu können.

Nach Präsentation der Idee hat der Vertrieb bestätigt, dass eine solche Änderung tatsächlich für die Kunden wünschenswert wäre. Aber der Vertrieb hat die Entwicklung auch darauf aufmerksam gemacht, dass eine Einzelkabine mit BA11-Rahmen gefragter ist, als eine Doppelkabine mit BA9-Rahmen. Der Nachteil des BA9-Rahmen mit Einzelkabine Ausführung ist der zu geringe Laderaum hinter der Karosserie. Infolge dessen wurde nur das BA11-Fahrwerk mit Einzel- und Doppelkabine überprüft.

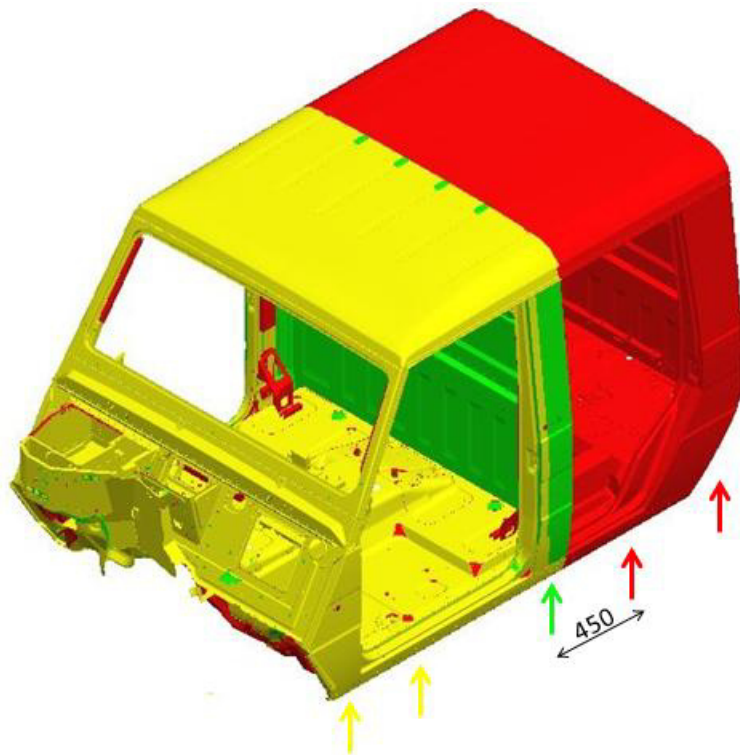


Abbildung 28: Vergleich Einzelkabine-Doppelkabine

Um die Ausgangssituation zeigen zu können, wurde ein 3D-Vergleich mit den zwei Karosserien durchgeführt. In Abbildung 28 bedeuten die Farben und die Pfeile folgendes:

- Gelb: gemeinsames Material
- Grün: Material, das nur zur Einzelkabine gehört
- Rot: Material, das nur zur Doppelkabine gehört
- Pfeile: Lage der Karosserie- und Vorbaulager.

Wie in Abbildung 28 ersichtlich, sind die Fahrerhäuser bis zur B-Säule fast identisch. Abgesehen von Schweißbolzen an der Stirnwand oder spezifische Verstärkungen sind die Karosserien gleich. Die Lagen der zwei Vorbaulager (erster gelber Pfeil) und der ersten zwei Karosserielager (zweiter gelber Pfeil) sind deckungsgleich. Die Fahrerhäuser unterscheiden sich lediglich in den hinteren Karosserielagern. Aufgrund der kürzeren Ausführung der Einzelkabine gibt es nur 4 Aufbaulager bei

dieser Variante (zweiter gelber und roter Pfeil). Die Doppelkabine hat insgesamt sechs Karosserielager (zweiter gelber Pfeil plus die zwei roten Pfeile). Leider gibt es einen Unterschied in x-Richtung mit 450 mm zwischen dem hinteren Aufbauhalter der Einzelkabine und dem mittleren Aufbauhalter der Doppelkabine.

Als nächster Schritt wurde der zuständige Fachbereich gefragt, ob die Vereinheitlichung der Lage der Karosserielager möglich wäre. Die Idee war, dass die Lage des Zwischenlagers der Doppelkabine die Lage des hinteren Lagers der Einzelkabine erhält. Leider hat das Entwicklungsteam eine negative Antwort geliefert. Die Lagerung der Doppelkabine entspricht der Lagerung des BA6 Fahrerhauses. Das mittlere Aufbauhalter ist ein sehr wichtiger Aufnahmepunkt in der Produktion. Die Rohkarosserien werden unter anderem bei diesem Punkt in der Lackiererei während des Lackiervorganges angehoben. Dadurch, dass das meistverkaufte Produkt der MBG GmbH die gleichen Lagerungspunkte hat, würde eine mögliche Verschiebung des mittleren Lagers viele Änderungen in der Produktion bzw. beim Hauptprodukt verursachen. Des Weiteren eignet sich das Werkzeug der Einzelkabine leider nicht für die Aufnahmen der Doppelkabine. Aufgrund der Komplexität der soeben genannten Änderung wurde dieser Verbesserungsvorschlag abgelehnt.

Aus diesem Grund wurden neue Ideen zur Reduzierung der Bauteilvielfalt generiert. Die Aufbauhalter könnten als Montageteile ausgeführt werden. In diesem Fall gäbe es auch nur einen Rahmen für beide Fahrerhäuser, nur die Lagerung des Fahrerhauses wäre austauschbar. Da der BA11 Rahmen nur für die Doppelkabine konzipiert wurde, ist die Machbarkeit der Einzelkabine zu überprüfen. Es ist möglich, dass das hintere Lager der Einzelkabine mit Bauteilen am BA11-Rahmen kollidiert. Infolge dessen ist eine umfangreiche Studie durchzuführen.

Durch die Veränderung des Ansatzes kommt es zu einer Änderung der Bezeichnung. Nachfolgend (Unterkapitel 3.4 Bewertung der Verbesserungsvorschläge) wird dieser Verbesserungsvorschlag „Karosserielager als Montageteil ausführen“ genannt.

Nichtsdestotrotz wäre diese Idee in der Zukunft sehr vorteilhaft für das Unternehmen. Obwohl die Bauteilvielfalt nicht sinken würde, würde die Produktvielfalt steigen. Das heißt, dass aus fast genau gleich vielen Bauteilen (weil zusätzliche Befestigungsteile benötigt werden) auf mehrere Kundenwünsche eingegangen werden könnte. Des Weiteren wäre die Dokumentation eines neuen Rahmens nicht nötig, falls ein Kunde ein Fahrzeug mit 6x6-Fahrwerk mit Einzelkabine bestellen möchte.

3.3.3 Längslenkerkonsole und Federtöpfe als Montageteil ausführen

Dieses Thema wurde schon öfters bei der MBG GmbH behandelt. Der Grund ist, dass es derzeit zwei unterschiedliche Fahrwerkshöhen gibt. Es gibt ein normales Fahrwerk und ein erhöhtes Fahrwerk. Der Höhenunterschied beträgt 50mm. Aufgrund der Ähnlichkeit der Achsen unterscheiden sich die Rahmen nur in der Lage der Längslenkerkonsole und der Federtöpfe (siehe Abbildung 29). Wenn die Bauteile als Montageteile ausgeführt werden würden, könnte die Anzahl der dokumentierten Rahmen verringert werden. Des Weiteren bestünde die Möglichkeit ein Fahrzeug zu einem späteren Zeitpunkt mit einer anderen Fahrwerksvariante nachzurüsten.

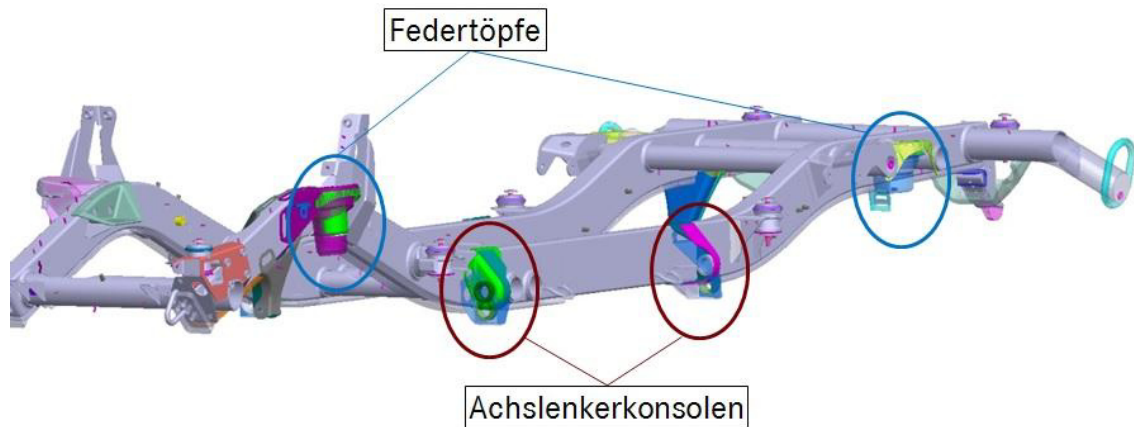


Abbildung 29: 3D Vergleich normales und hohes Fahrwerk

Michael Schusser hat sich im Jahr 2011 mit diesem Thema im Rahmen seiner Diplomarbeit beschäftigt.⁵⁷ Seine Aufgabe war es, die oben genannten Bauteile für die BR463 als Montagebauteile auszuführen. Die Idee ist nicht neu in der Automobileindustrie, deswegen hat Herr Schusser sein Konzept mittels Benchmark-Fahrzeugen (z.B.: LAPV) entwickelt. Mit Hilfe von Messergebnissen aus den Testfahrten hat Herr Schusser sein Konzept auch nach Dauerfestigkeit überprüft. Nach FEM-Berechnungen hat er festgestellt, dass so eine Änderung mit dem aktuellen Rahmen möglich wäre. Aufgrund der zu dünnen Wandstärke (3mm) und des geschlossenen Profils ist eine direkte Verschraubung an den Rahmen nicht möglich. Aus diesem Grund hat Schusser mit Hülsen den Rahmen in Querrichtung verstärkt (siehe Abbildung 30). Die Hülsen dienen auch der Befestigung der Schraube. Die Hülse war an zwei Stellen geschweißt, dadurch wollte er ein mögliches Verrutschen vermeiden.⁵⁸

Aus zeitlichen Gründen wurde nur eine Fahrwerkshöhe (normale Höhe) betrachtet. Wenn man die Verschraubungspunkte um 50mm nach unten verschiebt, oder die Konsole um 50mm nach unten verlängert (aufgrund der tieferen Lage der Achse), ändert sich die Steifigkeit des Systems. Es wurde nur eine Lage überprüft und deswegen kann das Konzept nicht vollständig umgesetzt werden.

Des Weiteren wurden die Toleranzen des Rahmens nicht betrachtet. Aufgrund des Alters der G-Klasse betragen die Toleranzen des Fahrzeugs und somit des Rahmens $\pm 1-2$ mm. Infolge, dass der Rahmen aus zwei ineinander geschobenen U-Profilen besteht, hätte das Verfahren der Lochbildung näher behandelt werden müssen. Des Weiteren wäre dieses Konzept sehr kostenintensiv und aufgrund der inneren Schweißnaht schwer realisierbar.

Nichtsdestotrotz liefert die Diplomarbeit Aussage darüber, dass eine Änderung der Achsenaufhängung möglich wäre. Inzwischen hat das Modell LAPV schon geschraubte Federtöpfe, aber aufgrund der Unterschiedlichkeit der Fahrzeuge kann dieses Konzept nicht in den anderen Modellen eingesetzt werden. Aber wenn die MBG GmbH mit Hilfe der bestehenden Informationsbasis (Diplomarbeit Michael Schusser) Nachfolgeprojekte starten würde, könnte dieses Konzept vollständig ausgearbeitet werden.

⁵⁷ Vgl. SCHUSSER, M. – Entwicklung eines modularen Systems zur Verschraubung von Fahrwerkskomponenten am Leiterraum der Mercedes-Benz G-Klasse (2011)

⁵⁸ Vgl. SCHUSSER, M. – Entwicklung eines modularen Systems zur Verschraubung von Fahrwerkskomponenten am Leiterraum der Mercedes-Benz G-Klasse (2011)

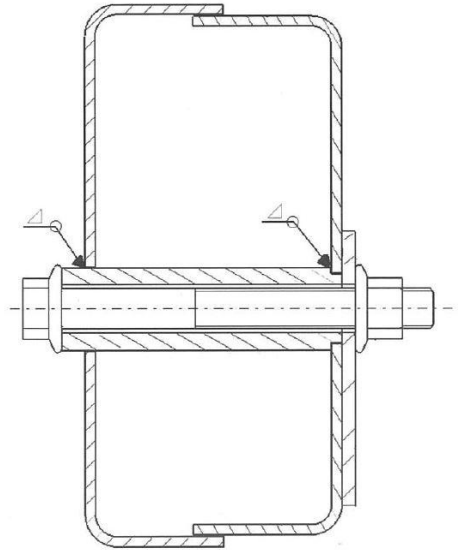


Abbildung 30: Befestigung der Montageteile am Rahmen⁵⁹

3.3.4 Rahmen als Montagepart ausführen

Derzeit hat jede Bauausführung, jede Lenkungsvariante oder jede Achsvariante einen eigenen Rahmen. Gewisse Sonderausstattungen (wie Reserveradhalter am Rahmen oder Seilwinde) verlangen auch die Dokumentation neuer Rahmenvarianten. Aus diesem Grund beträgt die Anzahl der dokumentierten Rahmen für die BR461 über 30 Stück. Es ist eine Herausforderung für die Entwickler zwischen so vielen Rahmen den passenden schnell und korrekt zu finden. Mit dem Ziel, die Stücklistenübersicht logischer zu gestalten und der Erhöhung der Rahmenflexibilität zu dienen, könnte der ganze Rahmen als Montagepart ausgeführt werden.

Der Rahmen könnte aus den folgenden drei Teilen bestehen:

- Frontend: wäre für jede Bauausführung gleich. Das Frontend würde der Aufnahme des Vorbaus und des Motors dienen.
- Mittelteil: Mit Hilfe des Mittelteils könnten die Radstandunterschiede kompensiert werden. Der Radstand vom BA6 beträgt 2850 mm und vom BA9 3428mm. Mit Hilfe dieses Konzeptes könnte das Front- und Heckend gleich für die beiden Modellausführungen sein.
- Heckend: Mit Hilfe unterschiedlicher Heckends könnte die MBG GmbH unterschiedliche Rahmenüberhänge anbieten.

Aus zwei Frontends (Rechtslenker und Linklenker), zwei Mittelteilen (kurzer und langer Radstand) und drei Heckends könnte die MBG GmbH alle Rahmen- und Lenkungsvarianten zur Verfügung stellen. Das bedeutet, dass statt ca. 30 Rahmen nur 7 Teile zu dokumentieren wären. Weiterhin sollte bei einer Änderung der angebotenen Motoren nur das Frontend adaptiert werden. Solange der Antriebstrang oder die Lage des Verteilergetriebes nicht geändert wird, müssen die anderen Rahmenteile nicht angegriffen werden. Außerdem würde die Adaptation des Rahmens viel schneller gelingen, wenn ein Kunde einen anderen Rahmenüberhang anfordern würde.

⁵⁹ SCHUSSER, M.– Entwicklung eines modularen Systems zur Verschraubung von Fahrwerkskomponenten am Leiterrahmen der Mercedes-Benz G-Klasse (2011), S 36

Des Weiteren könnten mit einem neuen Rahmenkonzept alle Anbauteile am Rahmen als Montageteile ausgeführt werden. Mit Reserveradhalter, Seilwinde, Abschleppöse oder Bergen könnte das Fahrzeug je nach Bedarf jeder Zeit nachgerüstet werden. Darüber hinaus könnten bei einem möglichen Bruch die Bauteile einfacher getauscht werden. Das heißt, dass mit dem neuen Rahmenkonzept nicht nur für das Unternehmen, sondern auch für die Kunden erhebliche Vorteile erzielt werden könnten.

Die größte technische Herausforderung stellt die Länge des Längsträgers dar. Aufgrund des alten Werkzeuges und der bereits erwähnten Länge ist die Qualität des Rahmens nicht angemessen. Wie schon im vorigen Unterkapitel erwähnt, betragen die Längs- und Quertoleranzen $\pm 1-2$ mm. Infolge der geringeren jährlichen Produktionszahl wird der Lieferant kein neues Werkzeug entwickeln. Mit einem dreiteiligen Konzept könnten die Abweichungen in der Produktion toleriert werden. Der Nachteil dieses Konzeptes wäre, dass es nur für zwei Modellausführungen (BA6 und BA9) einfach realisierbar wäre.

Der vordere und hintere Teil könnten weiterhin aus zwei C-Profilen bestehen, solange der Mittelteil aus einem geschlossenen Formrohr besteht. Wie in Abbildung 31 ersichtlich, könnten in das Formrohr die anderen Teile gesteckt und von außen geschweißt werden. Das Konzept wäre auch im Konzern nicht neu, deswegen wäre das Know-How für die Umsetzung bereits vorhanden.

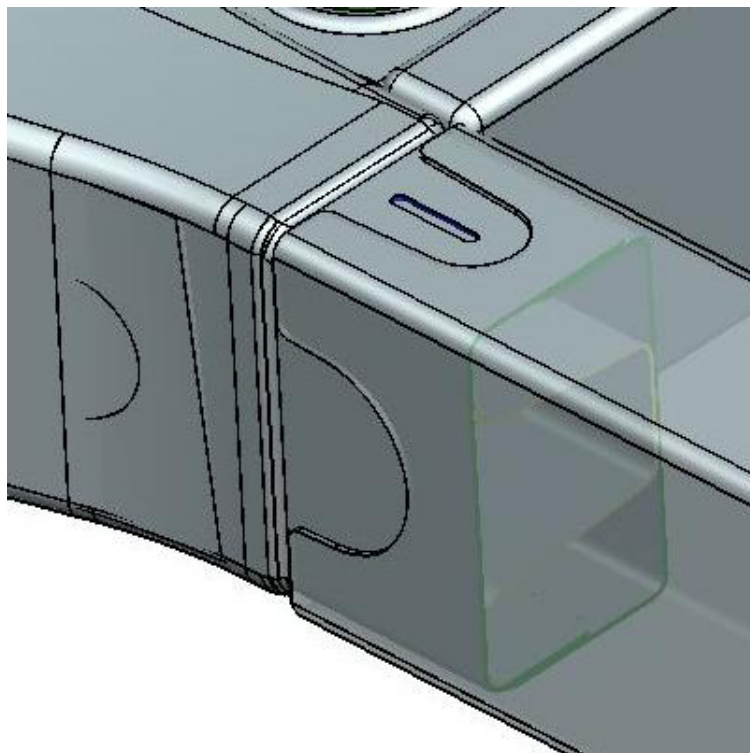


Abbildung 31: Anschluss der Rahmenteile mit bisherigem Profil

3.3.5 Ösen, Seilwinden, Bergen als Montageteil ausführen

Der Rahmen besteht aus ca. 300 miteinander verschweißten Einzelteilen. Die unlösbaren Verbindungen führen dazu, dass die Sonderausstattungen die Dokumentation neuer Rahmenvarianten benötigen. Aus diesem Grund ist die Entwicklung auf die Idee gekommen, die Sonderausstattungen am aktuellen Rahmen auch als Montageteile auszuführen. Das bedeutet, dass ein Hauptrahmen für alle Sonderausstattungen geeignet wäre.

Die abzuklärende Frage wäre bei diesem Ansatz die Befestigung der Teile am Rahmen. Aufgrund des geschlossenen Profils des aktuellen Rahmens ist die Befestigung der Teile nicht so einfach realisierbar. Die in Abbildung 30 gezeigte Idee wäre in diesem Fall nicht optimal. Dadurch, dass die Sonderausstattungen nicht immer am Rahmen angebracht werden, wäre es nicht ideal, wenn die Hülsen immer im Inneren des Rahmenprofils wären. Die Hülsen verursachen eine Gewichtszunahme, die sich nachteilig auf die Fahrzeugkonstruktion auswirken würde. Des Weiteren wären die Hülsen aufgrund der großen Toleranzen nicht immer senkrecht zum Rahmen.

Dieser Ansatz ist am einfachsten zu realisieren, da der Rahmen nur geringfügig zu ändern wäre. Aufgrund der niedrigeren Beschaffungspreise der Sonderausstattungsteile wäre die Änderung am günstigsten.

3.3.6 Einheitliche Abgasanlage

Ein weiteres Ergebnis der Analyse der Konstruktion war, dass die Abgasanlage fast immer unterschiedlich ist. Gewisse Ausführungen haben Mittelschalldämpfer, andere Varianten haben Endschalldämpfer. Die Varianz der Abgasanlagenführungen stellt Abbildung 32 dar. Frage der Untersuchung war, ob es möglich wäre, eine einheitliche Abgasanlage bzw. einheitliche Abgasführung für alle Bauausführungen zu konstruieren.

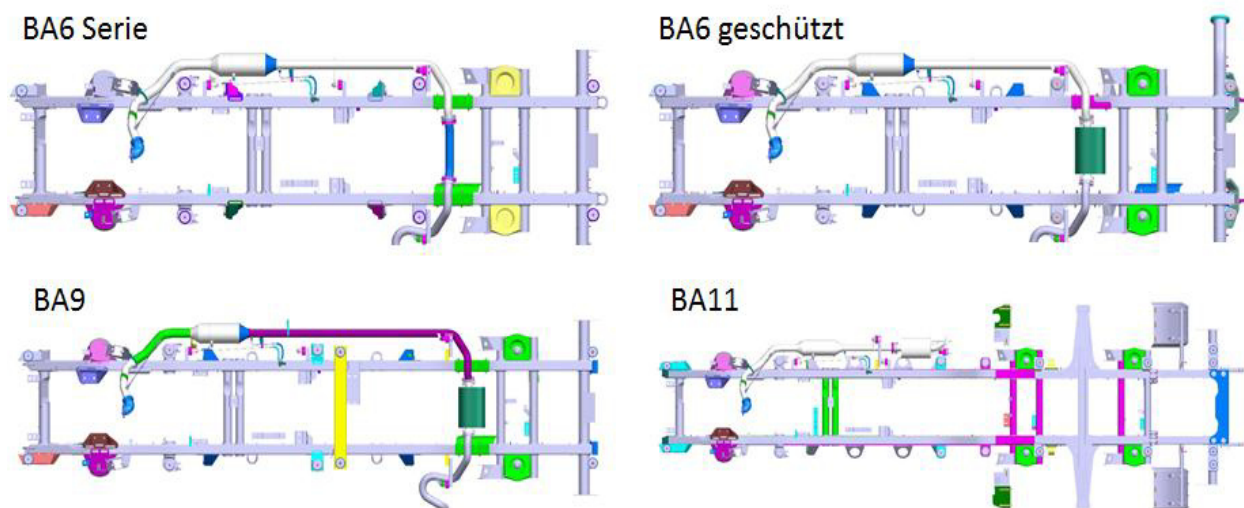


Abbildung 32: Unterschiedliche Abgasanlagen der BR461

Aus diesem Grund wurden zunächst Informationen bei dem zuständigen Fachbereich erhoben, wieso die Abgasanlagen immer unterschiedlich ausgeführt sind. Grund der Abweichung sind die unterschiedlichen Achsen. Abhängig davon, ob das Fahrwerk hoch oder normal ist, haben die Fahrzeuge andere Achsübersetzungen ($i=4,375$ bzw. $5,287$). Infolge dessen, können die Fahrzeuge nicht mit der gleichen Abgasanlage die Vorschrift ECE R51.02 erfüllen. ECE R51.02 schreibt die maximal erlaubte Lautstärke bei 50 km/h vor (Geräuschmessung bei Vorbeifahrt).⁶⁰ Aufgrund der anderen Achsübersetzungen fahren die Fahrzeuge in einem anderen Drehzahlbereich bei dieser Geschwindigkeit und dies führt dazu, dass die Rollgeräusche unterschiedlich sind. Infolge dessen, ist die Abgasanlage entweder leiser oder normal auszuführen.

⁶⁰ Vgl. <http://www.unece.org> (14.12.2014)

Abgesehen von der BA6 Serienausführung haben alle Modellausführungen das hohe Fahrwerk ($i=5,287$). Die höhere Achsübersetzung führt zu einem lauterem Rollgeräusch und deswegen muss ein Mittel- / Endschalldämpfer eingebaut werden.

Des Weiteren ermöglichen die unterschiedlichen Radstandvarianten die gleiche Abgasführung nicht, da aufgrund der thermischen Belastung der Abgasanlage nicht überall unterbracht werden kann.

Dieses mögliche Verbesserungspotential ist ein gutes Beispiel für eine nicht bzw. schwer umsetzbare konstruktionsseitige Optimierung. Wie schon im Unterkapitel 3.3.1 Treiber der Produktvielfalt erklärt wurde, sind leider nicht alle angeführten Verbesserungsvorschläge unbedingt machbar. Aus diesem Grund wird diese Möglichkeit bei der Bewertung der Verbesserungsvorschläge nicht weiter berücksichtigt.

3.3.7 Vertriebswünsche

Wenn man die Konstruktion des Fahrzeuges neu gestaltet bzw. Optimierungspotentiale sucht, ist es sehr wichtig, dass alle möglichen Änderungen in die Konzeptphase miteinbezogen werden, die zum Erfolg der G-Klasse beitragen. Aus diesem Grund hat sich die Entwicklung an den Vertrieb gewendet, um herauszufinden, welche nichtbefriedigten Kundenwünsche ausständig sind. In diesem Unterkapitel werden die im Unterkapitel 3.3.1 Treiber der Produktvielfalt erwähnten zwei Wünsche des Vertriebs näher behandelt.

Fünfsitzer Transportfahrzeuge sind im Militärbereich sehr gefragt. Leider scheidet aufgrund der Viersitzer Ausführung die G-Klasse aus vielen Projekten aus. Aus dem Grund, dass die BR463 Fünfsitzig ausgeführt ist, wurde dieses Thema schon öfter vor der Geschäftsführung diskutiert. Infolge einer anderen Rücksitzbank ist aber das Konzept aus der BR463 nicht umsetzbar.

Obwohl die mittlere Gurtführung der BR463 adaptierbar wäre, ist die aktuelle Sitzbank für so eine Änderung nicht geeignet. Des Weiteren wäre der Umstieg auf eine Fünfsitzer-Ausführung sehr kostenintensiv für das Unternehmen. Außer der Untersuchung einer neuen Sitzbank müsste die MBG GmbH den neuen Gurt zertifizieren lassen. Das bedeutet, dass Zugversuche und andere Tests durchzuführen wären. Vor der Bewertung der Verbesserungsvorschläge kann man davon ausgehen, dass diese Änderung bei einer geringen Stückzahl leider nicht wirtschaftlich wäre.

Ein anderer Wunsch seitens des Vertriebs war, dass die BA9 mit einer früher angebotenen Anhängervorrichtung zur Verfügung gestellt wird. Die aktuelle Anhängervorrichtung erlaubt eine gebremste Anhängerlast von 750 kg, obwohl das Fahrzeug 3000 kg gebremste Anhängerlast ziehen könnte. Diese Begrenzung kann folgendermaßen begründet werden. Früher war die BA9 auch für Zivilkunden erhältlich. Die Zivil- und Militärvariante haben sich unter anderem im Heckbereich unterschieden. In die Zivilvariante war die Stoßstange von dem Sprinter verbaut und hat eine gebremste Anhängerlast von 3000 kg besessen. Die Militärvariante hat (abgesehen der Bremsen) der jetzigen Ausführung entsprochen. Seit 2014 ist die Erfüllung der Abgasnormen EURO 6 Pflicht in fast jedem Land der Welt. Leider erfüllen die aktuellen BR461 Modellen nur die Abgasnorme EURO 5 (Optional EURO3 – Schlechtkraftstoffvariante). Aus diesem Grund wird die Zivilvariante seit Januar 2014 nicht angeboten und somit ist leider die massivere Anhängervorrichtung auch nicht erhältlich.

Die Lösung dieses nicht befriedigten Kundenwunsches ist relativ einfach, da ein vorhandenes Konzept zu implementieren wäre. Natürlich ist dazu die Freigabe der Geschäftsführung erforderlich.

3.4 Bewertung der Verbesserungsvorschläge

Aufgrund des engen Zeitraums und des großen Umfangs der Masterarbeit können nicht alle angeführten Verbesserungsvorschläge vollständig untersucht werden. Um eine Möglichkeit auszuwählen, wurde eine Bewertungsmatrix verwendet (siehe Tabelle 6). Jedes Optimierungspotential wird mit den gleichen Kriterien beurteilt und damit kann objektiv eine Entscheidung getroffen werden.

Tabelle 6: Bewertungsmatrix

	Verbesserungsvorschläge					
	Rahmen als Montageteil	Längslenkerkonsole und Federtöpfe als Montageteil	Ösen, Seilwinde, Bergen als Montageteil	Karosserielager als Montageteil ausführen	neue Anhänger- vorrichtung	BA6 fünf sitzer
Vorderachslast, Hinterachslast	-1	-1	0	0	0	0
ZGG, Zuladung	-1	-1	0	0	0	-1
zZGG	1	0	0	0	1	0
möglicher Aufbau / SA	1	1	2	1	0	0
Anzahl der Sitze	0	0	0	0	0	1
Schutzumfang	0	0	0	1	0	0
Geländegängigkeit	0	0	0	0	0	0
Robustheit	0	0	0	0	0	0
Wartungsfreundlichkeit	1	2	2	1	0	0
Σ	1	1	4	3	1	0

Die Gewichtung der Verbesserungsvorschläge hat folgendermaßen erfolgt:

- -2: nicht optimal
- -1: negativer Einfluss auf die jeweilige Eigenschaft des Fahrzeuges
- 0: kein wesentlicher Einfluss
- 1: positiver Einfluss auf die jeweilige Eigenschaft des Fahrzeuges
- 2: optimal

Wie schon erwähnt wurde, waren die Kriterien bei jedem Verbesserungspotential gleich, wie Gewicht, Beschränkung des Einsatzzweckes, Einfluss auf die Anzahl der Sitze oder Wartungsfreundlichkeit. Bei den konstruktionsseitigen Verbesserungspotentialen wurden die Möglichkeiten folgendermaßen beurteilt:

Tabelle 7: Bewertung der Montageteile

Vorteile Montageteil	<ul style="list-style-type: none"> • Reparaturfreundlichkeit • Nachrüstmöglichkeit • Kostenvorteile nach gewisser Zeit • Entwicklungsmöglichkeit der Bausteine
Nachteile Montageteil	<ul style="list-style-type: none"> • Gewicht • Entwicklungsaufwand • Werkzeugkosten

Die Montageteile können wie ein Baukastensystem betrachtet werden. Aufgrund eines solchen Aufbaus eignet sich der Rahmen des Fahrzeuges besser für die Produktvielfalt. Infolge dessen werden die Bauteile gegebenenfalls auch reparaturfreundlicher. Die Bauteile werden austauschbar, deswegen ist zum Beispiel bei einem möglichen Bruch des Federtopfes nur der Topf zu tauschen,

nicht der ganze Rahmen. Natürlich muss so ein Aufbau detailliert ausgearbeitet werden. Am Anfang werden Zusatzaufwand und Zusatzkosten verursacht, aber nach einer gewissen Zeit wird das Gesamtsystem wirtschaftlicher als das alte Konzept. Der Aufbau wird einfacher zu ändern, da nicht immer alle Bauteile angegriffen werden müssen. Auf der anderen Seite verursacht ein nicht optimal ausgelegtes Konzept durch die zusätzlichen Befestigungsteile eine Gewichtszunahme des Fahrzeuges. Des Weiteren ist außer dem Entwicklungsaufwand auch mit den Kosten der neuen Werkzeuge zu rechnen. Bei einem neuen Rahmen können die Kosten durch neue Werkzeuge schnell mehrere 100 000 € betragen.

Am Ende der Bewertung wurden alle Teilergebnisse aufsummiert und ein Verbesserungsvorschlag ausgewählt. Obwohl die meisten Punkte die Idee „Ösen, Bergen, Seilwinde als Montageteil“ erhalten hat, wurde doch nicht diese Idee realisiert. Aufgrund einer aktuellen Kundenanfrage um eine BA11 mit Einzelkabine wurde die Idee mit den zweitmeisten Punkten ausgewählt. Im nächsten Kapitel werden Konzepte zur Realisierung dieses Ansatzes näher behandelt.

3.5 Karosserielager als Montageteil ausführen

Nach der Bewertung der Möglichkeiten wurde der Punkt „Karosserielager als Montageteil ausführen“ ausgewählt. Das bedeutet, dass der Rahmen als Baukasten für die BA11 Variante ausgearbeitet wird. Wenn diese Änderung möglich ist, wird sich ein BA11-Rahmen für die Einzel- und Doppelkabine eignen.

Zunächst wurde der 6x6-Rahmen mit dem BA9-Rahmen in 3D-CAD verglichen. Abbildung 33 zeigt die Ausgangssituation (alle Bauteile sind auf der Abbildung noch als Schweißteile ausgeführt):

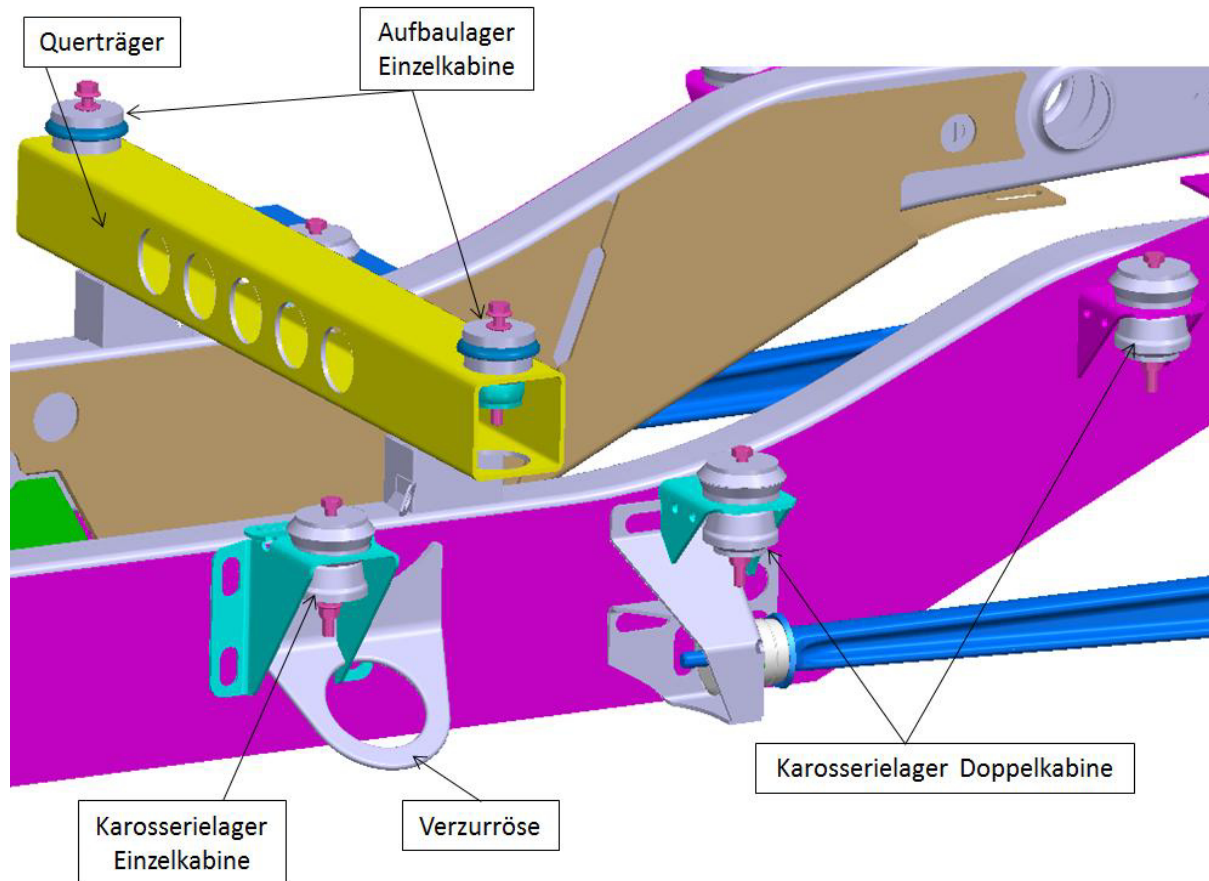


Abbildung 33: Karosserielager der Einzelkabine am Doppelkabine-Rahmen (3D Vergleich)

Wie in Abbildung 33 sichtbar ist, bewirkt die Übernahme der Karosserielager der Einzelkabine auch die Übernahme der Aufbauhalter und des Querträgers. Das bedeutet, dass der Querträger auch als Montageteil ausgeführt werden muss, sonst bringt die Änderung keine Vorteile. Des Weiteren kollidiert das Aufbauhalter der Einzelkabine mit der Verzurröse für Bahnverladung. Aus diesem Grund ist die Verzurröse entweder zu verschieben oder auch als Montageteil auszuführen. Durch die Kenntnis der erforderlichen Änderungen wurden Ideen zur Realisierung generiert.

Die Verzurrösen eignen sich für die Bahnverladung innen. Außer den vier fixen Aufnahmepunkten am Rahmen kann das Fahrzeug zusätzlich seitlich mit Hilfe dieser Ösen in einem Transportmittel befestigt werden. Aufgrund des vorhandenen Minenschutzkonzeptes ist die Höhe der Ösen definiert. Aus diesem Grund ist eine Verschiebung nur in x-Richtung möglich.

Wie in Abbildung 33 ersichtlich ist, sind alle drei Aufbauhalter unterschiedlich. Aufgrund der Gewichtsverteilung sind die Aufbauhalter der Doppelkabine für kleinere Gewichte ausgelegt. Des Weiteren befinden sich die mittleren Aufbauhalter der Doppelkabine an der Längslenkerkonsole. Eine Seite der Aufbauhalter ist zur Konsole, die andere Seite zum Rahmen geschweißt. Aus diesem Grund ist die Ausführung dieses Bauteiles als Montageteil nicht unbedingt einfach. Aus den soeben angeführten Ursachen ist es nicht möglich die Karosserielager gleich auszuführen. Das bedeutet, dass die Anzahl der dokumentierten Karosserielager nicht weiter reduziert werden kann.

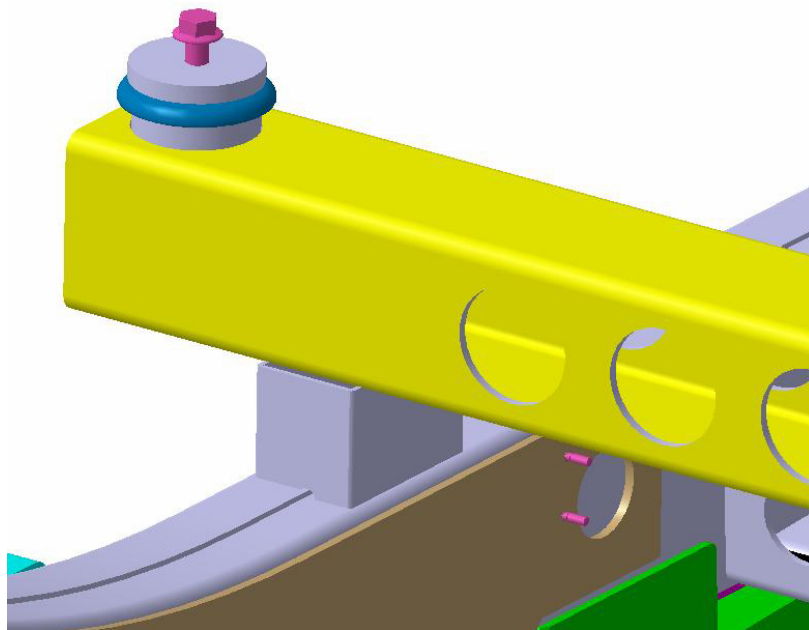


Abbildung 34: Querträgers als Schweißteil am Rahmen

Ein anderer kritischer Punkt ist die Ausführung des Querträgers als Montageteil. Wie in der Abbildung 34 erkennbar, ist der Querträger an der oberen Seite des Rahmens geschweißt. Die Befestigung von oben wäre nicht möglich, deswegen ist der Halter so auszuführen, dass das Bauteil seitlich (in y-Richtung) befestigt werden kann. Des Weiteren ist die Höhe des Halters des Querträgers zu ändern. Solange der erste Radstand der BA11 3120mm beträgt, ist es bei BA9 3428mm. Aus diesem Grund wird der BA11 Rahmen schon früher nach oben gekrümmt (siehe Abbildung 35). Dies führt dazu, dass der Querträger um 78mm nach oben zu verlagern ist, um eine gerade Abstützungsfläche für den Aufbau bereitzustellen.

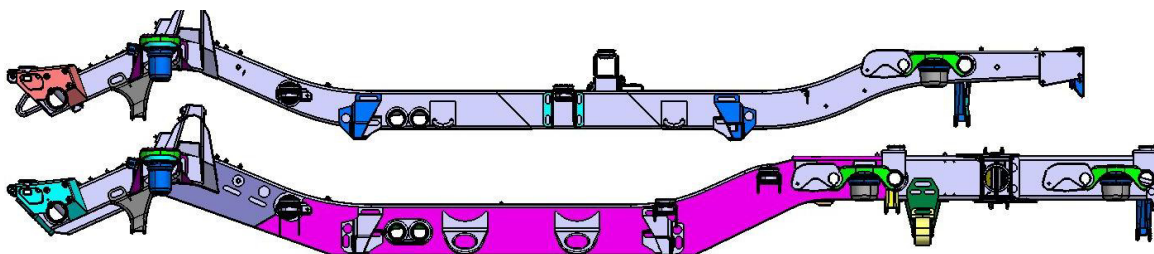


Abbildung 35: Vergleich BA9- (oben) und BA11-Rahmen (unten)

Des Weiteren, wie schon früher erwähnt wurde, sind Ideen zur Befestigung der Bauteile zum geschlossenen Profil zu generieren. Die Befestigung der Bauteile muss so erfolgen, dass bei

Nichtverwendung der Bauteile die Befestigungsteile keine Gewichtszunahmen verursachen. Darüber hinaus ist die Festigkeit des Rahmens auch zu betrachten. Aus diesem Grund werden außer den Ideen zu den Montageteilen auch Ideen zur Befestigung der Bauteile generiert. Als Benchmark können die unterschiedlichen LKW-Rahmen analysiert werden. Daimler intern eignet sich aufgrund des ähnlichen Einsatzzweckes der Rahmen des Unimogs. Infolge dessen wird am Ende das letzte Konzept mit einem Unimog-Rahmen verglichen.

Ein sehr wichtiger Unterschied zwischen den BA9- und BA11-Rahmen sind die zusätzlichen Verstärkungsplatten seitlich am Rahmen (braune und pinke Platte in Abbildung 33). Wie schon früher erwähnt wurde, wurde die BA11-Ausführung für die australische Armee entwickelt. Aufgrund der Anforderung, dass die Fahrzeuge mit Hubschrauber außen transportierbar sein müssen, wurde der Rahmen zusätzlich verstärkt. Der Rahmen muss mindestens 2,87-mal das zulässige Gesamtgewicht des Fahrzeuges aushalten (STANAG 3542 ED.5). Der Rahmen dieser Bauausführung wurde damals aus Kostengründen nicht neu konstruiert, sondern das Konzept des BA9-Rahmens wurde um eine Achse erweitert und verstärkt. Aus diesem Grund ist der BA11-Rahmen 10mm breiter als der BA9-Rahmen, da sich auf beiden Seiten des Rahmens eine zusätzliche 5 mm dicke Platte befindet. Des Weiteren beinhaltet der BA11-Rahmen für einen erfahrenen Konstrukteur viele ungewöhnliche Lösungen.

3.5.1 Umfang Einzelkabine – erstes Konzept

Zunächst wurde mit der Bearbeitung des Aufbaulagers der Einzelkabine begonnen. Um den auf beiden Seiten 5mm breiteren Rahmen zu kompensieren, wurde die Länge des Aufbaulagers um 5mm verkürzt. Die Form des Aufbaulagers bleibt erhalten, nur die Schweißlöcher werden durch Löcher für die Schrauben ersetzt. Um die Montage des Bauteiles zu erleichtern, wird die Auflagefläche auf der oberen Seite behalten.

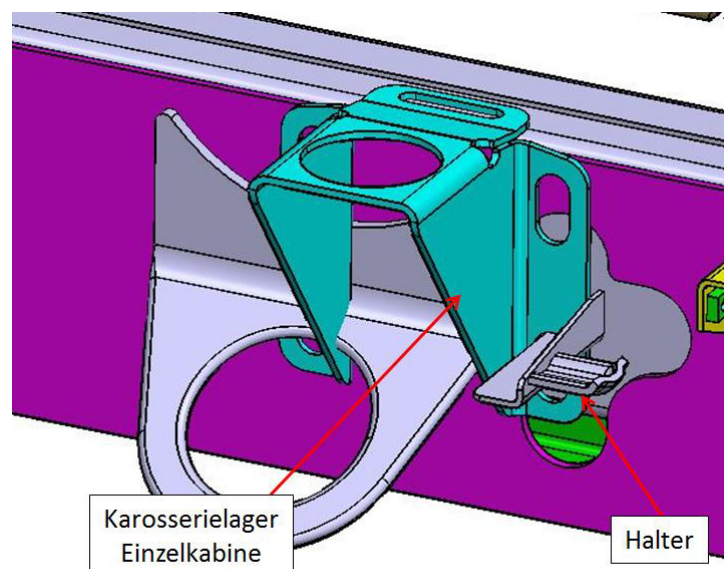


Abbildung 36: Kollision Aufbaulager – Halter für Abgasanlage

Während der Kontrolle des Bauteiles wurde festgestellt, dass das Aufbaulager auf der rechten Seite mit einem Halter der Abgasanlage kollidiert (siehe Abbildung 36). Aus diesem Grund ist dieser Halter

auch zu ändern. Des Weiteren muss das Verstärkungsblech am Rahmen geschlossen werden. Der Halter für die Befestigung der Abgasanlage ist ein Übernahmebauteil aus der BA9. Bei der Konstruktion des BA11-Rahmens wollte die MBG GmbH möglichst viele Bauteile übernehmen, deswegen hat das Verstärkungsblech einen Ausschnitt bei diesem Halter. Wenn der Halter aufgrund des neuen Aufbaulagers ohnehin geändert wird, wäre es logisch, den Ausschnitt am Rahmen zu schließen.

Der Halter kann auch als Montageteil ausgeführt werden. Infolge, dass das Aufbaulager nicht immer in Verwendung ist aber der Halter immer benötigt wird, gibt es zwei Alternativen zur Befestigung des Halters:

- wenn das Aufbaulager am Rahmen gebraucht wird, kann der Halter mit dem Aufbaulager mitgeschraubt werden
- wenn das Aufbaulager nicht gebraucht wird, muss sich eine 4mm dicke Beilagscheibe zwischen dem Halter und dem Rahmen befinden

So kann gewährleistet werden, dass nur ein Befestigungshalter für die Abgasanlage dokumentiert werden muss.

Die Verzurrösen wurden auch als Montageteil ausgeführt. Die Öse wurde in der Mitte aufgeschnitten und auf beiden Seiten mit jeweils zwei Schrauben befestigt. Zuerst ist die Lage der Verzurröse erhalten geblieben (siehe Abbildung 37).

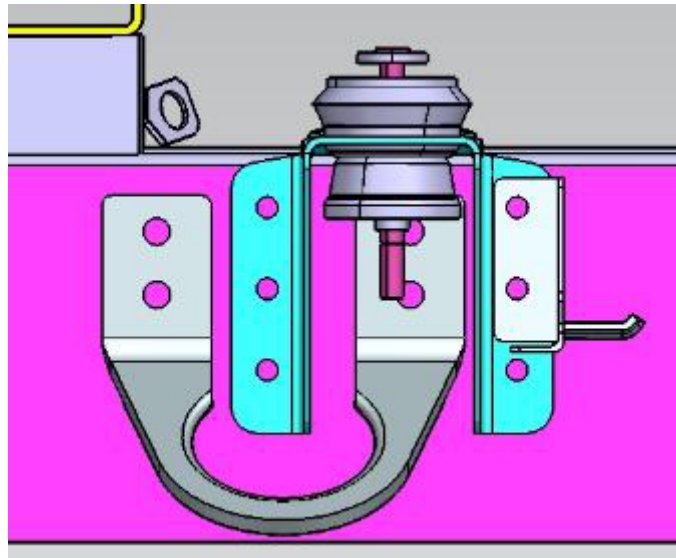


Abbildung 37: Erstes Konzept

Aufgrund der Option „Nachrüstmöglichkeit“ müssen die Bauteile so konstruiert werden, dass sie immer unabhängig von den anderen Bauteilen abgenommen und befestigt werden können. Da sich zwei Befestigungspunkte der Verzurrösen immer hinter dem Aufbaulager der Einzelkabine befinden, wird diese Anforderung nicht erfüllt. Deswegen werden bei dem nächsten Projekt die hinteren zwei Verzurrösen in x-Richtung nach hinten verschoben. Des Weiteren hat das Konzept der Verzurröse ein anderes Problem. Um dieses Biegeteil zu fertigen, muss das Bauteil in der Mitte mit Laser ausgeschnitten werden. Aufgrund der inneren Spannungen nach dem Schneiden hätte das Bauteil leider nicht die gewünschte Form. Die zwei „Arme“ des Bauteiles würden sich verziehen. Damit das

Bauteil verwendet werden kann, sollte es wieder in die richtige Form gebracht werden. Es gibt andere Möglichkeiten die Verzurröse einfacher herzustellen, deswegen wird dieses Konzept im Weiteren neu gestaltet.

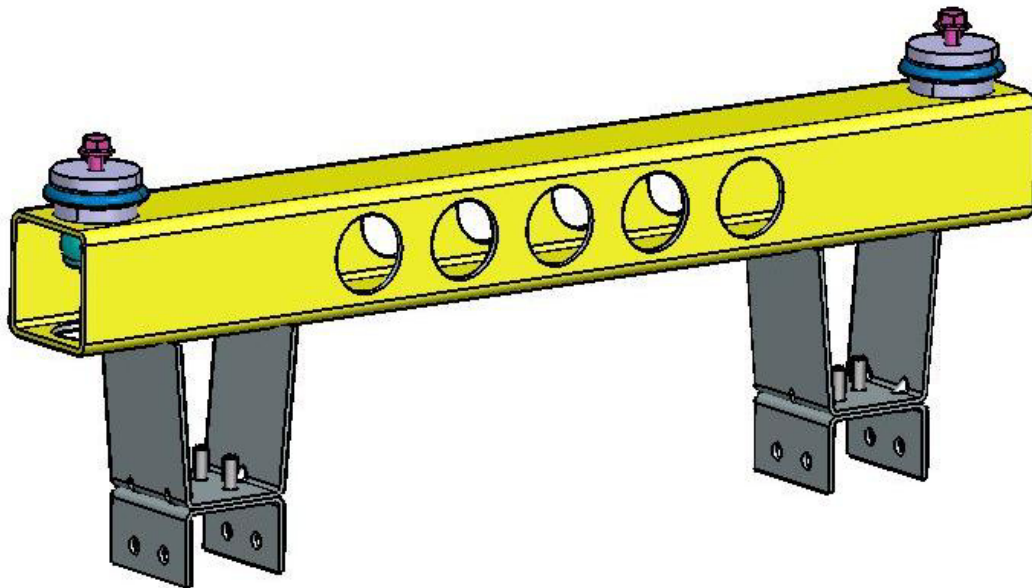


Abbildung 38: Geteiltes Konzept für die Befestigung des Querträgers

Für den Querträger wurde ein geteiltes Konzept entwickelt (siehe Abbildung 38). Das bedeutet, dass die Befestigung des Querträgers aus zwei Teilen besteht. Aus einem unteren Teil, der am Rahmen mit zwei Schrauben befestigt wird und aus einem oberen Teil, auf dem der Querträger sitzt. Der obere Teil wird mit Hilfe von drei Schweißbolzen an dem unteren Teil angeschraubt. Die Breite des oberen Teils wurde so ausgelegt, dass das Werkzeug für das Anziehen genügend Platz hat. Ein erheblicher Vorteil dieses Konzeptes ist, dass so auf einen Rahmen mehrere Querträgervarianten angebracht werden können. Zurzeit wenn ein Kunde andere Aufbauhöhe oder zusätzliche Aufbauhöhe benötigt, wird ein neuer Rahmen entwickelt. (Entwicklung bedeutet, dass die Anzahl der Aufbauhöhe oder die Höhe des Aufbauhalters angepasst werden.) Mit diesem Konzept müsste nur der Halter des Querträgers oder der Querträger angepasst werden. Des Weiteren kann das Fahrzeug jederzeit mit neuen Aufbauhaltern nachgerüstet werden.

3.5.2 Umfang Einzelkabine – zweites Konzept

Nachdem die hinteren Verzurrösen um 140 mm in x-Richtung nach hinten verschoben wurden, konnte festgestellt werden, dass diese mit dem geteilten Querträgerkonzept kollidieren (siehe Abbildung 39 links). Aus diesem Grund wurde ein neues Konzept entwickelt. Da die weitere Verschiebung in x-Richtung nach hinten nicht möglich war, wurde die Auflagefläche der Verzurröse neu gestaltet (siehe Abbildung 39 rechts). Anstatt der vertikalen Befestigungspunkte erfolgt die Befestigung der Öse durch vier horizontal angeordnete Schrauben. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass die Krafteinleitung der Schrauben leider nicht optimal ist. Der Halter und der Rahmen werden im Bereich der Auflagefläche höher beansprucht. Aus dem Grund, dass sich die Befestigung des Halters des Querträgers in z-Richtung relativ weit oben befindet, kann der Halter leider auch nicht verkürzt werden. Infolge, dass diese Ösen nur Zusatzbefestigungspunkte während des Transportes des Fahrzeuges sind, kann dieses Konzept jedoch akzeptiert werden.

Eine Verbesserungsmöglichkeit wäre, den Halter des Querträgers so auszuführen, dass er nur auf der inneren Seite des Rahmens angeschraubt werden muss. Dann bestünde die Möglichkeit, mit einer Schraube die Verzurröse und den Halter zu befestigen. Die Herausforderung wäre in diesem Fall, dass die zwei Bauteile nicht unabhängig voneinander abgenommen und angebracht werden könnten. Aus diesem Grund hat sich die Entwicklung für die Beibehaltung des zweiten Konzeptes entschieden.

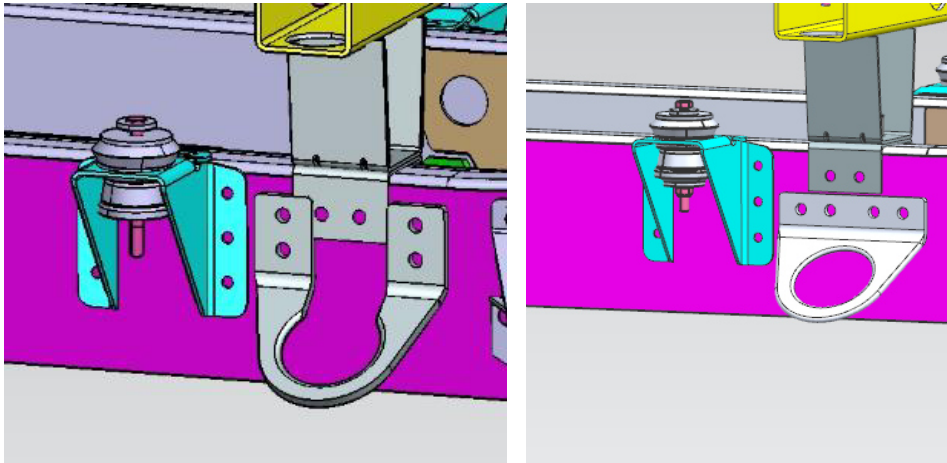


Abbildung 39: Erstes Konzept (links) und zweites Konzept (rechts) der Verzurröse

Um diese soeben erwähnten Schwierigkeiten bei der vorderen Verzurröse zu vermeiden, wurde vorne eine andere Öse konstruiert (siehe Abbildung 40). Damit die Herstellung des Bauteiles einfach bleibt, wurde die Auflagefläche nicht durchgängig ausgeschnitten. Des Weiteren wurden die Befestigungspunkte des ersten Konzeptes beibehalten, um eine optimale Krafteinleitung zu haben. Die Lage der Verzurröse ist gleichgeblieben.

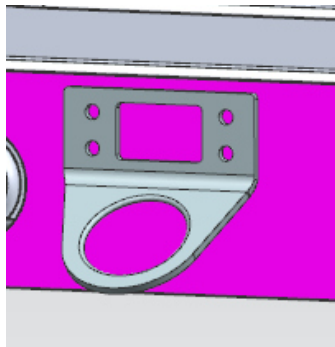


Abbildung 40: Vordere Verzurröse

Leider ist dieses Konzept noch immer verbesserungswürdig. Da jetzt zwei unterschiedliche Verzurrösen konstruiert wurden, erhöht sich die Anzahl der dokumentierten Verzurrösen. Aus diesem Grund besteht das Verbesserungspotential die Ösen gleich auszuführen.

3.5.3 Umfang Doppelkabine

Bei der Doppelkabine waren drei unterschiedliche Aufbauhalter als Montageteile auszuführen. Die einfachste Aufgabe war das hintere Aufbauhalter der Doppelkabine. Infolge, dass das hintere Aufbauhalter dem der Einzelkabine ähnelt, wurde ein ähnliches Konzept entwickelt. Zunächst wurde die Länge des Aufbauhalters um 5mm verkürzt, um den Breitenunterschied der zwei Rahmen zu

kompensieren. Die Schweißlöcher wurden durch Bohrungen ersetzt und die Form des Lagers beibehalten. Die seitlichen Löcher für die Befestigung eines weiteren Halters der Abgasanlage wurden beibehalten.

Die Gestaltung des mittleren Aufbaulagers war viel aufwändiger. Infolge, dass die Aufbaulager rechts und links nicht identisch sind, mussten zwei Aufbaulager konstruiert werden. Aufgrund der Lage der zwei Aufbaulager (an der Längslenkerkonsole) ist es nicht möglich, die zwei Aufbaulager gleich auszuführen. Die Ausgangssituation ist in Abbildung 41 dargestellt.

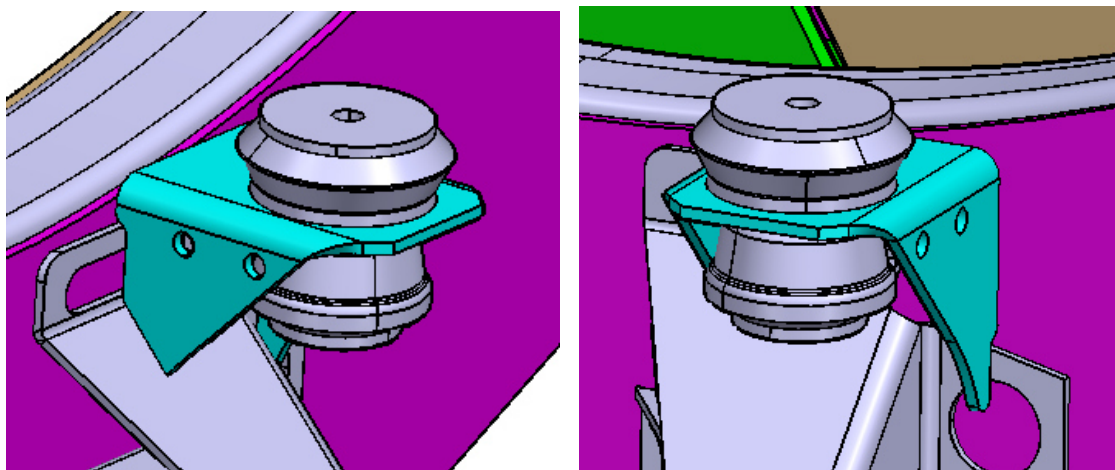


Abbildung 41: Ausgangssituation mittleres Aufbaulager der Doppelkabine

Aus dem Grund, dass das Aufbaulager an der Konsole nicht mittels einer Lasche am Rahmen befestigt werden kann, wurden neue Alternativen gesucht. Die beste Alternative war die Befestigung des Lagers mittels eines Halters auf der Längslenkerkonsole (siehe Abbildung 41). Der Halter muss an der Längslenkerkonsole als Schweißteil ausgeführt sein. Mit Hilfe von zwei Schweißmutter kann das Aufbaulager so in x-Richtung befestigt werden. Des Weiteren erfolgt die Befestigung auf der anderen Seite durch eine Lasche. Auf der anderen Seite ist das Aufbaulager spiegelsymmetrisch zu diesem Teil.

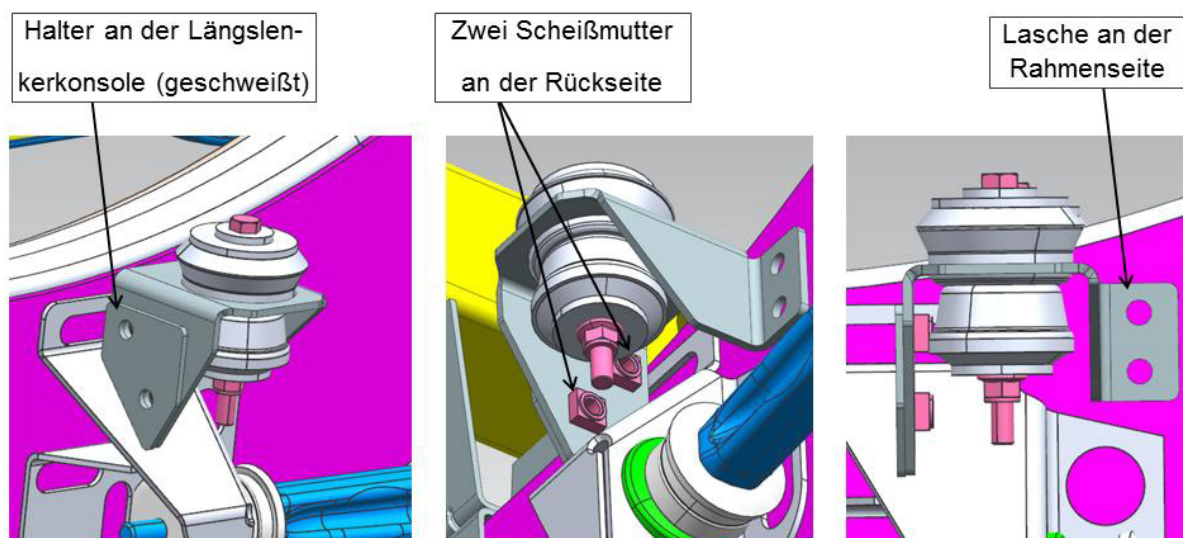


Abbildung 42: Das mittlere Aufbaulager der Doppelkabine als Montageteil

Der Nachteil dieses Konzeptes ist, dass aufgrund des zusätzlichen Halters die Längslenkerkonsolen auch geändert werden müssen. Im schlimmsten Fall kann der Halter auch abgebrochen werden. Des Weiteren befindet sich der Halter bei der Einzelkabine-Ausführung auch an der Längslenkerkonsole. Aus diesem Grund wäre eine Verbesserungsmöglichkeit, dass die Längslenkerkonsole auch geändert wird. Auf Basis der vorherigen Tätigkeit von Schusser (siehe Unterkapitel 3.3.3 Längslenkerkonsole und Federtöpfe als Montageteil ausführen) könnte die Konsole auch als Montageteil ausgeführt werden.

3.5.4 Befestigung der Montageteile

Wie schon früher erwähnt wurde, ist die Befestigung der Bauteile ein wesentlicher Punkt. Da der Rahmen der G-Klasse ein geschlossenes Profil besitzt, ist die Befestigung aufwändiger als bei einem herkömmlichen C-Profil Rahmen. Bei dem C-Profil ist der Rahmen im Allgemeinen vorgestanzt und die Bauteile können ohne Probleme an den Rahmen angeschraubt werden. Bei einem geschlossenen Profil erfolgt die Befestigung der Bauteile nicht so einfach. Aufgrund der dünneren Blechstärke (3-4mm statt 7-10mm) muss eine Hülse, oder ein anderes Bauteil den Rahmen während der Befestigung in Querrichtung stützen.

Der wesentliche Unterschied der zwei Rahmenarten ist der folgende. Solange das C-Profil verwindungsweich ist, ist das geschlossene Profil verwindungssteif. Aus diesem Grund eignet sich das geschlossene Profil besser für höhere Geschwindigkeiten. Durch den Gedanken, dass die G-Klasse auch einen Rahmen mit offenem Profil haben könnte, wird eine Versteifungsmaßnahme des Rahmens des Unimog näher behandelt.

Die Anforderungen an das Befestigungskonzept sind die folgenden:

- keine maßgebliche Gewichtszunahme durch die nicht in Verwendung stehenden Befestigungselemente
- Schmutz und Feuchtigkeit dürfen nicht in das Innere des Rahmens gelangen
- einfaches Herstellverfahren
- einfache Abnahme und Befestigung der Montageteile

Die erste und einfachste Möglichkeit zur Befestigung der Montageteile wäre das Konzept von Schusser (siehe Abbildung 30). Er hat mit Hilfe von fix eingeschweißten Hülsen sein Fahrwerkskonzept befestigt. Außer der früher erwähnten Toleranzprobleme hat dieses Konzept weitere Nachteile. Bei dem modularen Rahmen gibt es insgesamt 12 Bauteile (4 Verzurrösen, 2 Aufbauhalter für die Einzelkabine, 2 Karosserielager für die Einzelkabine, 4 Karosserielager für die Doppelkabine), die schraubbar ausgeführt sind. Diese 12 Bauteile haben insgesamt 44 Befestigungspunkte am Rahmen. Im ungünstigsten Fall wird das Fahrzeug mit Einzelkabine ohne Verzurröse bestellt. Dies würde bedeuten, dass 32 am Rahmen befindliche Befestigungselemente nicht in Verwendung wären. Es gibt andere Möglichkeiten, die viel kostengünstiger umsetzbar sind. Diese Konzepte werden nachfolgend näher behandelt.

Eine andere Möglichkeit, die keine Gewichtszunahme durch die nicht in Verwendung stehenden Befestigungsteile verursacht, stellt Abbildung 43 dar. Wenn man das Aufbauhalter als Biegeteil durch ein Gussteil / Pressteil ersetzen würde, könnten die Hülsen in dem Bauteil integriert werden. Das bedeutet, dass wenn man ein Bauteil nicht benötigt, keine zusätzlichen Gewichte im Rahmen entstehen. Des Weiteren könnten die Quertoleranzen des Rahmens durch Nacharbeit am Bauteil

(zum Beispiel Schleifen) kompensiert werden. Überdies wäre die Herstellung des Rahmens viel günstiger, als bei dem vorigen Konzept. Die Rahmenprofile könnten entweder vorgestanzt oder nachträglich gebohrt werden. Bohren / Stanzen eines Rahmens ist viel günstiger als 44 Teile an den Rahmen zu schweißen.

Dieses Konzept wäre für alle Karosserie- und Aufbauhalter umsetzbar, deswegen wäre es ideal für das Unternehmen. Bei Nichtverwendung der Bauteile ist zu beachten, dass die Löcher am Rahmen mit Stoppeln dicht zu machen sind, damit kein Schmutz oder keine Feuchtigkeit in das Innere des Rahmens eintritt. Aufgrund der Robustheit des BA11 Rahmens würde sich die Steifigkeit des Rahmens infolge der 44 Löcher nicht maßgeblich ändern.

Des Weiteren würde mit diesem Konzept die Anzahl der dokumentierten Bauteile auch nicht steigen, da keine zusätzlichen Befestigungsteile zu dokumentieren wären.

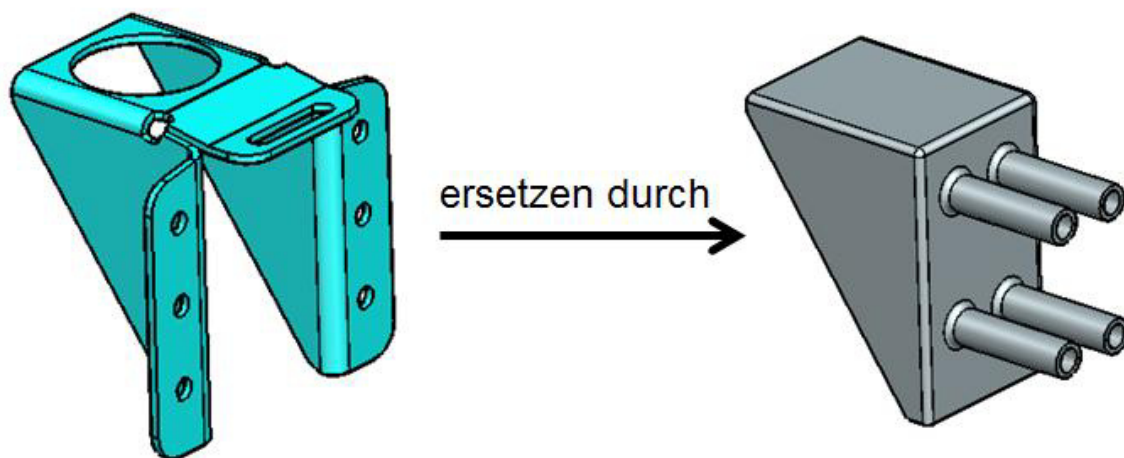


Abbildung 43: Befestigungskonzept der Aufbauhalter

Die Vereinigung der vorigen zwei Konzepte wäre die Hülse mit einer Beilagscheibe zu integrieren. Das bedeutet, dass die Ausführung dem Aufbauhalter in Abbildung 43 links ähnlich wäre, nur die Bohrungen wären größer. Die Hülsen wären im Bauteil nicht integriert, wie bei dem vorigen Konzept. Die im ersten Konzept benötigten Hülsen im Rahmen sind bei dieser Ausführung auch nicht mehr notwendig, wodurch Gewicht und Kosten eingespart werden können. Verbesserungspotential wäre bei diesem Konzept der Ausgleich der Quertoleranzen des Rahmens.

Eine weitere Idee zur Befestigung der Bauteile ist die Verwendung der vorhandenen Bauteile. Vor der vorderen Öse befinden sich zwei Querträger, die die zwei Längsträger des Rahmens in Querrichtung steifer machen. Beide Längsträger haben ein geschlossenes Profil, deswegen bestünde die Möglichkeit, eines der Profile mit Gewinde nachzurüsten. Eine Hülse mit Gewinde könnte im Querträger eingeschweißt werden und die Verzurröse im Querträger eingeschraubt werden. Nach Präsentation der Idee wurde festgestellt, dass so ein Konzept schon früher (vor ca. 15 Jahren) im Einsatz war. Abbildung 44 zeigt das damalige Konzept. Die Lösung war damals für die BA6 konzipiert, deswegen könnte diese nicht vollständig übernommen werden.

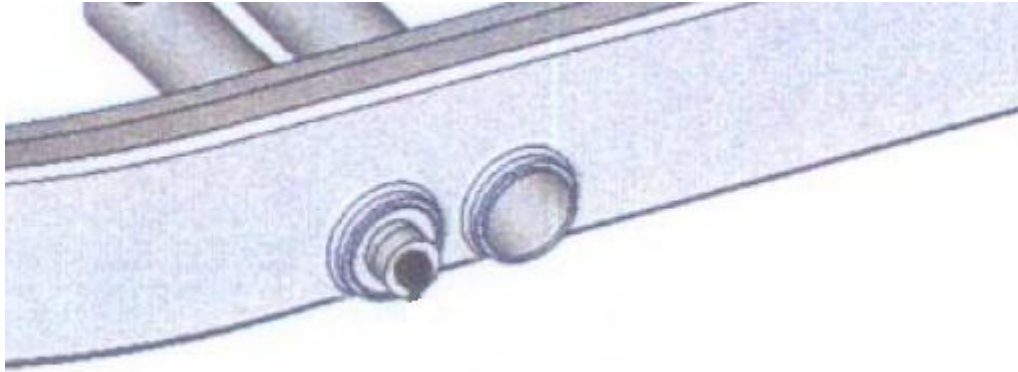


Abbildung 44: Verzurröse im Querträger⁶¹

Ein anderes Diskussionsthema war das geschlossene Profil durch ein C-Profil zu ersetzen. Vorteil des offenen Profils wäre, dass so ein Rahmen einfacher baukastenfähig gestaltet werden könnte. Aus diesem Grund hat sich die Entwicklung der G-Klasse an die Entwicklung des Unimogs gewendet. Die wichtigste Frage war, wie man einen Rahmen mit offenem Profil verwindungssteifer gestalten kann.

Der Unimog hochgeländegängig ist in vielen Gewichtsklassen erhältlich. Das zulässige Gesamtgewicht variiert zwischen 7,5t und 15t. Infolge, dass der Unimog ein geländegängiges Nutzfahrzeug ist, müssen die Fahrzeuge mit jeder Gewichtsklasse geländetauglich sein. Aus diesem Grund gibt es unterschiedliche Verstärkungsmaßnahmen des Rahmens, da der serienmäßige Rahmen für die schwerste Gewichtsvariante zu weich wäre.

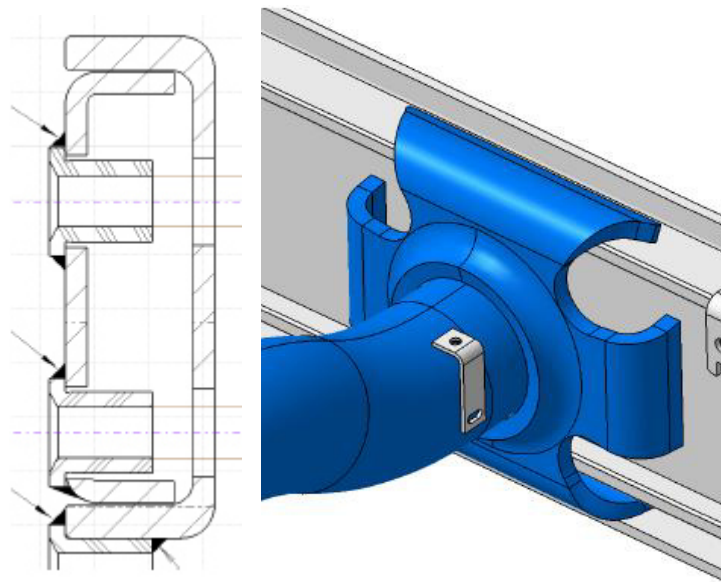


Abbildung 45: Verstärkungsmaßnahmen des Unimog Rahmens (Querschnitt Rahmen links, Anbindung des Querträgers rechts)

Ein sehr wichtiger Unterschied zwischen der G-Klasse und dem Unimog ist, dass die Maximalgeschwindigkeit der G-Klasse 160 km/h beträgt und bei dem Unimog nur 80 km/h. Der

⁶¹ Interne Quelle der Daimler AG

Geschwindigkeitsbereich der G-Klasse verlangt den Einsatz eines steiferen Rahmens. Aus diesem Grund wurde nur der verwindungssteifste Rahmen des Unimogs überprüft.

Bei hoher Krafteinleitung wird der Unimog Rahmen auch geschlossen ausgeführt (siehe Abbildung 45 links). Ein zweites C-Profil (Einlage) wird in das originale C-Profil geschoben, um die Verwindungssteifigkeit des Rahmens zu erhöhen. Die Befestigung der Bauteile erfolgt ähnlich wie bei den schon vorgestellten Konzepten. Hülsen werden zentrisch zu den Löchern am Rahmen eingeschweißt. Des Weiteren wird die Anbindung der Querträger auch anders gestaltet (siehe Abbildung 45 rechts). Die Schweißnaht der herkömmlichen rohrförmigen Querträger, die zu dem Rahmen geschweißt sind, würde bei hoher Belastung aufreißen. Aus diesem Grund wird die Anbindung, wie es auf der Abbildung 45 rechts ersichtlich ist, anders gestaltet.

Zusammengefasst kann man sagen, dass ein Rahmen mit offenem Profil für die G-Klasse nicht geeignet wäre. Aufgrund der geringen Verwindungssteifigkeit des offenen Rahmens müsste der Rahmen immer mit Hilfe von Steifigkeitsmaßnahmen zu einem geschlossenen Profil gestaltet werden. Aufgrund der On- und Offroad-Anforderungen an die G-Klasse wäre die Beibehaltung des geschlossenen Profils vorteilhaft für das Unternehmen.

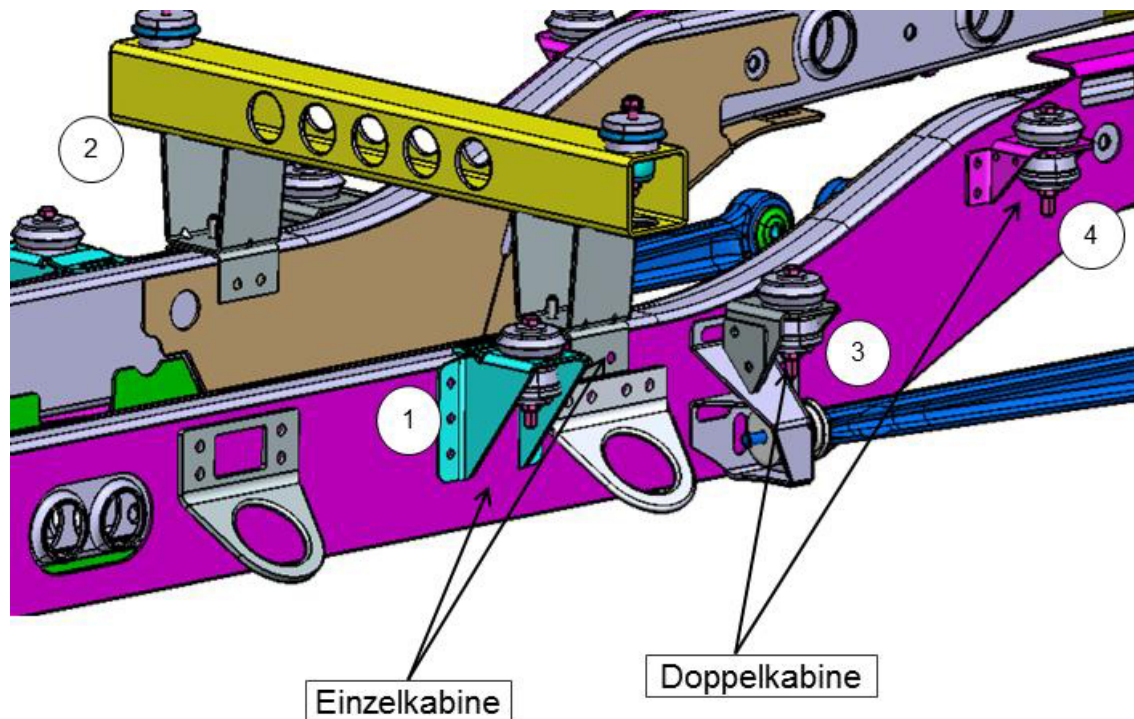


Abbildung 46: Modulares Konzept für den Rahmen der G-Klasse

3.5.5 Modularer Rahmen - Gesamtkonzept

Das finale Konzept setzt sich aus dem zweiten Konzept der Einzelkabine und dem vorgestellten Konzept der Doppelkabine zusammen. Aufgrund des engen Zeitraums und des großen Umfangs dieser Arbeit wurde kein Befestigungskonzept ausgewählt. Infolge dessen, sind die Bauteile ohne Befestigung dargestellt. Wie es in Abbildung 46 ersichtlich ist, eignet sich der 6x6-Rahmen sowohl für die Einzelkabine, als auch für die Doppelkabine. Bei der Einzelkabine-Ausführung werden die Bauteile 1 und 2 benötigt, bei der Doppelkabine-Ausführung die Bauteile 3 und 4. Die Verzurrösen sind unabhängig von den anderen Bauteilen austauschbar und bei Bedarf abnehmbar. Ein weiterer

Unterschied zum Originalkonzept ist der Halter der Abgasanlage auf der rechten Seite (siehe Abbildung 36). Wie schon früher erwähnt, ist der Halter bei der Einzelkabine-Ausführung mit dem Aufbauhalter mitzuschrauben und bei der Doppelkabine-Ausführung mit einer Beilagscheibe zu befestigen.

Es gibt noch einen offenen Punkt der Konstruktion, der noch verbesserungswürdig ist. Auf der rechten Seite ist das Aufbauhalter der Einzelkabine zu nah zu dem Endschalldämpfer der Abgasanlage (Abstand beträgt 18,5 mm). Aufgrund der Hitzentwicklung neben diesem Bauteil wäre ein Hitzeschutzblech für das Aufbauhalter zu konstruieren. Da ein Aufbauhalter der BR463 ein ähnliches Hitzeschutzblech hat, könnte das Konzept mit Adaptionen übernommen werden.

Obwohl das Konzept inhaltlich passt, gibt es noch ein sehr großes Problem mit dem Rahmen. Wie schon früher erwähnt wurde, ist der BA11-Rahmen aus Kostengründen ein verstärkter und verlängerter BA9-Rahmen. Aufgrund der Prämisse, dass die Fahrzeuge mit Hubschrauber außen transportierbar sein müssen, wurde der Rahmen außen und im Inneren verstärkt. Aus diesem Grund wären noch weitere Änderungen am Rahmen notwendig. Wie in Abbildung 47 ersichtlich ist, gibt es im Inneren des Rahmens noch ein zusätzliches Verstärkungsblech. Infolge dessen gibt es Stellen, bei denen 4 Bleche durchgebohrt werden müssten. Das Verfahren nachträgliches Bohren würde sich in diesem Fall nicht für die Locherzeugung eignen. Es gäbe zwei Möglichkeiten, um die Montageteile befestigen zu können:

- Bleche vorstanzen
- Verstärkungen anders gestalten

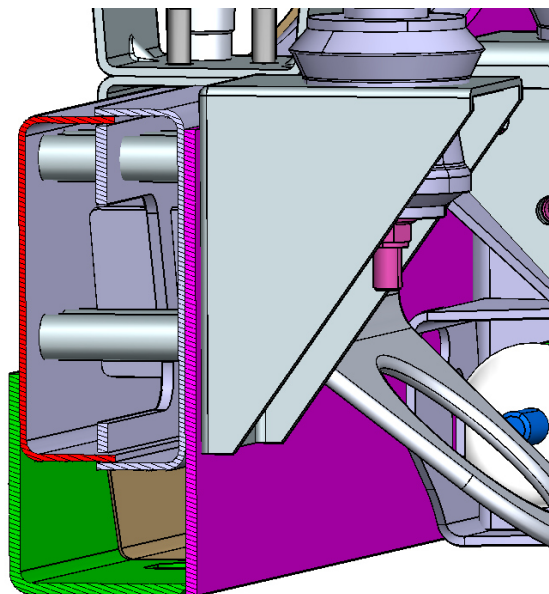


Abbildung 47: Querschnitt des BA11-Rahmens

Das Problem des ersten Befestigungsansatzes ist, dass aufgrund der großen Toleranzen die korrekte Herstellung des Rahmens sehr schwierig wäre. Der Nachteil des zweiten Ansatzes ist, dass der Aufwand der Änderung der Verstärkung immens wäre. In diesem Fall wäre eine neue Rahmenkonstruktion, die die Baukastenthematik ermöglicht, viel logischer.

Eine andere Möglichkeit wäre die Anforderungen an die BA11 mit den Kunden abzuklären. Welche Prämissen muss die MBG GmbH mit der BA11 erfüllen? Muss das Fahrzeug unbedingt mit dem Hubschrauber außen transportierbar sein? Wird diese Erwartung nur von der Angebotsbeschreibung gefordert, oder werden die Fahrzeuge tatsächlich so transportiert? Ist es wirklich wünschenswert die Fahrzeuge lieber modular zu gestalten als die erwähnte Sonderausstattung zu behalten? Wenn die MBG GmbH auf diese Fragen Antworten bekommen würde, könnte eine noch zielgerichtetere Entscheidung getroffen werden. Falls der soeben angeführte Transport doch nicht gefordert wird, könnten die Verstärkungsbleche des Rahmens wegfallen. In diesem Fall wäre ein baukastenfähiger Rahmen doch möglich. Um die Antwort auf dieses Problem zu erhalten, sollte die MBG GmbH eine ausführliche Marktrecherche durchführen. Aber wenn die Geschäftsführung oder die Kunden die Sonderausstattung doch behalten möchten, gäbe es keine Möglichkeit den Rahmen modular umzukonstruieren.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die jetzige Konstruktion des Rahmens nicht baukastenfähig ist. Aufgrund der Erweiterung des BA9-Rahmens beinhaltet die Konstruktion schon viele Ersatzlösungen, die das Umkonstruieren des Rahmens auf ein Baukastensystem nicht erlauben. Die wichtigste Frage ist, ob es sich lohnt, den Rahmen soweit zu ändern bis er baukastenfähig ist. Die bisherigen Untersuchungen haben ein negatives Ergebnis für den wirtschaftlichen Faktor aufgewiesen. Aus diesem Grund wäre die Entwicklung eines neuen Rahmens vorteilhaft für die MBG GmbH. Mit Hilfe eines ganz neuen Rahmens könnten fünf Verbesserungspotentiale seitens der Konstruktion (siehe Tabelle 6) erzielt werden. Des Weiteren würde sich das Fahrzeug besser für die Produktvielfalt eignen.

3.6 Bereits umgesetzte Verbesserungsvorschläge

Dieses Kapitel behandelt die im Rahmen dieser Masterarbeit umgesetzten Verbesserungen, mit deren Hilfe das Unternehmen jetzt schon effektiver arbeiten kann.

3.6.1 Stücklistenbereinigung

Um die technischen Daten zusammenfassen zu können, wurden die dokumentierten Bauteile hinsichtlich deren Aktualität überprüft. Infolge dessen konnte festgestellt werden, dass viele nicht in Verwendung stehende Bauteile dokumentiert waren (siehe Abbildung 20). Mit Hilfe dieser Informationen konnten die Stücklisten der Hauptelemente (Rahmen, Achsen, Karosserie) bereinigt werden. Zum Beispiel wurde die Anzahl der dokumentieren Vorderachsen von 19 auf 15 reduziert (siehe Abbildung 48). Eine gepflegte Stückliste dient zur Transparenz im Unternehmen.

Ausgabe Stückliste																												
Baureihe-Submodul:		C461	800002	Benennung: ZB VORDERACHSE VST. (BESTELLBEGRIFF)																								
<input checked="" type="radio"/> Stand zu Stichtag <input type="radio"/> alle Stände <input type="radio"/> Stand zu KEM		<input type="text"/> < Historie Historie >																										
POS ab:		<input type="text"/> <input type="text"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>																										
ETK	VB	KF	POS	PV	WW	ST	Teil	BK-KZ	ZB	Benennung	Codebedingung	LK	V	ME	FAK MG	R FAK	FAS MG	R FAS	FFH MG	R FFH	FFK MG	R FFK	FLL MG	F				
E		GS	0100			01				POS (VORDERACHSE)																		
K		GS	0100	025	01		A 463 330 67 00		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP6;	L	ST															
K		GS	0100	030	01		A 461 330 11 01		ZB	VORDERACHSE VST RL	XP6;	R	ST															
K		GS	0100	035	01		A 461 330 07 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP3/XP7/XP6+(D46/G50);	L	ST															
K		GS	0100	085	01		A 461 330 44 97		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP5;	L	ST															
K		GS	0100	090	01		A 461 330 01 94		ZB	VORDERACHSE VST 6...	XP2+AC5;	L	ST															
K		GS	0100	100	01		A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...		L	ST															1,000
K		GS	0100	110	01		A 461 330 49 97		ZB	V-ACHSE VST RL	XP3/XP7/XP6+(D46/G50);	R	ST															
K		GS	0100	150	01		A 461 330 44 97		ZB	VORDERACHSE VST LL	188IE5;	L	ST															
K		GS	0100	160	01		A 461 330 48 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	188IE5;	R	ST															
K		GS	0100	200	01		A 463 330 66 00		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP6+XZ4;	L	ST															
K		GS	0100	210	01		A 463 330 77 00		ZB	VORDERACHSE VST RL	XP6+XZ4;	R	ST															
K		GS	0100	300	01		A 461 330 09 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	XP3/XP7/XP6+(D46/G5...	L	ST															
K		GS	0100	310	01		A 461 330 22 01		ZB	VORDERACHSE VST	XP3/XP7/XP6+(D46/G5...	R	ST															
K		GS	0100	400	01		A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...	XP5+XZ4;	L	ST															
K		GS	0100	500	01		A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...	XZ4;	L	ST															1,000
K		GS	0100	515	01		A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...	(188IE5)+XZ4;	L	ST															
K		GS	0100	520	01		A 461 330 42 97		ZB	VORDERACHSE VST RL	(188IE5)+XZ4;	R	ST															
K		GS	0100	800	01		A 461 330 12 01		ZB	VORDERACHSE VST	XG0;	L	ST															
K		GS	0100	900	01		A 461 330 09 98		ZB	VORDERACHSE VST LL	TA1+G50+XP6+XZ4;	L	ST															
K		GS	0100	901	01		A 461 330 52 97		ZB	VORDERACHSE VST ...	TA1+188+XZ4;	L	ST															

Abbildung 48: Bereinigte Stückliste

Infolge, dass die Zusammenarbeit unter den Abteilungen Technik und Entwicklung jahrelang verbesserungswürdig war, ist die Stücklistenbereinigung ein erheblicher Vorteil für die MBG GmbH. Trotzdem wird in der Zukunft die regelmäßige Kommunikation zwischen den Abteilungen sehr wichtig sein, damit solche Probleme später vermieden werden können.

Ein Verbesserungspotential der Stückliste ist noch vorhanden, weil noch immer nicht jede Achse einem Gewichtscode zugeordnet ist. Falls diese Korrektur in der nahen Zukunft erfolgen würde, wäre die Stückliste viel logischer gestaltet.

3.6.2 Unterlagen für die Entwicklung

Die im Unterkapitel 3.1 Erhebung, Analyse und Priorisierung der technischen Daten der G-Klasse gezeigten Unterlagen sind schon in Verwendung bei der MBG GmbH. Natürlich sind die Unterlagen noch verbesserungsfähig. Zum Beispiel ist die Zusammenfassung der technischen Daten noch immer nicht vollständig, da die Böschungs- und Rampenwinkel noch abzuklären sind. Trotzdem ist es sehr wichtig, dass die Bereitschaft zur Vervollständigung der Daten im Unternehmen vorhanden ist. Sobald die Unterlagen vervollständigt sind, wird das Unternehmen viel schneller und effektiver die Angebote bearbeiten können.

Mit Hilfe dieser Unterlagen wurden andere Standardwerkzeuge der MBG GmbH, wie die Baubarkeitsmatrix (siehe Abbildung 21) mit den richtigen technischen Daten aktualisiert. Des Weiteren ist die Einteilung der Sonderausstattungen auch schon ein Standardwerkzeug im Unternehmen. Aufgrund des logischen Aufbaus wird diese Unterlage nicht nur von der Entwicklung sondern auch von der Abteilung Technik verwendet.

Diese Unterlagen dienen dazu, dass das Wissen im Unternehmen personenunabhängig gestaltet wurde. Infolge dessen wird die Schulung neuer Mitarbeiter in der Zukunft viel schneller gelingen. Des Weiteren wird die Dokumentation der bisherigen Projektfahrzeuge besser erfolgen. Wenn jedes Jahr die technischen Daten aktualisiert werden und die alten Unterlagen nicht gelöscht werden, kann jeder Mitarbeiter nachschauen, welche Fahrzeuge in der Vergangenheit angeboten wurden. Da früher solche Unterlagen nur unter erheblichem Aufwand beschaffbar waren, ist es auch sehr vorteilhaft für das Unternehmen

Damit die Daten vervollständigt werden können, muss noch die Funktion Gewichtsmanagement ausgebaut werden. Da dieses Problem ein Teil des Kapitels 4 Schlussfolgerung und Folgeprojekte bildet, wird es später näher behandelt.

4 Schlussfolgerung und Folgeprojekte

4.1 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse

Diese Masterarbeit hat gezeigt, dass die Prozesse der MBG GmbH verbesserungsfähig sind. Aufgrund der historisch mitgewachsenen Prozesse war die Durchleuchtung ausgewählter Prozesse wünschenswert für die MBG GmbH. Obwohl das Ziel der Masterarbeit die Machbarkeitsanalyse eines modularen Aufbaus für die G-Klasse war, haben im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Untersuchungen gezeigt, dass ohne Vollständigkeit der benötigten Information der Aufbau eines Baukastensystems nicht ohne weiteres umsetzbar ist. In diesem Unterkapitel werden der Ablauf der Masterarbeit und deren Ergebnisse näher behandelt.

Zunächst wurden Baukastensysteme im Daimler-Konzern analysiert und verglichen. Eine wichtige Thematik der Untersuchung war, wie die Produktvielfalt bei Unimog und Zetros beherrscht wird. Des Weiteren wurde die Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb in Deutschland analysiert. Das in Deutschland vorhandene Wissen wurde im Rahmen dieser Masterarbeit an verschiedenen Stellen als Basis verwendet und gegebenenfalls implementiert.

Als nächstes wurde die Zusammenarbeit von Entwicklung und Vertrieb hinsichtlich einer effektiveren Arbeitsweise bei Militärprojekten untersucht. Nachdem der gelebte Ablauf der Angebotsbearbeitung ermittelt wurde, konnte dies mit dem festgelegten Prozess verglichen werden. Das Ergebnis der Analyse war, dass sowohl der gelebte Prozess, als auch der festgelegte Weg der Angebotsbearbeitung Optimierungspotential hat. Des Weiteren konnte auch mit der Hilfe des Vertriebs festgestellt werden, dass die Basis der Zusammenarbeit, die technischen Daten der G-Klasse, entweder nicht vorhanden oder nicht fehlerfrei waren. Nachdem die technischen Daten priorisiert wurden, konnte mit der Datenerhebung begonnen werden.

Die vorhandenen technischen Daten der G-Klasse wurden zunächst hinsichtlich Korrektheit untersucht. Diese Untersuchungen haben der Entwicklung verdeutlicht, dass technische Angaben in unterschiedlichen Ablagesystemen voneinander abweichende Werte aufweisen. Dies konnte folgendermaßen begründet werden: Aufgrund des nicht optimalen Aufbaus und der „Unbeliebtheit“ des aktuellen Ablagesystems wurden diese Daten in der Vergangenheit nicht zentral abgelegt, sondern jeder Fachbereich hat seine eigenen Datenstände intern archiviert. Infolge dessen beanspruchte die Erhebung dieser Informationen einen großen Teil der Masterarbeit, da diese doch die Basis für eine weitergehende Betrachtung darstellen.

Das erste Ergebnis dieser Masterarbeit war die systematische Zusammenfassung der technischen Daten für das Unternehmen (siehe Abbildung 22, Abbildung 23, Abbildung 24 und Abbildung 26). Die Unterlagen dienen zur mehr Transparenz im Unternehmen und mit deren Hilfe kann die MBG GmbH in Zukunft effektiver und schneller die Angebote bearbeiten. Des Weiteren kann die verbesserungswürdige Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb von diesen Unterlagen profitieren. Da nun die Abteilungen den gleichen Informationsstand im Unternehmen haben, können Missverständnisse in der Zukunft vermieden werden. Auf Basis der technischen Daten wäre die Einführung einer „baukastensystembasierten“ Software seitens des Vertriebs wünschenswert. Diese Software würde dazu dienen, die Angebote einfacher aus technischem Aspekt bearbeiten zu können bzw. die Auswahl der am besten geeigneten Modellausführung zu erleichtern. Das

Anforderungsprofil dieser Software, das im Rahmen dieser Masterarbeit erstellt wurde, dient als Basis für eine mögliche Realisierung der Software.

Zuletzt erfolgte die tatsächliche Machbarkeitsanalyse eines modularen Aufbaus. Es wurden Verbesserungspotentiale in der Konstruktion gesucht, damit sich das Fahrzeug besser für die Produktvielfalt eignet. Außer der konstruktionsseitigen Optimierungen wurden auch Vertriebswünsche analysiert, mit deren Hilfe der Erfolg der G-Klasse aufrechterhalten werden kann. Nach Auswahl eines Optimierungspotentials erfolgte die Untersuchung hinsichtlich Umsetzbarkeit der Änderung. Konstruktionsseitige und wirtschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass sich der BA11-Rahmen leider nicht für einen modularen Rahmen eignet. Aufgrund des komplexen Rahmens wäre die Änderung der Konstruktion nicht wirtschaftlich. Aus diesem Grund wurde der MBG GmbH die Entwicklung eines neuen Rahmens empfohlen, falls das Unternehmen ein Baukastensystem ausbauen möchte.

Als Schlussfolgerung zur vorliegenden Masterarbeit können die folgenden Aussagen getroffen werden:

- Das Wissen in der MBG GmbH wurde personenunabhängiger gestaltet
- Das aktuelle Dokumentationssystem eignet sich für die Produktvielfalt, nur gewisse Eingabefehler im System müssen korrigiert werden
- Das Gewichtsmanagement sollte in der MBG GmbH aufgebaut werden
- Der Angebotsprozess ist neu zu gestalten (Entwicklung muss intensiver miteinbezogen werden)
- Bei Streichung einer Sonderausstattung muss die Entwicklung informiert werden
- Die Ergebnisse der Untersuchungen (Unterkapitel 3.4 Bewertung der Verbesserungsvorschläge) sind in der Zukunft bei den Modellpflegen der BR461 zu berücksichtigen
- Der aktuelle BA11-Rahmen ist derzeit nicht baukastenfähig
- Die Baukastenfähigkeit des BA6- und BA9-Rahmens ist zu untersuchen
- Eine „baukastensystembasierte“ Software würde sich als effektiv zur Unterstützung der Zusammenarbeit von Entwicklung und Vertrieb erweisen
- Die im Rahmen dieser Masterarbeit erstellten Dokumente sind zu pflegen

Im Rahmen dieser Masterarbeit konnten viele Informationen ermittelt werden, mit deren Hilfe die MBG GmbH in der Zukunft effektiver arbeiten kann. Wenn die Bereitschaft zur Verbesserung der bestehenden Abläufe innerhalb der MBG GmbH in Zukunft vorhanden bleibt, kann die Firma immense Vorteile hinsichtlich Wettbewerbsfähigkeit im Militärssegment erzielen.

4.2 Aufbau eines Baukastensystems in der Zukunft

Obwohl der aktuelle BA11-Rahmen nicht modular ausgeführt werden kann, bedeutet das nicht, dass die G-Klasse nie ein Baukastensystem besitzen wird. Aus diesem Grund wurden Ideen generiert, wie das Baukastensystem in der Zukunft aufgebaut werden könnte. In diesem Kapitel wird die Annahme getroffen, dass die Konstruktion der G-Klasse modular ausgeführt werden kann.

Zunächst könnten die Bauteile in Gruppen eingeteilt werden. Je nach-dem, wie oft ein Bauteil verkauft wird, hat es eine andere Wichtigkeit für das Baukastensystem (siehe Unterkapitel 1.2 Grundlagen der Baukastensysteme). Mit Hilfe der Vorgänger-Projektfahrzeuge könnten die Bauteile, die mindestens 2000-mal pro Jahr verkauft werden, in die folgenden drei Gruppen eingeordnet werden:

- Grundbaukasten: Bauteile, die in jedem Fahrzeug verbaut werden
- Baukasten für Militärfahrzeuge: Bauteile, die nur in den Militärfahrzeugen verbaut werden
- Baukasten für zivilen Einsatz: Bauteile, die nur in Fahrzeugen für zivilen Einsatz verbaut werden

Infolge, dass gewisse Bauteile nicht in der Mehrheit der Fahrzeuge verbaut sind, werden nicht alle Bauteile in das Baukastensystem miteinbezogen. Aus diesem Grund gäbe es eine vierte Gruppe, die die projektspezifischen Bauteile enthalten würde. Diese Bauteile wären in dem Baukastensystem nicht dokumentiert, da die selten vorkommenden Bauteile im modularen Aufbau nicht miteinbezogen werden müssen.⁶²

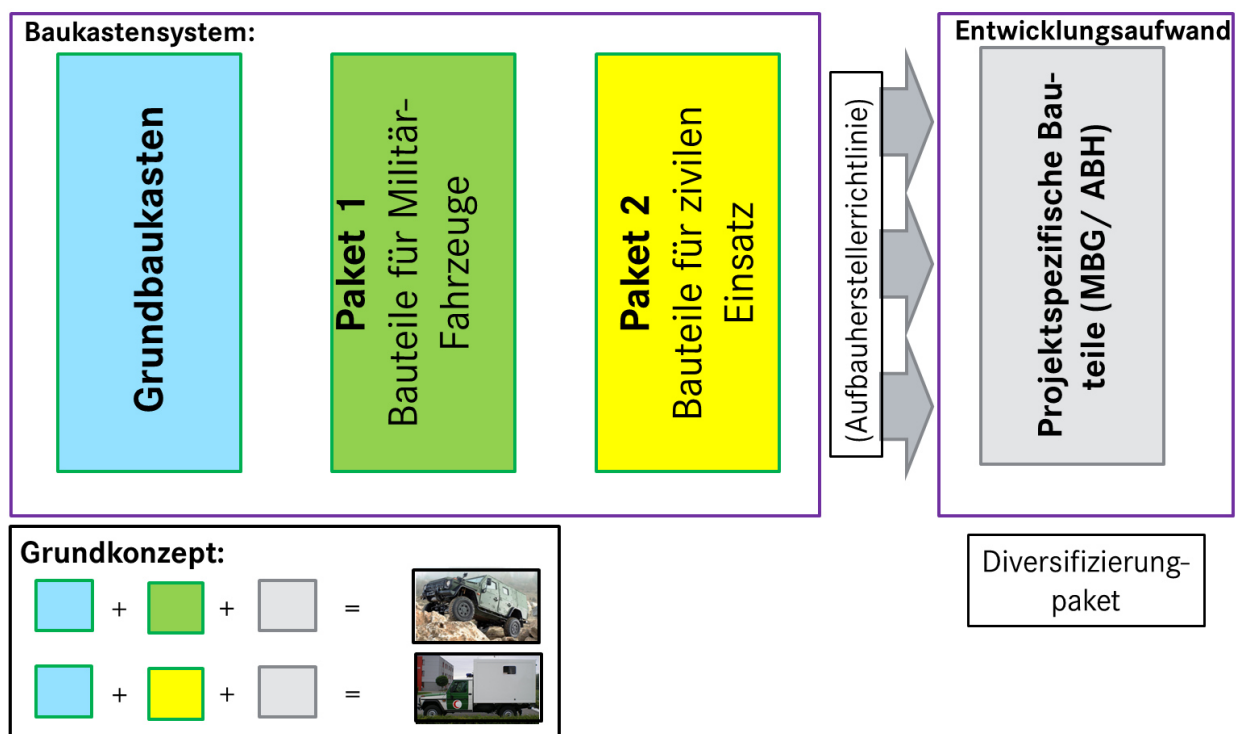


Abbildung 49: Konzept eines möglichen Baukastensystems

⁶² Vgl. PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre (2013), S.847.

Wie es in Abbildung 49 ersichtlich, könnten die Fahrzeuge mit Hilfe dieser vier Gruppen "entwickelt" werden. Bei der Auslegung des Baukastensystems ist zu beachten, dass die Anschlüsse zu den projektspezifischen Bauteilen so auszuarbeiten sind, dass die Erweiterung des Systems einfach erfolgen kann. So kann ein Baukastensystem der Produktvielfalt beitragen und es lassen sich neue Fahrzeugvarianten einfacher ableiten als bisher. Des Weiteren werden die Aufbauhersteller auch effektiver Aufbauten für die G-Klasse entwickeln können.

Natürlich ist bis zur Realisierung dieses Konzepts relativ viel an den Prozessen des Unternehmens und der Konstruktion des Fahrzeuges zu ändern. Aber wenn diese Änderungen konsequent erfolgen, kann die MBG GmbH mit Hilfe dieses Konzeptes ein vollständiges Baukastensystem aufbauen.

4.3 Folgeprojekte

Wie es schon in dem Unterkapitel 4.1 Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse erwähnt, ist diese Masterarbeit nur der erste Schritt zu einem effektiveren Betrieb der MBG GmbH. Aus diesem Grund werden hier weitere Aufgaben erwähnt, die von der MBG GmbH durchzuführen sind, damit das Unternehmen noch erfolgreicher die Kundenwünsche befriedigen kann.

4.3.1 Gewichtsmanagement

Wie schon in dieser Masterarbeit öfters angeführt wurde, ist die Funktion Gewichtsmanagement ein sehr wesentlicher Bestandteil in dem Militär- / Nutzfahrzeugsegment. Da diese Rolle bei der MBG GmbH noch nicht vollständig aufgebaut / ausgebaut ist, hat das Unternehmen in diesem Bereich noch Optimierungsbedarf. Mit Hilfe eines funktionierenden Gewichtsmanagementsystems können viele Fehler vermieden werden. Des Weiteren können mit einem Gewichtsmanagementsystem neue Umfänge einfacher entwickelt und bewertet werden.

Wenn das System als Standard im Unternehmen eingeführt wird, könnte die MBG GmbH einen Excel-basierten Gewichtskalkulator den Kunden / Aufbauherstellern zukommen lassen. Der Kunde / Aufbauhersteller sollte nur ankreuzen, welche Sonderausstattungen in dem jeweiligen Fahrzeug verbaut sind und das System würde die Lage des Schwerpunktes bzw. das maximale zulässige Gewicht des Aufbaus ermitteln. Solche Informationen würden dazu dienen, dass in der Zukunft weniger Schäden mit der G-Klasse auftreten.

Infolge, dass die Nutzfahrzeuge der Daimler AG Gewichtskalkulatoren schon seit Jahren in Verwendung haben, könnte die MBG GmbH als Basis diese Tabelle verwenden. Mit Hilfe des bereits vorhandenen Know-hows könnte die Entwicklung eines Gewichtskalkulators in der Zukunft viel einfacher und schneller geschehen.

Natürlich bedeutet das vollständige Gewichtmanagement keine Excel-basierte Tabelle. Ein solches System sollte bei der Daimler AG über das PDM System Smaragd laufen und detaillierter ausgearbeitet werden. Der Gewichtskalkulator wäre nur der erste Schritt zum Ausbau eines Gewichtsmanagementsystems und wäre vorteilhaft für die Kunden der MBG GmbH.

4.3.2 Weiterführende Masterarbeiten

Wie die Ergebnisse dieser Masterarbeit auch gezeigt haben, gibt es Optimierungspotentiale in der MBG GmbH. Aus diesem Grund wäre es für das Unternehmen vorteilhaft, wenn die in dieser Masterarbeit erwähnten Verbesserungspotentiale in der Zukunft näher ausgearbeitet werden würden.

Als wichtige Projekte könnten die folgenden Themen näher behandelt werden:

- Entwicklung einer baukastensystembasierten Software, damit die Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Vertrieb effektiver wird (siehe Unterkapitel 3.2 Verbesserungsvorschläge zu einer besseren Zusammenarbeit)
- Machbarkeitsanalyse eines modularen Rahmens für die BA11 (siehe Unterkapitel 3.3.4 Rahmen als Montageteil ausführen)
- Machbarkeitsanalyse eines modularen Aufbaus (inkl. Rahmen, Achsen, Karosserielager) für die BA6 und BA9

- Machbarkeitsanalyse einer neuen Sitzbank für die BA6, damit diese als Fünfsitzer ausgeführt werden kann (siehe Unterkapitel 3.3.7 Vertriebswünsche)
- Neue Anhängervorrichtung für die BA9 (siehe Unterkapitel 3.3.7 Vertriebswünsche)
- Machbarkeitsanalyse eines Gewichtsmanagementsystems für die BR461 (siehe Unterkapitel 4.3.1 Gewichtsmanagement)

Literaturverzeichnis

Es wurden neben den angeführten Quellen interne Dokumente der Daimler AG verwendet, welche nicht veröffentlicht werden dürfen.

AUTOEVOLUTION – AUTOMOTIVE NEWS AND CAR REVIEWS, Mercedes-Benz Will Switch to Just Four Car Platforms, <http://www.autoevolution.com/news/mercedes-benz-will-switch-to-just-four-car-platforms-78508.html>, Abfrage vom: 20.11.2014

CROY S.R.O., Fahrwerkskompetenz, <http://www.croy.cz/de/unimog/modell/unimog-u4023-u5023/fahrwerkskompetenz/>, Abfrage vom: 24.11.2014

DAIMLER GLOBAL MEDIA SITE, Mercedes-Benz Zetros: Hochgeländegängig mit schwerster Last auf und unter Tage, <http://media.daimler.com/dccom/0-921-658961-49-1571263-1-0-0-0-0-0-11702-0-0-1-0-0-0-0-0.html>, Abfrage vom: 21.11.2014

DESIGN YOU TRUST, Phoneblocks - A Phone That You Can Build Like Lego, <http://designyoutrust.com/2013/10/phoneblocks-a-phone-that-you-can-build-like-lego/>, Abfrage vom: 12.08.2014

ENGELHARDT, S – Einheitliches Heckwagenkonzept für eine zukünftige PKW-Plattform, Masterarbeit, Stuttgart 2014

FRANK, H.-J. et al. – Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung, 1. Auflage, 2002

HANDELSBLATT, Autos nach dem Prinzip Lego, <http://www.handelsblatt.com/auto/test-technik/die-neuen-produktions-baukaesten-autos-nach-dem-prinzip-lego-seite-all/7176548-all.html>, Abfrage vom: 20.11.2014

HOEPKE, E.; BREUER S. – Nutzfahrzeugtechnik, 7. Auflage, 2012

MCALINDEN, S. P.; SMITH, B. C.; SWIECKI, B. F. - The Future of Modular Automotive Systems: Where are the Economic Efficiencies in the Modular-Assembly Concept?, Michigan 1999

MERCEDES-BENZ G GMBH - HOME, Seit 1979 der Maßstab im Gelände, <http://www.mercedes-benz-g.at/mbcg/0-1108-1211438-49-1213272-1-0-0-0-0-1-0-1204232-0-0-0-0-0-0-0.html>, Abfrage vom: 11.08.2014

PAHL, G.; BEITZ, W. – Konstruktionslehre, 6. Auflage, 2004

PAHL, G.; BEUTZ, W. – Konstruktionslehre, 8. Auflage, 2014

SCHUSSER, M. – Entwicklung eines modularen Systems zur Verschraubung von Fahrwerkskomponenten am Leiterraum der Mercedes-Benz G-Klasse, Graz 2011

SPIEGEL ONLINE, Neues Konstruktion bei VW: Gleich ist geil, <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/neues-konstruktionssystem-bei-vw-gleich-ist-geil-a-814246.html>, Abfrage vom: 12.08.2014

STARTSEITE DAIMLER AG, Die Geburt des Automobils, <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1322446-49-1323352-1-0-0-1322455-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>, Abfrage vom: 07.01.2015

UNIMOG-MUSEUM – HOME, Historie Unimog, <http://www.unimog-museum.com/index.php?id=67>,
Abfrage vom: 21.11.2014

VOLKSWAGEN „AUTOGRAMM“ – Die Zeitung für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Marke
Volkswagen, Der Baukasten für die Zukunft, http://autogramm.volkswagen.de/01-02_12/standorte/standorte_01.html, Abfrage vom: 19.11.2014

VOLKSWAGEN „AUTOGRAMM“ – Die Zeitung für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Marke
Volkswagen, Der Baukasten des Erfolgs,
http://autogramm.volkswagen.de/11_10/wolfsburg/wolfsburg_01.html , Abfrage vom: 07.01.2015

WALLENTOWITZ, H. – Strukturentwurf von Kraftfahrzeugen, 3. Auflage, 2006

WALTNER, J. T.: Einsatz von Methoden der Digitalen Fabrik bei der Planung von
Produktionssystemen für die Automobilindustrie, Dissertation, Aachen 2002

WILHELM, B.: Konzeption und Bewertung einer modularen Fahrzeugfamilie, Dissertation, Aachen
2001

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau eines modularen Handys	3
Abbildung 2: Übersicht über Bauweisen.....	4
Abbildung 3: Offenes Baukastensystem für die Fördertechnik (Werkbild Demag, Duisburg)	5
Abbildung 4: Fahrzeugtypen der Fahrzeugfamilie COMBINO® als ein geschlossenes Baukastensystem	6
Abbildung 5: Nutzen der Plattformstrategie	10
Abbildung 6: Der Weg zum modularen Baukasten.....	11
Abbildung 7: Einheitliches Heckwagenkonzept bei zwei Mercedes PKW-s.....	12
Abbildung 8: Lochbild am Rahmen eines Mercedes LKWs	13
Abbildung 9: Modularer Querbaukasten der Volkswagen AG.....	13
Abbildung 10: Rahmen des Unimogs hochgeländegängig.....	17
Abbildung 11: Teil des Unimog-Variantenbaums	18
Abbildung 12: Bauausführung 6 der G-Klasse.....	21
Abbildung 13: Bauausführung 9 der G-Klasse.....	22
Abbildung 14: Bauausführung 11 der G-Klasse.....	22
Abbildung 15: LAPV	23
Abbildung 16: Modellausführung LRPV der G-Klasse	23
Abbildung 17: Angebotsprozess der G-Klasse (Stand 2010).....	27
Abbildung 18: Vorschlag für einen effektiveren Entwicklung-Vertriebs-Prozess	28
Abbildung 19: Auszug der Einteilung der Sonderausstattungs-codes	29
Abbildung 20: Stückliste der BR461 Vorderachsen	32
Abbildung 21: Auszug der Baubarkeitsmatrix.....	34
Abbildung 22: Zusammenfassung der technischen Daten der BR461.....	35
Abbildung 23: Deckblatt der Zusammenfassung der Fahrwerksteile	36
Abbildung 24: Auszug aus der Zusammenfassung der Fahrwerksteile	36
Abbildung 25: Fahrzeugkoordinatensystem	37
Abbildung 26: Produktvielfalt der G-Klasse BR461	38
Abbildung 27: Anwendungsbeispiel der Software.....	42
Abbildung 28: Vergleich Einzelkabine-Doppelkabine	45
Abbildung 29: 3D Vergleich normales und hohes Fahrwerk	47
Abbildung 30: Befestigung der Montageteile am Rahmen.....	48
Abbildung 31: Anschluss der Rahmenteile mit bisherigem Profil.....	49
Abbildung 32: Unterschiedliche Abgasanlagen der BR461.....	50
Abbildung 33: Karosserielager der Einzelkabine am Doppelkabine-Rahmen (3D Vergleich).....	54
Abbildung 34: Querträgeres als Schweißteil am Rahmen	55
Abbildung 35: Vergleich BA9- (oben) und BA11-Rahmen (unten).....	55
Abbildung 36: Kollision Aufbau-lager – Halter für Abgasanlage	56
Abbildung 37: Erstes Konzept	57
Abbildung 38: Geteiltes Konzept für die Befestigung des Querträgers.....	58
Abbildung 39: Erstes Konzept (links) und zweites Konzept (rechts) der Verzurröse.....	59
Abbildung 40: Vordere Verzurröse.....	59
Abbildung 41: Ausgangssituation mittleres Aufbau-lager der Doppelkabine.....	60
Abbildung 42: Das mittlere Aufbau-lager der Doppelkabine als Montageteil.....	60
Abbildung 43: Befestigungskonzept der Aufbau-lager	62

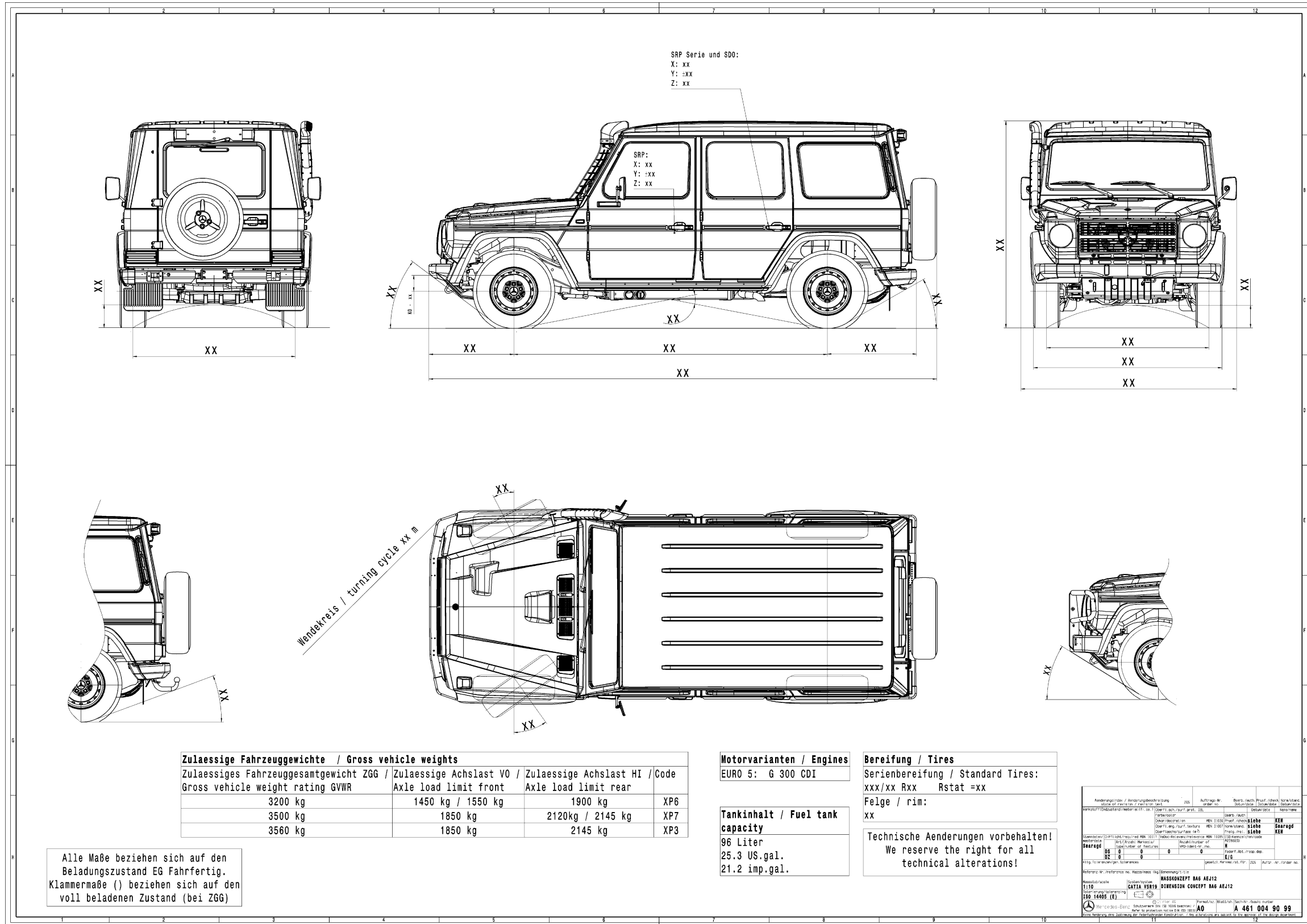
Abbildung 44: Verzurröse im Querträger	63
Abbildung 45: Verstärkungsmaßnahmen des Unimog Rahmens (Querschnitt Rahmen links, Anbindung des Querträgers rechts).....	63
Abbildung 46: Modulares Konzept für den Rahmen der G-Klasse	64
Abbildung 47: Querschnitt des BA11-Rahmens.....	65
Abbildung 48: Bereinigte Stückliste	67
Abbildung 49: Konzept eines möglichen Baukastensystems.....	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grundsätzliche Vorgehensweise zur Konzeptentwicklung	7
Tabelle 2: Variabilität der Modulbaukastenstrategie	14
Tabelle 3: Variantenvielfalt von Unimog	16
Tabelle 4: Technische Daten der BR461	23
Tabelle 5: Ansätze zur Reduzierung der Bauteilevielfalt	44
Tabelle 6: Bewertungsmatrix	52
Tabelle 7: Bewertung der Montageteile	52

Anhang

Maßkonzept der G-Klasse (BA9) – Maße wurden aus wettbewerbstechnischen Gründen unkenntlich gemacht



Reifen- größe	Hersteller	MB-Nummer Reifencode	Traglast / Reifen kg	Load Index	V max km/h	Speed Index	stat. Halbm. mm	Abroll- umfang mm	Durchm. mm	Breite mm	Gewicht kg
265/75R16 Mud Terrain	Bf Goodrich	A461 401 29 10 IE5	1550	123	160	Q	374	2458	818	267	23,3
265/75R16 All Terrain	Bf Goodrich	A461 401 25 10 I88	1550	123	160	Q	374	2458	818	267	23,3
245/75 R16 Mud Terrain	Kumho	A 906 401 09 00 IM0	1380	120	160	Q	361	2360	788	263	23,3
285/75 R16 All Terrain	Bf Goodrich	A 461 401 23 10 I92	1500	122	170	R	388	2555	839	280	26,2
265/70 R17,5 LCS	Continental	A 461 401 26 10 I95	2300	137	120	L	376	2492	817	262	33,5
265/70 R17,5 LDR1	Continental	A 461 401 27 10 I94	2430	139	130	M	376	2504	817	259	33,5
265/70 R16 Wrangler AT/SA	Goodyear	A 461 401 00 00 I93	1120	112	190	T	348	2373	778	275 (max)	18,9
245/75 R16 CrossContact Winter	Continental	A 020 401 63 10 IE0	1380	120	160	Q	347	2361	774 (max. 788)	248 (max. 263)	21,4