

FRÜHZEITIGE PRODUKTBEEINFLUSSUNG UND PRODUKTABSICHERUNG IM AUTOMOBILEN KAROSSERIEBAU – DAS PROJEKT PRO²KAR

Andreas Lucko, Henrich Brockmeyer, Frank Mantwill

Zusammenfassung

Die deutschen Automobilhersteller stehen gegenwärtig vor der Herausforderung, immer mehr Marktsegmente und Marktnischen mit Modellreihen und Derivaten besetzen zu müssen. Dabei gilt, dass der Absatz je Fahrzeugtyp sinkt, sich die Produktlebenszyklen verkürzen und die Dynamik des automobilen Welthandels wächst. In Folge gestaltet sich eine kostengünstige Produktion zusehends problematisch. Einen Ausweg aus dieser Situation bietet der Ansatz, neue Fahrzeugprojekte in standardisierte und im Idealfall in bestehende Produktionsanlagen zu integrieren. Dies erfordert einerseits eine Flexibilisierung der Produktionsanlagen und andererseits eine grundlegende Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der Karosserieentwicklung und der Produktionsplanung Karosserie. Mit dem zweiten Themengebiet beschäftigt sich das Forschungsprojekt Pro²Kar, das das übergeordnete Ziel hat, einen neuen Produktentstehungsprozess zu beschreiben, bei dem die beiden Unternehmensbereiche von Anfang an eng zusammenarbeiten. Der vorliegende Aufsatz gibt einen Überblick über den aktuellen Stand des Projekts.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die deutschen Automobilhersteller agieren heutzutage auf globalisierten Märkten. Auf diesen bieten sich zum einen neue Absatzchancen, jedoch verschärft sich zum anderen auch der internationale Wettbewerbsdruck. Parallel zur Globalisierung ist eine Regionalisierung der Märkte zu beobachten. Für die Kundenanforderungen, die auf diesen Märkten geäußert werden, gilt, dass sie immer individueller werden, wobei der Stimme des Kunden heute ein stärkeres Gewicht beigemessen wird als früher. In Folge dieser Trends stehen die deutschen Automobilhersteller vor der Herausforderung, immer mehr Marktsegmente und Marktnischen mit Modellreihen und Derivaten besetzen zu müssen. Da der Gesamtabsatz in den letzten Jahren nur bedingt gewachsen ist, bedeutet dies, dass der Absatz je Fahrzeugtyp sinkt. Zusätzlich hierzu fordern die Märkte eine signifikante Verkürzung der Produktlebenszyklen, und es gibt eine deutlich gestiegene Dynamik des automobilen Welthandels, so dass Absatzprognosen mit größeren Unsicherheiten behaftet sind als früher.

Unter den genannten Rahmenbedingungen gestaltet sich eine kostengünstige Produktion zusehends problematisch. So ist bisher mit der Einführung eines neuen Fahrzeugtyps oft noch eine umfassende Neuerstellung der Produktionsanlagen im Karosseriebau verbunden. Hierfür sind bei Großserienfahrzeugen Investitionen im dreistelligen Millionenbereich erforderlich. Diese müssen sich nun bei niedrigeren Stückzahlen und in kürzerer Zeit amortisieren. Wenn eine Produktionsanlage aufgrund ungenauer Absatzprognosen nicht ausgelastet ist, ist es nicht möglich, Produktionsvolumina von anderen Produktionsanlagen, die am Produktionslimit betrieben werden, zu übertragen.

Einen Ausweg aus dieser Problematik bietet der Ansatz, neue Fahrzeugprojekte (zusätzliche Derivate, andere Modellreihen, Nachfolgeprojekte) in standardisierte und im Idealfall in bestehende Produktionsanlagen zu integrieren, wie es japanische Automobilhersteller bereits heute tun. So sind diese in der Lage, bis zu 8 Karosserievarianten auf einer Produktionslinie herzustellen [10, 19]. Die Umsetzung dieses Ansatzes ist durch eine Mischung aus zwei Strategien zu erreichen. Einerseits benötigen die Produktionsanlagen trotz ihres hohen Automatisierungsgrades ein wohldefiniertes Maß an Flexibilität. Andererseits bedarf es einer Anpassung der Produkte an die Produktionsanlagen durch Produktbeeinflussung (proaktives Handeln) und Produktabsicherung (reaktives Handeln). Dies erfordert eine Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der Karosserieentwicklung und der Produktionsplanung Karosserie. Auf das zweite Themengebiet wird im Folgenden der Fokus gelegt.

Die Zusammenarbeit zwischen den beiden Unternehmensbereichen wird derzeit dadurch geprägt, dass unterschiedliche Ziele verfolgt werden. So beansprucht die Karosserieentwicklung für sich, ein erfolgreiches Produkt für den Markt entwickeln zu wollen, wobei u. a. Design, Funktion und Qualität eine bedeutende Rolle spielen. In diesem Zusammenhang wird häufig vernachlässigt, dass die Karosserieentwicklung einen erheblichen Einfluss auf die nachgelagerten Phasen des Produktentstehungsprozesses hat. Dabei gilt auch für die deutschen Automobilhersteller die vielzitierte Tatsache, dass in den frühen Phasen der Produktentwicklung zwar nur ein geringer Teil der Kosten aufgewendet werden muss, jedoch ein Großteil der Kosten festgelegt wird. Diese Werte liegen bei den Automobilherstellern bei 6% für die Kostenaufwendung [3] und bei rund 70% für die Kostenfestlegung [6]. Die Produktionsplanung Karosserie wiederum beansprucht für sich, das zukünftige Produkt so kostengünstig wie möglich fertigen zu wollen. Dementsprechend werden bekannte Verfahren, beherrschte Prozesse, und seit Neuerem nun Standardisierungen und die Nutzung von vorhandenen Produktionsanlagen als Ziele verfolgt.

Aufgrund der Verschiedenheit der Ziele ist gerade an dieser Schnittstelle in der industriellen Praxis das häufige Auftreten von Koordinationsproblemen evident [7]. So gilt wie bei allen komplexen Produkten bei einer Karosserie, dass der Großteil etwaiger Fehler, die während des Produktentstehungsprozesses entstehen, der Entwicklung zuzuordnen ist. Die meisten dieser Fehler werden erst zu einem späteren Zeitpunkt im Produktentstehungsprozess entdeckt und behoben [15]. Dies ist insofern von Nachteil, als dass der Aufwand und damit die Kosten einer Fehlerkorrektur nach der Zehnerregel mit der Zeit exponentiell steigen [16]. 18% bis 35% aller Entwürfe sind nicht produktionsgerecht und durchlaufen bis zu sechs Iterationsschleifen [17]. In [9] wird sogar festgestellt, dass der überwiegende Teil der Änderungen an CAD-Modellen von Karosserien der Herstellbarkeit dient, und nur in 40% der Fälle eine Änderung etwas mit einer Funktionsoptimierung zu tun hat, d. h. es werden Teile entworfen, die nicht oder nur schwer herzustellen sind.

Der bisher in der industriellen Praxis gelebte Produktentstehungsprozess sowie das bisher eingesetzte Maßnahmen-Portfolio zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der Karosserieentwicklung und der Produktionsplanung Karosserie, das aus Simultaneous Engineering, den derzeit in der Einführung befindlichen Werkzeugen der Digitalen Fabrik, Kompetenzerwerb durch Job-Rotations und temporär gemeinsam genutzten Projektbüros besteht, reichen nicht aus, um eine integrierte Arbeitsweise zu erreichen. Dies gilt erst recht im Hinblick auf die Herausforderungen, vor denen die deutschen Automobilhersteller nun stehen.

1.2 Zielsetzung

Diese Feststellung war der Beginn für das praxisorientierte Forschungsprojekt „Frühzeitige Produktbeeinflussung und Produktabsicherung im automobilen Karosseriebau“, kurz Pro²Kar, das zwischen der Professur für Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung (MRP) und einem deutschen Automobilhersteller vereinbart wurde. Das

übergeordnete Ziel von Pro²Kar ist die Beschreibung eines neuen Produktentstehungsprozesses, bei dem die Karosserieentwicklung und die Produktionsplanung Karosserie von Anfang an eng zusammenarbeiten. Dieser Produktentstehungsprozess soll durch ein geeignetes Maßnahmen-Portfolio unterstützt werden. Die erarbeiteten Vorschläge sollen im Rahmen von Pilotprojekten auf ihre Praxistauglichkeit untersucht werden.

Der vorliegende Aufsatz gibt einen Überblick über den aktuellen Stand des Projekts Pro²Kar. Da davon ausgegangen wird, dass über die Produktentstehung einer Karosserie wenig bekannt ist, wird zunächst eine kurze Einführung in die Thematik gegeben. Anhand dieser wird auch bewertet, in wie weit derzeit Produktbeeinflussung und Produktabsicherung betrieben wird. Im Anschluss hieran wird eine kritische Bewertung des bisher eingesetzten Maßnahmen-Portfolios zur Verbesserung der Zusammenarbeit durchgeführt. Danach werden die Anforderungen aufgelistet, die im Hinblick auf eine frühzeitige Produktbeeinflussung und Produktabsicherung berücksichtigt werden müssen. Dabei werden sowohl Anforderungen aus Sicht des einzelnen Bauteils als auch solche im Hinblick auf den Rohbau betrachtet. Hierauf aufbauend wird ein Grobkonzept vorgestellt, das die Anforderungen berücksichtigt, wobei sichergestellt ist, dass die frühzeitig erarbeiteten Ergebnisse im Produktentstehungsprozess weiterverwendet werden können.

2 Produktentstehungsprozess im Karosseriebau

Die Begrifflichkeiten zur Beschreibung der einzelnen Phasen des Produktentstehungsprozesses im Karosseriebau weichen, wie in Bild 2 dargestellt, von den gängigen Bezeichnungen aus der Entwicklungsmethodik nach Pahl/Beitz [13] ab.

	Projektunabhängige Phase	Projektabhängige Produktentwicklung				Produktherstellung	
Pahl/Beitz		Klären der Aufgabe	Konzipieren	Entwerfen	Ausarbeiten		
Karosserie-PEP	Vorentwicklung	Initialphase	Konzeptentwicklung	Serienentwicklung		Serienanlauf	Serie

Bild 1: Gegenüberstellung von Produktentstehungsprozessen (nach [5]).

Auch inhaltlich lassen sich die vier Phasen nicht kongruent auf ein Fahrzeugprojekt übertragen. Darüber hinaus hat jeder Automobilhersteller seine eigene Terminologie. Mangels eines einheitlichen Phasenmodells bei den Automobilherstellern können die Inhalte der einzelnen Phasen zudem verschieden sein. Im Folgenden wird daher auf Basis von [2, 6] und Beobachtungen einer im Rahmen von Pro²Kar durchgeführten Geschäftsprozessanalyse (vgl. [8]) ein allgemeingültiger Überblick über die Produktentstehung im Karosseriebau, d. h. über die projektabhängige Produktentwicklung und die Produktherstellung, gegeben. Der Überblick beschränkt sich dabei auf die Unternehmensbereiche, die originär an der Produktentstehung beteiligt sind.

2.1 Initialphase

Die Initialphase befasst sich vornehmlich mit der Definition von strategischen Zielen und Anforderungen an eine erste Zielversion des Gesamtfahrzeuges. Die Abteilung, die in dieser Phase am aktivsten ist, ist das Package. Aufgabe des Package ist es, Bauräume und Ergonomievorgaben zu harmonisieren. Dabei werden ausgehend vom Fahrerarbeitsplatz von innen nach außen CAD-Modelle erarbeitet, die die entsprechenden Informationen beinhalten. Über die mehr oder weniger festgelegten Proportionen des Fahrzeugs beeinflusst das Package damit zwangsläufig das parallel hierzu stattfindende Design. Im Design werden zu diesem Zeitpunkt in Skizzen, Tapedrawings und Renderings erste Ideen erarbeitet. Aus dem Unternehmensbereich Produktion ist die Produktionsplanung in die Initialphase involviert. Sie beschäftigt sich u. a. mit Standort- und Infrastrukturfragen. Eine Produktbeeinflussung oder Produktabsicherung im Hinblick auf Produktionsanforderungen findet jedoch noch nicht statt.

2.2 Konzeptentwicklung

In der Konzeptentwicklung werden die CAD-Modelle vom Package stetig aktualisiert und verfeinert. Das Design arbeitet in dieser Phase mit Claymodellen im Maßstab 1:4. Auf Basis von Abtastdaten erstellen die Straker mit CAS-Software hochwertige Flächenmodelle der Außenhaut. Das Package und die Flächenmodelle bilden dann den Input für die Karosserieentwicklung. Hier wird zunächst ein parametrisches Konzeptmodell des Gesamtfahrzeugs aufgebaut, das neben der Außenhaut auch die Innenbleche und den Bodenbereich berücksichtigt. Der engste Kooperationspartner der Karosserieentwicklung ist in dieser Phase die Berechnung, die die funktionale Absicherung verantwortet und parallel zum Konzeptmodell ein erstes Berechnungsmodell aufbaut. Die Produktionsplanung Karosserie beschäftigt sich mit der detaillierten Klärung von Standort- und Infrastrukturfragen. Eine Produktbeeinflussung geschieht nicht. Jedoch finden in unregelmäßiger Reihenfolge Gespräche mit Design, Strak und Karosserieentwicklung statt, in denen erste Verbesserungsvorschläge gemacht werden. In Ausnahmefällen finden auch virtuelle Machbarkeitsuntersuchungen statt.

2.3 Serienentwicklung

Die Serienentwicklung lässt sich in zwei Phasen untergliedern. In der frühen Phase wird das Package weiter aktualisiert und verfeinert. Das Design erstellt nun Claymodelle im Maßstab 1:1, aus denen dann ein neuer Strak abgeleitet wird. Über das Konzeptmodell gehen diese Daten in mehr oder weniger detaillierte Modelle der Karosserieentwicklung ein, die auf Baugruppenebene und z. T. auch auf Bauteilebene arbeitet. Es findet eine kontinuierliche Kooperation mit der Berechnung statt. Eine geometrische Absicherung im DMU, d. h. die Untersuchung der Kollisionsfreiheit, wird nur für die Bereiche durchgeführt, wo schon einzelne Bauteile erstellt sind. Für die Arbeit der Produktionsplanung gelten die gleichen Aussagen wie zuvor bei der Konzeptentwicklung.

Während der späten Phase der Serienentwicklung hat das Package lediglich noch eine überwachende Funktion. Am Design werden noch letzte Feinarbeiten gemacht, bis schließlich ein endgültiger Stand eingefroren wird. Auf dieser Basis wird der Serienstrak erstellt, der die verbindliche Inputgröße für die Karosserieentwicklung darstellt. Hierauf aufbauend ist es die Aufgabe der Karosserieentwicklung, die Bauteile detailliert auszuarbeiten. Dabei können sich Anpassungen aus den Ergebnissen der funktionellen Absicherung, die von der Berechnung durchgeführt wird, und den Ergebnissen der geometrischen Absicherung, die vom DMU gemacht wird, ergeben. Die Produktionsplanung Karosserie befasst sich mit der detaillierten Prozessgestaltung. Hierzu gehören u. a. die Teilelogistik inklusive des Behältermanagements, die Anzahl und Anordnung der erforderlichen Produktionsanlagen, die Fördertechnik und das Thema Qualitätssicherung. Hierbei kommen verschiedenste Werkzeuge der Digitalen Fabrik zum Einsatz. Eine Produktbeeinflussung kann zu diesem fortgeschrittenen Zeit-

punkt nicht mehr stattfinden. Es wird jedoch zusammen mit Mitarbeitern aus der Produktion und den Lieferanten eine Produktabsicherung von einzelnen Bauteilen und auch Baugruppen durchgeführt. Notwendige Änderungen werden dann in gemeinsamen Runden besprochen, wo dann entschieden wird, ob es noch möglich ist, Bauteile bzw. Baugruppen zu ändern, oder die Produktionsanlagen angepasst werden müssen.

2.4 Serienanlauf und Serie

Beim Serienanlauf nehmen die Produktionsplanung Karosserie, die Produktion und die Lieferanten die Produktionsanlagen in Betrieb. Die einzelnen Stationen werden dabei zunächst einzeln eingefahren. Später werden die Stationen vernetzt betrieben und schließlich die Serienstückzahl erreicht. Der Beginn der Serienphase wird durch die Produktion des ersten Fahrzeugs gekennzeichnet, das an einen Kunden ausgeliefert wird. Eine Produktbeeinflussung findet zu diesem Zeitpunkt logischerweise nicht mehr statt. Der Betrieb des Produktionssystems ist zugleich auch eine Produktabsicherung, wobei notwendige Änderungen jedoch meist nur noch im Produktionssystem selbst umgesetzt werden.

3 Maßnahmen zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Karosserieentwicklung und Produktionsplanung Karosserie

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt der Produktentstehungsprozess im Karosseriebau in chronologischer Reihenfolge betrachtet wurde, soll nun noch einmal untersucht werden, welches Maßnahmen-Portfolio in der industriellen Praxis derzeit gängig ist, um die Zusammenarbeit zwischen Unternehmensbereichen zu verbessern. Der Fokus wird im Rahmen von Pro²Kar auf die Schnittstelle Karosserieentwicklung zur Produktionsplanung Karosserie gelegt. Auch hierbei wird wiederum hervorgehoben, in wie weit die Maßnahmen eine Produktbeeinflussung und eine Produktabsicherung aus Sicht der Produktion fördern. Die getroffenen Aussagen basieren auf den Ergebnissen einer Literaturrecherche, die durch Erfahrungen, die im Rahmen der o. g. Geschäftsprozessanalyse gemacht wurden, bestätigt und ergänzt wurden.

3.1 Simultaneous Engineering

Der Produktentstehungsprozess im Karosseriebau war in früheren Zeiten seriell organisiert, d. h., dass Unternehmensbereiche jeweils so lange mit dem Beginn der eigenen Tätigkeit gewartet haben, bis die Arbeitsergebnisse von den vorgelagerten Unternehmensbereichen übergeben wurden. Seit Ende der 1980er setzen nun insbesondere Automobilhersteller auf eine Optimierung des Produktentstehungsprozesses durch Simultaneous Engineering [14], wo die Ablauforganisation dahingehend geändert wird, dass alle Unternehmensbereiche so früh wie möglich beginnen und zeitlich überlappend oder sogar parallel arbeiten. Das wichtigste Argument, das für Simultaneous Engineering spricht, ist die Zeitersparnis über den gesamten Produktentstehungsprozess betrachtet.

In der industriellen Praxis kommt es aus verschiedenen Gründen bei der Umsetzung von Simultaneous Engineering zu Schwierigkeiten. Wenn es in den frühen Phasen an Personalkapazität mangelt, wird eine zielgerichtete Meetingorganisation mitunter verfehlt. Meist finden dann nur unregelmäßig informelle Meetings statt, und die eigentlichen Simultaneous Engineering Sitzungen beginnen erst in der Serienentwicklung. Die Einhaltung des vorgesehenen Produktentstehungsprozesses wird teilweise soweit vernachlässigt, dass noch nicht einmal die Anforderungen, die zu den Meilensteinen gefordert werden, erfüllt sind. Da die derzeit eingesetzten PDM-Systeme keine komfortable Handhabung der Menge und Vielfalt von Daten ermöglichen, werden unstrukturierte Workarounds wie Powerpointpräsentationen

und E-Mails bevorzugt. Zudem ist immer noch eine Denkweise zu beobachten, die alleine über das Postzeichen der Mitarbeiter definiert ist.

In Folge ist Simultaneous Engineering meistens reaktiv und nicht proaktiv, d. h., es dient lediglich dem Lösen von Problemen. Selten findet eine echte Kooperation, die durch ein integriertes Vorgehen und eine gemeinsame Problemlösung gekennzeichnet ist, statt. Zwischenergebnisse werden noch nicht gemeinsam verbindlich erarbeitet. Da Unternehmensbereiche an ihren spezifischen Standardvorgehensweisen festhalten, können die Simultaneous Engineering Sitzungen zu administrativen Informationsveranstaltungen oder reinen Freigabegremien verkommen. Darüber hinaus sind hier keine Ansätze im Sinne kurzfristiger Kooperationen angedacht [4]. Somit bleibt festzuhalten, dass Simultaneous Engineering aufgrund der derzeit unzureichenden Umsetzung in den frühen Phasen nicht zu einer Produktbeeinflussung beiträgt. Im Sinne der Produktabsicherung wurden aber zumindest in den späten Phasen Optimierungen erzielt.

3.2 Digitale Fabrik

Die Digitale Fabrik ist seit einigen Jahren eines der bedeutendsten IT-Projekte bei den Automobilherstellern. Nach [18] wird unter der Digitalen Fabrik ein "umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen ... zur ganzheitlichen Planung, Evaluierung und laufenden Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt" verstanden.

Auch bei der Digitalen Fabrik gibt es in der Umsetzung erhebliche Schwierigkeiten. So wird die Denkweise der Mitarbeiter durch die Digitale Fabrik nicht positiv beeinflusst. Dies hängt u. a. damit zusammen, dass die Softwarehersteller die einzelnen Tools explizit an die Produktionsplanung adressieren. Die ohnehin heterogene IT-Landschaft bei den Automobilherstellern hat sich durch die Einführung der Digitalen Fabrik verkompliziert. So sind die integrierten Datenbanken der Digitalen Fabrik noch nicht ausgereift genug, um die innerhalb der Digitalen Fabrik erstellten Daten sinnvoll verwalten zu können. Noch größer wird das Problem, wenn Daten mit anderen Unternehmensbereichen ausgetauscht werden müssen. So muss z. B. ein großer Aufwand für die Aufbereitung und den Import von Daten aus der Karosserieentwicklung betrieben werden, da diese Ihre Daten in einem eigenen PDM-System verwaltet. Dies geht jedoch nicht ohne den Verlust von Informationen. Die Karosserieentwicklung kann wiederum nicht auf die Ergebnisse der Digitalen Fabrik zugreifen. Es ist insgesamt fraglich, ob es überhaupt machbar ist, ein übergreifendes PDM-System zu schaffen, oder ob es sinnvoller ist, die verschiedenen Datenmodelle in eigenständigen Datenbanken zu verwalten und diese dann miteinander zu verknüpfen. Im Hinblick auf den Einsatz in den frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses ist festzustellen, dass neben den Schnittstellenproblemen auch die komplexen Funktionalitäten der Digitalen Fabrik häufig zu aufwendig zu bedienen sind. Daher werden in der Praxis manuelle Workarounds, wie z. B. visuelle Untersuchungen im CAD genutzt.

Die Ziele, die die Digitale Fabrik für sich in Anspruch nimmt, werden auch in absehbarer Zeit noch nicht umgesetzt sein [12]. So wird die Lösung der Probleme beim Einsatz der Digitalen Fabrik innerhalb der Produktionsplanung noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Parallel hierzu müssen jedoch auch die Strategien für die Vernetzung mit anderen Unternehmensbereichen überdacht werden, da für eine Produktbeeinflussung derzeit noch keine Ansätze vorhanden sind, und auch eine Produktabsicherung nur bedingt und vor allem zu spät stattfindet.

3.3 Job-Rotations

Unter einer Job-Rotation wird der geplante Arbeitsplatz- und damit Aufgabenwechsel eines Mitarbeiters innerhalb eines Unternehmens verstanden. Im Idealfall gibt es für jeden Mitarbeiter, der wechselt, einen weiteren Mitarbeiter, der den vakanten Arbeitsplatz einnimmt. Eine Job-Rotation kann horizontal verlaufen, also z. B. von einer Sachbearbeiterstelle auf eine andere. Es ist jedoch ebenso denkbar, dass eine vertikale Job-Rotation stattfindet, z. B. wenn ein Sachbearbeiter auf eine Projektstelle wechselt und umgekehrt. Eine Job-Rotation kann wenige Wochen bis einige Monate dauern (vgl. [11]).

In der Praxis werden bei Job-Rotations häufig nur die Probleme gesehen, die diese mit sich bringen können. Aus Sicht des Mitarbeiters, der eventuell an einer Job-Rotation teilnehmen möchte, ist dies die Sorge, der neuen Aufgabe nicht gewachsen zu sein. Aus Sicht der Sachbearbeiterebene und Managementebene der Organisationseinheit, die einen Mitarbeiter abgibt, spielt es eine Rolle, dass beim Verlassen des Mitarbeiters ein erhöhter Arbeitsaufwand für den Ausgleich der Personalkapazität notwendig ist. Für die Organisationseinheit, die einen Mitarbeiter aufnimmt, ist von Bedeutung, dass die Effizienz des neuen Mitarbeiter, aber auch der neuen Kollegen während der Einarbeitung sinkt.

Auch wenn die Akzeptanz für Job-Rotations bei den Automobilherstellern in den letzten Jahren größer geworden ist, wird sie aufgrund der zuvor genannten Probleme nur in eingeschränktem Maße praktiziert, z. B. wenn neue Führungskräfte auf ihre Aufgaben vorbereitet werden sollen. Insbesondere über die Grenzen von Unternehmensbereichen hinweg, z. B. von der Karosserieentwicklung in die Produktionsplanung Karosserie, finden Job-Rotations selten statt. Wenn sie jedoch praktiziert werden, zeigt es sich meist, dass die Vorteile überwiegen, und sich ein positiver Einfluss im Hinblick auf Produktbeeinflussung und Produktabsicherung einstellt. Dabei nimmt der an der Job-Rotation teilnehmende Mitarbeiter die Rolle eines Verbindungsingenieurs ein, der als Experte, Mediator oder wenn nötig auch Anwalt seiner ursprünglichen Organisationseinheit auftritt.

3.4 Gemeinsam genutzte Projektbüros

Gemeinsam genutzte Projektbüros sind die räumliche Darstellung der während des Produktentstehungsprozesses ausgeführten Tätigkeiten. Bei dieser erst seit wenigen Jahren praktizierten Maßnahme geht es darum, dass für eine begrenzte Zeit ein interdisziplinäres Team, das nach Produktentstehungsprozess eng zusammenarbeiten muss, in einem Büro sitzt. Die kurzen Dienstwege fördern die informelle Zusammenarbeit und erlauben eine schnelle und flexible Entscheidungsfindung. Wenn diverse interdisziplinäre Teams räumlich eng zusammenarbeiten, d. h., wenn der Produktentstehungsprozess mehr oder weniger vollständig räumlich dargestellt wird, so wird von Projekthäusern gesprochen (vgl. [1]).

Auch bei den gemeinsam genutzten Projektbüros sind in der praktischen Umsetzung noch diverse Schwierigkeiten zu beobachten. Wie bereits festgestellt wurde, ist die Einhaltung des definierten Produktentstehungsprozesses nicht selbstverständlich. Im Hinblick auf die notwendigen Räumlichkeiten ist festzustellen, dass häufig noch nicht einmal in den Fachabteilungen genügend Platz für alle Sachbearbeiter ist. Eine bereichsübergreifende Denkweise der Sachbearbeiter ist eher die Ausnahme als der Regelfall. Aus Sicht der Managementebene stellt es ein Problem dar, dass mit den interdisziplinären Teams die hierarchische Struktur der Aufbauorganisation geschwächt wird. Die Entscheidung über die Zusammensetzung eines interdisziplinären Teams ist meist ein Kompromiss, so dass häufig zu viele Unternehmensbereiche vertreten sind. Simultaneous Engineering, das über Jahre hinweg fest im Produktentstehungsprozess der deutschen Automobilhersteller verankert worden ist, ist zudem noch nicht sinnvoll von den Projektbüros abgegrenzt, so dass es inhaltliche Überschneidungen gibt.

In dem geringen Maße, in dem sich die gemeinsame Nutzung von Projektbüros derzeit etabliert hat, zeigt sich bereits, dass sie einen positiven Einfluss auf die Produktbeeinflussung und Produktabsicherung hat. So werden in kürzerer Zeit bessere Arbeitsergebnisse erzielt. Dies gilt besonders für die frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses, wenn der Kreis der Beteiligten noch überschaubar ist.

4 Anforderungen im Hinblick auf frühzeitige Produktbeeinflussung und Produktabsicherung

Die in den vorangegangenen beiden Abschnitten gemachten Feststellungen verdeutlichen, dass es einen erheblichen Bedarf zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Karosserieentwicklung und Produktionsplanung Karosserie gibt. Dies gilt zunächst einmal grundsätzlich. Wenn die einleitend genannten Randbedingungen betrachtet werden, zeigt sich sogar, dass eine bessere Zusammenarbeit einen direkten Einfluss auf den geschäftlichen Erfolg der deutschen Automobilhersteller hat. Aus dieser Motivation heraus wurde in einem nächsten Schritt des Projekts Pro²Kar geklärt, welche Anforderungen aus der Produktion im Detail berücksichtigt werden müssen. Dabei wurden Anforderungen aus Sicht des einzelnen Bauteils und aus Sicht des Rohbaus betrachtet.

4.1 Anforderungen aus Sicht des einzelnen Bauteils

Zu den Anforderungen aus Sicht des einzelnen Bauteils müssen zunächst einige Anmerkungen gemacht werden. So ist die Standardisierung von Werkzeugen weit fortgeschritten, sie hat aber nur einen begrenzten Einfluss auf das Produkt, nämlich dort, wo die Standardisierung an der Wirkfläche des Werkzeuges stattfindet. Aus technischen und betriebswirtschaftlichen Gründen wird auf eine Übernahme von Werkzeugen weitestgehend verzichtet. Aus den gleichen Gründen wird auch von einer Flexibilität abgesehen. Trotzdem ist die Anpassung des Produkts an die Anforderungen aus der Produktion durch eine frühzeitige Produktbeeinflussung und Produktabsicherung nötig. Dabei sind, wie in Tabelle 1 dargestellt, zwei Anforderungen von Bedeutung.

Tabelle 1: Anforderungen aus Sicht des einzelnen Bauteils

Anforderung	Erläuterung
Teiletrennung	Bei der Teiletrennung handelt es sich um die Anforderung, die sowohl aus Sicht des einzelnen Bauteils als auch aus Sicht des Rohbaus relevant ist. Teiletrennung bedeutet, dass festgelegt wird, aus wie vielen Teilen ein bestimmter Bereich einer Karosserie besteht und an welchen Stellen die Aufteilung vollzogen wird.
Methodenplan	Die Teiletrennung hat zusammen mit der Gestalt der Bauteile und den Ausdehnungen wie Verprägungen, Löchern, etc. einen großen Einfluss auf die Anzahl der notwendigen Operationen und die möglichen Operationsrichtungen. Dies beeinflusst wiederum die Umformfähigkeit und einen optimierten Materialeinsatz der Rohplatten. Die Summe dieser Aspekte wird im Methodenplan abgebildet.

4.2 Anforderungen aus Sicht des Rohbaus

Zu den Anforderungen aus Sicht des Rohbaus ist zu sagen, dass diese stark dadurch geprägt werden, in wie weit eine Standardisierung der Produktionsanlagen stattfindet, oder ob sogar eine vollständige Übernahme angestrebt wird. Sowohl bei der Standardisierung als auch bei der Übernahme spielt es eine Rolle, wie flexibel die Produktionsanlagen sind. In

jedem Fall ist eine Anpassung des Produkts an Produktion durch eine frühzeitige Produktbeeinflussung und Produktabsicherung nötig. Dabei sind, wie in Tabelle 2 dargestellt, sechs Anforderungen von Bedeutung.

Tabelle 2: Anforderungen aus Sicht des Rohbaus.

Anforderung	Erläuterung
Teiletrennung	s. o.
Fügefølge, Fügefähigkeit	Unter der Fügefølge wird die Reihenfolge verstanden, in der Bauteile miteinander verbunden werden. Fügefähigkeit bedeutet, dass Bauteile mit möglichst einfachen Bewegungen eingelegt werden können.
RPS	Das Referenzpunktsystem (RPS) dient dazu, eine eindeutig festgelegte Position eines Bauteils in allen sechs Freiheitsgraden zu gewährleisten. Dies wird durch einen Dorn in einer Bohrung, einen Dorn in einem Langloch und drei Auflageflächen umgesetzt.
Verbindungstechnik	Im Hinblick auf die Verbindungstechnik sind zwei Aspekte zu berücksichtigen, zum einen die funktionelle Eignung und zum anderen die geometrische Zugänglichkeit. Die am häufigsten verwendete Verbindungstechnik ist Widerstandspunktschweißen. Zudem werden Laserschweißen, MIG-Schweißen, Kleben, Nieten, etc. eingesetzt. Verbindungstechnik wird eingesetzt, um Karosserieteile zu fügen und um Anbindungselemente wie Schweißmuttern und Schweißbolzen zu befestigen.
Spann-, Greifvorrichtungen	Spannvorrichtungen dienen dazu, Bauteile und Baugruppen während eines Produktionsschritts in ihrer definierten Lage in einer Station zu fixieren. Mit Greifvorrichtungen werden Bauteile und Baugruppen in einer Station entnommen und in eine neue Station eingelegt.
Roboter	Roboter werden eingesetzt in Verbindung mit den Betriebsmitteln für Verbindungstechnik, bei Spannvorrichtungen, Greifvorrichtungen, etc.

5 Lösungsansatz

Der Lösungsansatz von Pro²Kar zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der Karosserieentwicklung und der Produktionsplanung Karosserie hat derzeit den Status eines Grobkonzepts. Wie in Bild 2 zu sehen, beinhaltet Pro²Kar keinen radikalen Bruch mit der bisherigen Arbeitsweise, sondern es wird eine Optimierung und Erweiterung derselben vorgesehen. Der Produktentstehungsprozess in seiner grundsätzlichen Abfolge bleibt bestehen und wird durch ein Maßnahmen-Portfolio unterstützt. Dieses setzt sich aus bereits eingesetzten Maßnahmen in verbesserter Form und den drei neuen Maßnahmen, erweiterte Startmodelle, Assistenzen und Checks (vgl. [8]), zusammen. Es sei angemerkt, dass der Fokus bei den nachfolgenden Ausführungen ausschließlich auf der Schnittstelle zwischen Karosserieentwicklung und Produktionsplanung Karosserie liegt. Die Frage, in wie weit sich die Arbeit anderer Unternehmensbereiche verändert, wird im Rahmen dieses Aufsatzes nicht explizit betrachtet.

Zu Beginn der Konzeptphase erhält die Karosserieentwicklung wie bisher als Input Informationen vom Strak und vom Package. Auf dieser Basis wird das parametrische Konzeptmodell des Gesamtfahrzeugs aufgebaut. Dieses wird so früh wie möglich an die Konzeptplanung übergeben, die sich neben Standort- und Infrastrukturfragen nun auch damit beschäftigt, zu entscheiden, welche Standards bei den Produktionsanlagen eingehalten werden sollen und in wie weit sogar ganze Produktionsanlagen übernommen werden. Dabei werden alle Anforderungen aus der Produktion, wie in Abschnitt 4 aufgelistet, betrachtet. Das Ergebnis der

Entscheidung wird in Form von Metadaten und geometrischen Daten in erweiterten Startmodellen für Baugruppen zusammengestellt. Je nachdem wie weit Standardisierungen und Übernahme getrieben werden, unterscheidet sich der Informationsgehalt der erweiterten Startmodelle. Die erweiterten Startmodelle, die den Beginn der Produktbeeinflussung darstellen, werden zum Ende der Konzeptphase wieder an die Karosserieentwicklung übergeben.

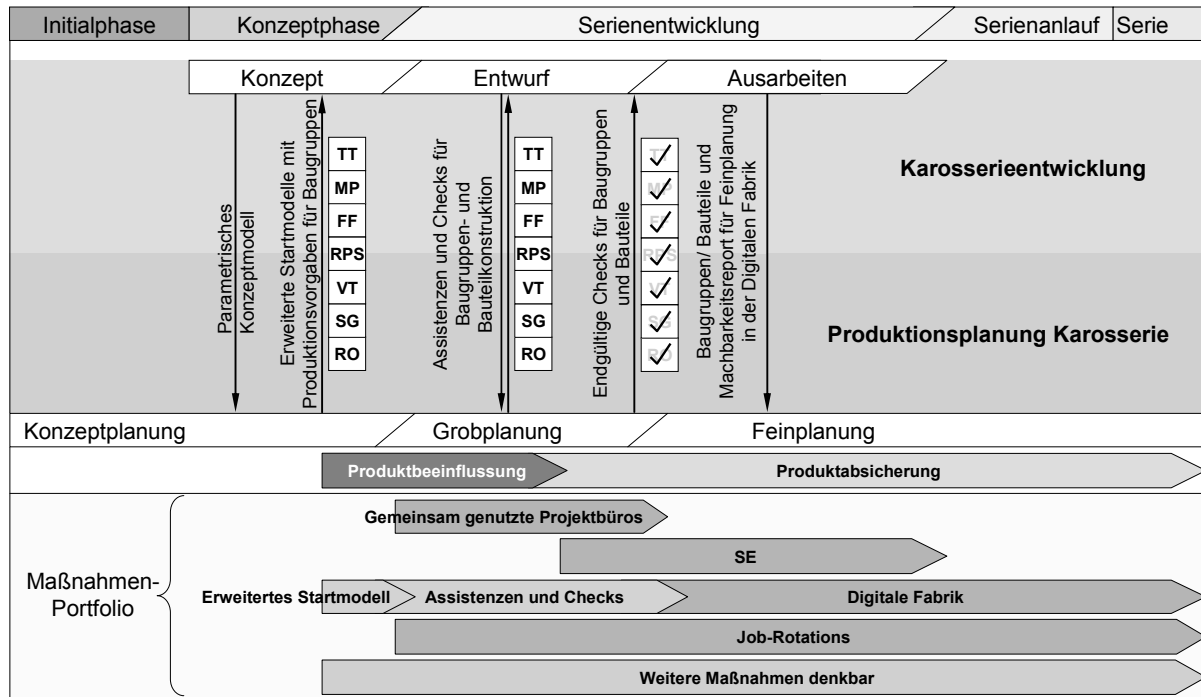


Bild 2: Grobkonzept von Pro²Kar.

In der Serienentwicklung wird auf Basis der erweiterten Startmodelle mit dem Entwurf von Baugruppen begonnen. Hierfür werden die erweiterten Startmodelle noch um Informationen aus dem Konzeptmodell bezüglich Strak und Package ergänzt. Die Arbeit während des Entwurfs wird in einem interdisziplinären Team in einem gemeinsam genutzten Projektbüro ausgeführt. Hier arbeiten sinnvollerweise Karosserieentwickler, Berechner und Produktionsplaner zusammen. Das Team ist somit rein technisch orientiert. In der Serienentwicklung wird sowohl Produktbeeinflussung als auch Produktabsicherung betrieben. Die Zusammenarbeit wird durch Assistenzen und Checks, die direkt in das CAD-System der Karosserieentwicklung integriert sind, erleichtert. Wenn in den erweiterten Startmodellen Standards definiert sind, werden die Assistenzen genutzt, um produktionsrelevante Aspekte der Geometrie zu definieren, die dann umgehend mit den Checks im Sinne einer Grobplanung auf grundsätzliche Machbarkeit überprüft wird. Wenn in den erweiterten Startmodellen die Übernahme von Produktionsanlagen gefordert wurde, kommen zunächst nur die Checks zum Einsatz, um zu überprüfen, in wie weit diese Vorgabe eingehalten wurde. Wenn aus zwingenden Gründen doch entschieden wird, von der Übernahme abzuweichen, werden Assistenzen und Checks wie zuvor bei den Standards eingesetzt.

Mit fortschreitender Zeit werden auf Basis der Baugruppenmodelle einzelne Bauteile entworfen. Auch hierbei kommen die Assistenzen und Checks zum Einsatz. Parallel hierzu beginnt die Arbeit in den Simultaneous Engineering Teams. Dabei werden weitere technische aber auch kaufmännische Unternehmensbereiche berücksichtigt. Der Übergang von gemeinsam genutzten Projektbüros zur Arbeit in den Simultaneous Engineering Teams ist fließend zu gestalten. Zum Ende des Entwerfens wird die Arbeit in gemeinsam genutzten Projektbüros abgeschlossen. Alle Bauteile werden ein letztes Mal mit den Checks überprüft, bei denen

diesmal ein Machbarkeitsreport erstellt wird. Dieser dient dann als Input für die Digitale Fabrik, die für die Feinplanung eingesetzt wird. Während der Feinplanung wird die detaillierte Prozessgestaltung durchgeführt. Diese setzt auf Daten mit viel höheren Reifegraden auf, da die Frage der grundsätzlichen Machbarkeiten bereits geklärt wurde. Parallel hierzu werden in der Feinplanung Lieferanten gesucht und ausgewählt, die sich nun verstärkt auf die eigentliche Anlagenentwicklung und -erstellung konzentrieren können. Die Karosserieentwicklung ist in dieser Zeit damit beschäftigt, die Bauteile fertig auszuarbeiten. Iterationsschleifen sollten nur noch in absoluten Ausnahmefällen stattfinden.

Neben den bisher angesprochenen Maßnahmen werden auch Job-Rotations als sinnvoll erachtet. Diese können ab Beginn der Serienentwicklung stattfinden. Von einem früheren Einsatz von Job-Rotations wird abgesehen, da die Tätigkeiten in der Initial- und der Konzeptphase zu spezialisiert sind, als das eine Einarbeitung innerhalb des begrenzt zur Verfügung stehenden Zeitraums möglich wäre. Ziel der Job-Rotations ist es, Mitarbeiter auf die Arbeit in den gemeinsam genutzten Projektbüros vorzubereiten. Dies gilt insbesondere für die Mitarbeiter, die die Rolle von Teamleitern übernehmen.

Abschließend sei angemerkt, dass vorgesehen ist, Pro²Kar um weitere Maßnahmen, die die Zusammenarbeit unterstützen, wie z. B. Lessons-Learned, zu ergänzen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Aufsatz wurde der aktuelle Stand des Forschungsprojekts Pro²Kar vorgestellt. In der Einleitung wurde als zu Grunde liegende Motivation aufgezeigt, dass die deutschen Automobilhersteller vor der Herausforderung stehen, immer mehr Marktsegmente und Marktnischen mit Modellreihen und Derivaten besetzen zu müssen. Um dabei eine kostengünstige Produktion zu gewährleisten, wird angestrebt, neue Fahrzeugprojekte in standardisierte und im Idealfall in bestehende Produktionsanlagen zu integrieren. Dies erfordert u. a. eine grundlegende Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen der Karosserieentwicklung und der Produktionsplanung Karosserie.

Bei der Betrachtung der bisherigen Arbeitsweise im Produktentstehungsprozess wurden große Optimierungspotenziale im Hinblick auf Produktbeeinflussung und Produktabsicherung identifiziert. Dies gilt auch für das bisher eingesetzte Maßnahmen-Portfolio zur Verbesserung der Zusammenarbeit. Im nächsten Schritt von Pro²Kar wurde geklärt, welche Anforderungen aus der Produktion konkret berücksichtigt werden müssen. Hierauf aufbauend wurde dann ein Grobkonzept beschrieben, dass auf die bestehende Struktur des Produktentstehungsprozesses aufsetzt und bereits eingesetzte Maßnahmen in verbesserter Form sowie drei neue Maßnahmen, erweiterte Startmodelle, Assistenzen und Checks, nutzt.

In naher Zukunft wird das Grobkonzept detailliert ausgearbeitet. Hierzu gehört sowohl die eingehende Betrachtung des Produktentstehungsprozesses als auch aller davon beeinflussten Aspekte, wie z. B. der Aufbauorganisation. Die bisher eingesetzten verbesserten Maßnahmen und die neuen Maßnahmen werden ausführlich beschrieben. Parallel hierzu wird geprüft, welche weiteren Maßnahmen hilfreich sein könnten, um die Zusammenarbeit zu verbessern. Schließlich wird angestrebt, die neue Arbeitsweise in Pilotprojekten auf ihre Praxistauglichkeit zu untersuchen.

7 Literatur

- [1] BMW Group.: Innovationsnetzwerk BMW Group Forschungs- und Innovationszentrum. <http://www.bmwgroup.com>. München. Stand: 13.04.2004.

- [2] Braess, H. (Hg.) (2000): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg.
- [3] Droege W. (Hg.) (1993): Strategien für Investitionsgütermärkte : Antworten auf neue Herausforderungen. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie.
- [4] Gausemeier, J. (2000): Kooperatives Produktengineering. Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens. Paderborn: Heinz-Nixdorf-Inst.
- [5] Gessner, K. (2001): Package-Features für die Kommunikation in den frühen Phasen der Automobilentwicklung. Dissertation. Berlin: TU Berlin.
- [6] Grabner, J.; Nothhaft, R. (2006): Konstruieren von Pkw-Karosserien. 3. Aufl. Berlin: Springer.
- [7] Lorscheider, B. (1997): Möglichkeiten der gegenseitigen Beteiligung an Produktion und Konstruktion - BPK. Aachen: Verl. der Augustinus-Buchh.
- [8] Mantwill, F.; Lucko, A.; Brockmeyer, H.: Conception and Implementation of a Knowledge-Based Software for Feasibility Checks of Spot Welds within a CAD-System. In: Research in Interactive Design Vol. 2, 2006. Proceedings. International Conference Virtual Concept 2006.
- [9] Meißner, M. (2000): Methoden zur qualitätsgerechten CAD-Modellerzeugung für die virtuelle Produktentwicklung am Beispiel der Automobilindustrie. Aachen: Shaker.
- [10] Morgan, J.; Liker, J. (2006): The Toyota Product Development System. Integrating People, Process and Technology. New York: Productivity Press.
- [11] Miyamoto, K. (1994): Job-Rotation bei NISSAN - ein Beitrag zur Entwicklung der Human-Ressourcen. In: Esser, M. (Hg.): Kaishain, S. 351–360.
- [12] Otto, Thomas (2007): Angriff im Rohbau. In: Digital Engineering Magazin, H. 5, S. 48–49.
- [13] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J. (2003): Konstruktionslehre. 5. Aufl. Berlin: Springer.
- [14] Pastowsky, Marc (1997): Veränderung von Kooperation und Kommunikation bei der Einführung von Gruppenarbeit am Prozeßübergang zwischen Entwicklung und Montage. Dissertation. Kassel: Universität Gesamthochschule Kassel.
- [15] Pfeifer, T. (1993): Qualitätsmanagement. München: Carl Hanser Verlag.
- [16] Reinhart, G.; Lindemann, U.; Heinzl, J. (1996): Qualitätsmanagement. Berlin: Springer.
- [17] Tönshoff, H. K.; Zahn, G. (1999): Wissensbasiertes Datenmodell für Konstruktion und Arbeitsplanung. In: ZWF, H. 3, S. 108-111.
- [18] VDI-Richtlinie 4499 (2005): Digitale Fabrik Grundlagen. Düsseldorf: VDI.
- [19] Wemhöner, N. (2005): Flexibilitätsoptimierung zur Auslastungssteigerung im Automobilrohbau. Dissertation. Aachen: RWTH Aachen.

Dipl.-Ing. Andreas Lucko, Dipl.-Ing. Henrich Brockmeyer, Prof. Dr.-Ing. Frank Mantwill
MRP, Maschinenelemente und Rechnergestützte Produktentwicklung
Helmut-Schmidt-Universität
Holstenhofweg 85, D-22043 Hamburg
Tel: +49-40-6541-2730
Fax: +49-40-6541-3745
Email: {andreas.lucko, henrich.brockmeyer, frank.mantwill}@hsu-hh.de
URL: <http://www.hsu-hh.de/mrp>