

HERAUSFORDERUNGEN AN DIE INTEGRATION VON PRODUKTENTWICKLUNGS- & PRODUKTIONSPLANUNGSPROZESS ZUR ENTWICKLUNG SERIENPROZESSFÄHIGER PRODUKTE

Robert Meißner, Marco Müller

Zusammenfassung

Ziel dieses Beitrages ist es, die Grundlagen für die fachübergreifende Entwicklung von serienprozessfähigen Produkten zu analysieren. Hauptaugenmerk liegt dabei auf dem Zusammenspiel zwischen Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozess. Hierbei soll die frühzeitige Absicherung des Produktes in Bezug auf seine Serienprozessfähigkeit im Fokus stehen. Dazu werden aktuelle Vorgehensweisen sowie deren Randbedingungen analysiert.

1 Einleitung

Unternehmen sehen sich mit der Herausforderung konfrontiert, in verkürzten Entwicklungszeiten bei steigender Produktkomplexität ein weiterhin diversifizierendes Produktportfolio zu entwickeln und wirtschaftlich zu realisieren. Als unausweichliche Konsequenz, aber auch als Chance zeigt sich vor diesem Hintergrund die Notwendigkeit einer Integration von Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozess. Beispielsweise liegt die Verantwortung zur Entwicklung serienprozessfähiger Produkte, etwa in der Automobilindustrie, nicht allein in der Produktentwicklung. Es hat sich gezeigt, dass vielmehr eine durchgängige Vernetzung von Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozess notwendig ist.

Bestehende Ansätze, wie beispielsweise die Integrierte Produktentwicklung, versuchen bereits frühzeitig im Entwicklungsprozess verschiedenste Informationen aus nachgelagerten Bereichen zu berücksichtigen. Gerade an der Schnittstelle zwischen Entwicklungs- und Planungsprozess existieren Bestrebungen, diese stärker miteinander zu verbinden. Bereits existierende Methoden bedeuten jedoch einen hohen manuellen Aufwand oder sind nur teilweise in kommerziellen Tools umgesetzt. Aus diesem Grund beschäftigt sich dieser Beitrag mit der Erarbeitung eines Lösungsansatzes zur besseren Integration dieser beiden Prozesse. Dafür wird im nächsten Kapitel ein kurzer Überblick über den Stand in Wissenschaft und Technik im Bereich der integrierten rechnergestützten Montageplanung gegeben. In 3.Kapitel werden aktuelle Randbedingungen in diesem Bereich beschrieben. Die Problembeschreibung und der Lösungsansatz werden im 4.Kapitel dargestellt.

2 Integrierte rechnergestützte Montageplanung

In der Automobilindustrie werden Produkte, Montageabläufe und Montagesysteme zumeist überlappend geplant und entwickelt. Hierbei sind die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen Produkt, Prozess und Ressource unbedingt zu beachten. ([1], [2], [3] u.a.) Die daraus resultierende Notwendigkeit der Integration von Produkt- und Prozessdaten in der Montageplanung wird durch wissenschaftliche Forschungen untersucht.

Thaler [2] vermutete, große Synergieeffekte durch die Integration von Produktentwicklung und Montageplanung erzielen zu können. In den entwickelten Ansätzen zur rechnergestützten Montageplanung war bis zu diesem Zeitpunkt ein solcher Ansatz nicht fokussiert. Feld-

mann [1] entwickelte eine Montageplanungsmethode die die Verzahnung von Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozess berücksichtigt. Es wird ein durchgängiges rechnergestütztes Vorgehen für den Montageplaner beschrieben, das auf die Vorgehensweise des Konstrukteurs abgestimmt werden kann. Dabei orientiert er sich an den Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Planungsschritten und den für die Durchführung erforderlichen Konstruktionsergebnissen. Die so entwickelte „Fünf-Schichten-Methode“ ist in Bild 1 dargestellt. Prototypisch umgesetzt wurde diese Methode in dem objektorientierten System CosMonAut (Computersystem zur Montage-Automatisierung). Dieser Ansatz wurde von Cuiper [3] dahingehend erweitert, dass alle notwendigen Aktivitäten der Montageplanung bis zur Inbetriebnahme des Montagesystems, integriert wurden.

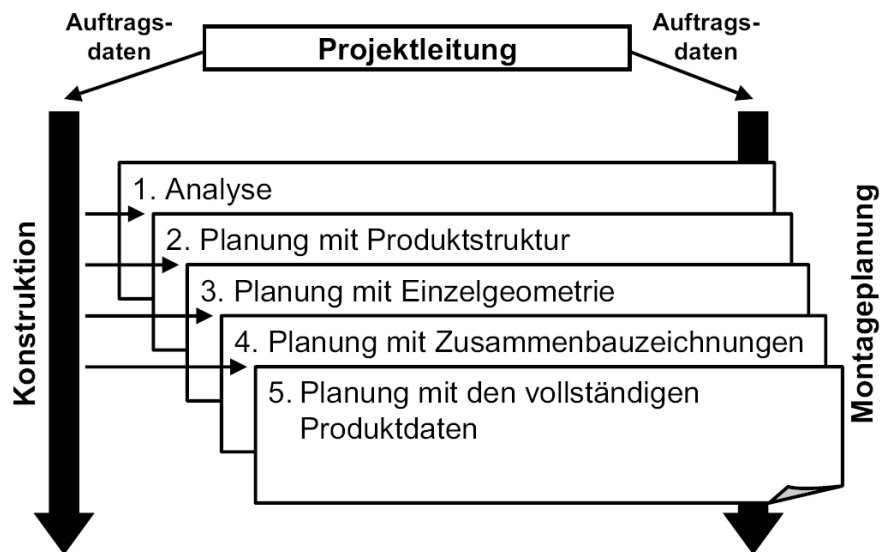


Bild 1: Fünf-Schichten-Methode der Montageplanung nach [1]

Eine weitere Möglichkeit die Produktentwicklung mit der Produktionsplanung zu koppeln, wurde von Barnes [5] beschrieben. Fokus seiner Arbeit ist die Entwicklung einer montageorientierten CAD-Umgebung. Dazu wird die frühzeitige, proaktive Konstruktionsunterstützung favorisiert. Da bereits in frühen Konstruktionsphasen parallel an der Entwicklung der Montager Reihenfolge gearbeitet wird, unterstützt dieser Ansatz die parallele Entwicklung von Produktstruktur, Bauteilgestalt und Montager Reihenfolge. Die Erweiterung dieses Ansatzes zu einer montageorientierten Konstruktionsumgebung ist in [6] beschrieben. Durch die top-down Vorgehensweise wird das Ziel verfolgt, nicht rückwirkend überflüssige Bauteile zu eliminieren, sondern diese erst gar nicht zu erzeugen. Dies wird durch die Integration verschiedener DfA-Analyse-Tools unterstützt, mit deren Hilfe die erarbeiteten Ergebnisse während der Entwicklung untersucht werden können. Eine prototypische Umsetzung erfolgte in dem neu entwickelten System SPADE (Sequence Planning And Design Environment) das in Bild 2 dargestellt ist.

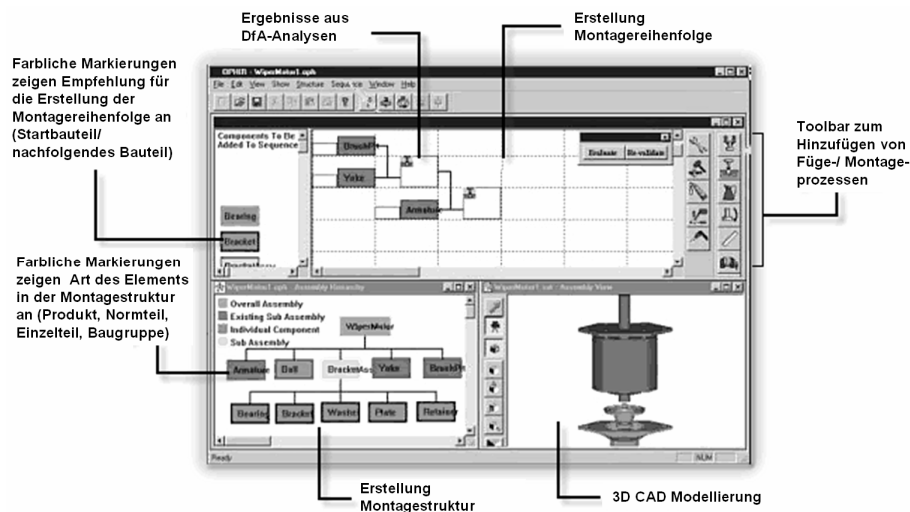


Bild 2: SPADE (Sequence Planning And Design Environment!) [6]

Zusätzlich haben sich aktuell unterschiedliche Forschungsbereiche herausgebildet, um die integrierte rechnerunterstützte Montageplanung zu erweitern. Dabei handelt es sich um die Unterstützung durch Featuretechnologie [7], die Einbindung weiterer Planungssysteme [8], die Berücksichtigung von Varianten im Planungsprozess [9] oder die Wissensbasierte Montageplanung [4].

3 Randbedingungen bei der Entwicklung und Planung serienprozessfähiger Produkte

Im Folgenden werden die zu berücksichtigenden Randbedingungen für die Entwicklung und Planung der Produktion von serienprozessfähigen Produkten beschrieben. Hierbei handelt es sich um komplexe und variantenreiche Erzeugnisse, die in großer Stückzahl kostengünstig hergestellt werden sollen.

3.1 Steigende Prozessintegration

In der Praxis ist eine immer stärkere Parallelisierung des Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozesses zu erkennen. Hieraus ergibt sich ein steigender Kommunikationsaufwand zwischen Entwicklungs- und Planungsbereichen, gerade in frühen Phasen. Der Grund hierfür ist, dass durch die Parallelisierung mit unsicheren und unvollständigen Daten gearbeitet werden muss.[10] Auf Basis dieser Informationen müssen jedoch viele Entscheidungen getroffen werden, deren Mehrdimensionalität und Konsequenzen schwer abzuschätzen sind, da hierfür eine detaillierte und umfassende Datenbasis fehlt.[11] Auch die durchgängige Dokumentation von Änderungen bei der Planung und den zugrunde liegenden Informationen aus Produkt und Prozess ist von großer Bedeutung. Nur durch ein Änderungsmanagement lässt sich eine Historie erkennen und es wird nachvollziehbar, auf Grund welcher Daten einzelne Entscheidungen getroffen wurden.

Weiterhin existieren in der Produktentwicklung und Produktionsplanung separate Teilziele. Diese Ziele werden teilweise, nicht hinreichend aufeinander abgestimmt. Dadurch wird das Erreichen des Gesamtziels, ein serienprozessfähiges Produkt zu entwickeln und zu produzieren, zusätzlich erschwert. Beispielsweise kann die technische Realisierung einer Produktfunktion in der späteren Herstellung sehr aufwendig und kostenintensiv sein. Hingegen kann eine kostengünstige Produktion das Erzeugnis so beeinflussen, dass die gewünschte Funktionalität nicht mehr im vollen Umfang gewährleistet werden kann. Werden solche Konflikte

erst spät im Produktentstehungsprozess aufgedeckt, führt dies oft zu kostenintensiven Produkt- oder Prozessanpassungen.

Ein weiterer Punkt für das Zusammenspiel zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung sind mögliche Ausgangsszenarien, die in der Praxis existieren können. (Bild 3). Gerade im Bereich der Entwicklung und Planung komplexer Serienprodukte spielen die Szenarien A und C die größte Rolle. Das Szenario A wird in der Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen, da bei diesem Vorgehen die größten Kosteneinsparungspotentiale zu erwarten sind.

	Konstruktion nicht abgeschlossen	Konstruktion abgeschlossen
Planung durch Anpassung einer bestehenden Anlage	A	B
Planung einer neuen Anlage	C	D

Bild 3: Zusammenspiel zwischen Produktentwicklung- und Produktionsplanungsprozess [1]

3.2 Steigende Varianz

In der Praxis steigt neben der Produktvielfalt auch die Varianz der Montageprozesse und Ressourcen, die bei der Planung berücksichtigt werden muss. Dies kann auch auf die Produktion eines Erzeugnisses an unterschiedlichen Standorten zurückgeführt werden. Auf Grund verschiedener Lohnniveaus der einzelnen Produktionsstandorte können abweichende Schichtmodelle, Montagekonzepte oder Automatisierungsgrade existieren, die im Vorfeld berücksichtigt werden müssen.[9]

3.3 Verwendung von Standards

Der steigende Kostendruck und der immer kürzer werdende Entwicklungszeitraum verstärken die Erstellung und Nutzung von Standards. Dies wird erkennbar durch die sich erhöhende Wiederverwendung von Bauteilen/ Baugruppen oder Produktionsanlagen. Beispiele dafür sind Modul- oder Plattformstrategien in der Automobilindustrie. Dadurch können bereits erarbeitete und bewährte Ergebnisse wieder verwendet werden, um den Entwicklungs- und Planungsaufwand zu reduzieren.

3.4 Mangelnde IT-Unterstützung

Die systemseitige Unterstützung in der Montageplanung ist aktuell um ein vielfaches geringer als in der Produktentwicklung oder Produktion. In den einzelnen Bereichen werden zu dem unterschiedliche Systeme eingesetzt, die kaum eine Datendurchgängigkeit gewährleisten. Aus diesem Grund kommt es auf der einen Seite zu Datenverlusten bei deren Übergabe und auf der anderen zu einem Mehraufwand in den jeweiligen Bereichen, da Daten aufwendig nachgepflegt werden müssen.[7]

3.5 Vernetztes Arbeiten

Auf Grund der steigenden Komplexität bei der integrierten Produktentwicklung und Produktionsplanung ist eine simultane und vernetzte Bearbeitung der Aufgaben unumgänglich. Dafür sind gemeinsame und integrierte Vorgehensweisen notwendig, um die fachübergreifende Zusammenarbeit zu unterstützen. Um das Gesamtziel erreichen zu können müssen diese Vorgehensweisen auch die Integration von Zulieferern berücksichtigen und sicherstellen.

Ausgehend vom beschriebenen Stand der Wissenschaft und Technik sowie den bestehenden Randbedingungen bei der Integration von Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozess folgt im nächsten Kapitel die Erläuterung der Handlungsfelder in diesem Bereich.

4 Handlungsfelder bei der Integration von Produktentwicklungs- und Produktionsplanungsprozess

Das zentrale Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung bildet die Montageablaufstruktur. Inhalt der Montageablaufstruktur ist die Gliederung der Montageaufgabe in Teilmontageaufgaben sowie die logische Aufeinanderfolge der benötigten Teilmontageaufgaben. Zwischen einzelnen Montageaufgaben können entsprechende Vorrangbeziehungen dokumentiert werden, die z.B. beschreiben welche Tätigkeit vor einer anderen Tätigkeit einen Vorrang hat oder nicht.[12] Somit wird in einer Montageablaufstruktur beschrieben, welches Bauteil wie und mit welcher Ressource in welcher Reihenfolge montiert werden kann.

In der Vergangenheit wurden bereits mehrere Modelle zur formalen Beschreibung der Montageablaufstruktur entwickelt. Am bekanntesten und gebräuchlichsten ist der Vorranggraph. „Der Vorranggraph ist eine netzplanähnliche Darstellung von Teilaufgaben der Montage, in der die Teilaufgaben als Knoten und die Abhängigkeitsbeziehungen als Verbindungslinien (Kanten) zwischen den Knoten dargestellt werden.“[13]

4.1 Problembeschreibung

Grundlage für den Aufbau der Montageablaufstruktur bilden somit Produktinformationen. Um einen Vorranggraphen zu erstellen, finden sich in der Literatur unterschiedliche Vorgehensweisen. Diese Ansätze basieren fast immer auf einem der folgenden Konzepte: [9]

- Analyse der Fügeflächen
- Erstellung einer Verbindungenliste
- Ermittlung der Demontagefolge
- Montagemerkmale
- Montage- bzw. Demontagesimulation

Nach der Erstellung des Produkt-Vorranggraphen werden im weiteren Verlauf der Montageplanung sukzessive Prozess- und Ressourceinformationen hinzugefügt. Ausgehend von der so entstandenen Montageablaufstruktur wird eine Leistungsabstimmung durchgeführt. Ziel ist es, einen geeigneten Arbeitsrhythmus für alle Arbeitsplätze zu bekommen, bei dem eine möglichst lückenlose Folge der Arbeitsvorgänge und damit eine hohe Auslastung der Arbeitsplätze erreicht wird. Zusätzlich dient die Montageablaufstruktur als Grundlage für weitere Planungsaufgaben.

In der Praxis bedeutet diese Vorgehensweise, gerade bei variantenreichen und komplexen Produkten einen großen Aufwand bei der Erstellung und Pflege der Montageablaufstruktur. Aus diesem Grund existiert oft ein unzulässiger, zum Teil fehlerhafter, nicht vollständiger, Vorranggraph. Teilweise wird sogar ganz auf die Anfertigung des Vorranggraphen verzichtet.[12]

Durch die immer stärkere Parallelisierung von Entwicklungs- und Planungsprozess stehen dem Planer zum Beginn der Planung wenig detaillierte Informationen zur Verfügung. Das bedeutet, dass erst im Laufe des Planungsprozesses die Zahl zu berücksichtigender Restriktionen aus Produkt und Produktion steigt. Dadurch ist ein ständiges Ändern und Anpassen der Montageablaufstruktur notwendig. Dabei muss die Montageablaufstruktur immer wieder auf Inkonsistenzen geprüft werden, um später eine gültige Montagereihenfolge ableiten zu können. Diese Überprüfung wird in aktuellen, kommerziellen Systemen nicht ausreichend unterstützt.

Da die Planung der Produktion bei komplexen Produkten auf mehrere Personen aufgeteilt wird, ist es hier notwendig, beim Zusammenführen der Einzelergebnisse solche Überprüfungen durchführen zu können. Dies spielt ebenfalls bei der Zuliefererintegration eine große Rolle.

Die Planung besteht aus einem Wechselspiel von Analyse- und Synthese-Schritten.[12] Das bedeutet für den Aufbau der Montageablaufstruktur, dass es nicht ausreicht, diese nur auf die vorgegebenen Planungsziele hin zu analysieren. Von großer Bedeutung ist auch die Absicherung des Zusammenspiels zwischen Produkt- und Produktionsprozess auf Basis geometrischer Daten. Dadurch wird beispielsweise sichergestellt, dass mit dem geplanten Werkzeug das entwickelte Produkt montiert werden kann. In diesem Bereich bekommt der Planer wenig methodische oder systemtechnische Unterstützung, um seine Arbeitsergebnisse zu überprüfen oder bestehende Restriktionen zu ermitteln.

Die in kommerziellen Systemen angebotenen Funktionalitäten zum Aufbau eines Vorranggraphen ermöglichen zwar die Erstellung von Vorrangbeziehungen zwischen Teilmontageaufgaben, jedoch keine Unterstützung bezüglich deren Ermittlung oder Absicherung. Somit kann zusammenfassend festgestellt werden, dass aktuell keine hinreichende Unterstützung des Planers in Form eines integrierten rechnergestützten Verfahrens zur Generierung und Gestaltung von Montageablaufstrukturen komplexer Produkte existiert, die den Anforderungen aus der industriellen Praxis gerecht wird.

4.2 Lösungsansatz

Ziel ist es, eine methodische und systemseitige Unterstützung zum Aufbau einer Montageablaufstruktur zu entwickeln, die aktuelle Randbedingungen im Bereich Produktentwicklung und Produktionsplanung berücksichtigt. Dazu gehören Anforderungen, die sich aus der steigenden Integration von Entwicklungs- und Planungsprozess, der sich vergrößernden Variantenvielfalt in Produkt, Prozess und Ressource, der zunehmenden Standardisierung von Produkt und Produktionsprozess sowie dem notwendigen, vernetzten Arbeiten ergeben.

Die zu entwickelnde Vorgehensweise soll dazu beitragen, dass der Aufbau und die Pflege einer Montageablaufstruktur vereinfacht werden. Dafür sollen verschiedene Absicherungen integriert werden, um dokumentierte Restriktionen beispielsweise geometrisch ermitteln und überprüfen zu können. In diesem Zusammenhang ist zu analysieren, zu welchem Zeitpunkt, in welchem Arbeitsschritt, welche Informationen erstellt werden, die für den Aufbau einer Montageablaufstruktur notwendig sind. Weiterhin ist zu untersuchen, welche Änderungen Auswirkungen auf die, im Vorranggraph dokumentierten Restriktionen haben. Somit liegt der Fokus dieser Methode auf der Unterstützung der Ermittlung und Überprüfung von Restriktionen aus Produkt und Prozess zwischen den in der Montageablaufstruktur do-

kumentierten Teilmontageaufgaben. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die im Vorranggraph dokumentierten Restriktionen im Laufe der integrierten rechnergestützten Montageplanung ihre Gültigkeit besitzen.

4.3 Fazit

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zukünftige Entwicklungs- und Planungsaufgaben immer komplexer, die dafür zur Verfügung stehende Zeit auf Grund des steigenden Wettbewerbsdruck jedoch abnehmen wird. Die weitere Prozessintegration im Bereich Produktentwicklung und Produktionsplanung muss aus diesem Grund stärker fokussiert werden. Dies soll durch die gezielte methodische und systemseitige Unterstützung beim Aufbau und der Pflege einer Montageablaufstruktur, als zentrales Bindeglied zwischen Produktentwicklung und Produktionsplanung, realisiert werden.

5 Literatur

- [1] Feldmann, C.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung, Diss. Technische Universität München (1996), Springer-Verlag 1997, (IWB-Forschungsberichte Band 104)
- [2] Thaler, K.: Regelbasiertes Verfahren zur Montageplanung in der Serienfertigung, Diss. Technische Universität München (1989), Hanser Verlag 1989, (KM Konstruktionstechnik München 1)
- [3] Cuiper, R.: Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen, Diss. Technische Universität München (2000), Utz 2000, IWB-Forschungsbericht Band 143)
- [4] Rudolf, H.: Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie, Diss. Technische Universität München (2006), UTZ 2007, (IWB-Forschungsberichte Band 204)
- [5] Barnes, C.J., A methodology for the concurrent design of products and their assembly sequence, Ph.D. Thesis Cranfield University 1999
- [6] Jared, G.E.M.; Swift, K.G., Barnes, C.J.: Decision support for sequence generation in an assembly-oriented design environment, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 2004, Seite 289-300
- [7] Franke, C.: Feature-basierte Prozesskettenplanung in der Montage als Basis für die Integration von Simulationswerkzeugen in der digitalen Fabrik, Diss. Universität des Saarlandes 2003, (Schriftenreihe Produktionstechnik, Band 28)
- [8] Meierlohr, C.: Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung, Diss. Technische Universität München (2003), Utz 2003, (IWB Forschungsberichte Band 182)
- [9] Zenner, C.: Durchgängiges Variantenmanagement in der Technischen Produktionsplanung, Diss. Universität des Saarlandes (2006), Schriftenreihe Produktionstechnik Band 37
- [10] Derichs, T.: Informationsmanagement im Simultaneous Engineering, systematische Nutzung unsicherer Informationen zur Verkürzung der Produktentwicklungszeiten, Diss. (1997), Shaker 1997
- [11] Meerkamm, H.; Hauck, C.; Kahlert, M.; Summery Workshop „Decision Making“; Intation Design Conference – Design 2004; Dubrovnik; 2004

- [12] Seidel, U.A.: Verfahren zur Generierung und Gestaltung von Montageablaufstrukturen komplexer Serienerzeugnisse, Diss. IPA-IOA Forschung und Praxis Band 269, Springer-Verlag, 1998
- [13] Bullinger, H.J.: Systematische Montageplanung, Handbuch für die Praxis, Carl Hanser Verlag 1986

Dipl.-Ing. Robert Meißner
Dipl.-Ing. Marco Müller
DaimlerChrysler Research and Technology
Product and Production Modelling
Wilhelm-Runge-Str. 11
D-89013 Ulm
Tel: +49-731-505-2427
Email: robert.meissner@daimlerchrysler.com