

# Ansatz für eine kollaborative Umgebung in der Fabrik- und Prozessplanung

Mark Dürr,  
Carmen Constantinescu und  
Hanno Eichelberger, Stuttgart

Dieser Beitrag stellt kurz die aktuellen Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IPA in Stuttgart im Bereich „Digitale Fabrik“ vor. Theoretische Konzepte für eine durchgängige und kollaborative Fabrik- und Prozessplanung wurden im Rahmen des europäischen Projekt DiFac umgesetzt. Die Beschreibung der konzipierten und entwickelten Architektur der Hauptkomponente Factory Constructor der VR-basierten Produktionsumgebung DiFac bildet den Schwerpunkt dieses Artikels.

## Einleitung

In diesem Artikel werden die Hauptforschungsaktivitäten im Bereich „Digitale Fabrik“ dargestellt, die am Fraunhofer IPA im Rahmen des Projekts DiFac (Digital Factory for Human Oriented Production System) durchgeführt werden. DiFac [1] ist ein EU-Projekt, das die Entwicklung einer innovativen VR-basierten Umgebung für die digitale kollaborative Produktionsplanung (Collaborative Manufacturing Environment – CME) umfasst. Mehrere Universitäten, Forschungsinstitute und produzierende Unternehmen aus ganz Europa mit Kompetenzen in der Produktentwicklung sowie in der digitalen Fabrik- und Prozessplanung sind an diesem Projekt beteiligt. Es werden darin folgende drei so genannte „Digitale Aktivitäten“ durchgeführt und mit Hilfe der industriellen Partner validiert:

- Prototype Designer,
- Factory Constructor und
- Training Simulator.

Der Prototype Designer unterstützt die spezifischen Aktivitäten für eine virtuelle Produktentwicklung. Der Factory Constructor kommt für die Planung, Simulation, Optimierung und Evaluierung einer Fabrik zum Einsatz. Zur Schulung von Arbeitskräften mit Hilfe von VR- und AR-Werkzeugen wird der Training Simulator verwendet. Die genannten Aktivitäten werden aus den Perspektiven Präsenz, Kollaboration und Ergonomie betrachtet.

Diese drei Charakteristiken sind im Projekt als die drei Säulen „Pillars“ des CME bezeichnet und bilden die Grundlage für die oben genannten Hauptaktivitäten.

Dieser Artikel konzentriert sich auf die Aktivität Factory Constructor, die unter der Koordination des Fraunhofer IPA, Projektgruppe „Digitale Fabrik“, durchgeführt wird. Im ersten Abschnitt erfolgt die Vorstellung der Methodik des Factory Constructors. Fünf Phasen des Fabrikplanungsprozesses, die der Factory Constructor unterstützt, werden aufgeführt und dargestellt. Der IPA Factory Constructor Hub bildet dabei das Kernsystem und erlaubt es, die einzelnen Anwendungen des Factory Constructors anzubinden. Er bietet den integrierten Anwendungen eine gemeinsame Datenbasis und Funktionalitäten für den Datenaustausch. Am Ende des Artikels wird die Architektur des Factory Constructors mit den enthaltenen Anwendungen und dem IPA Factory Constructor Hub als Kernsystem erläutert.

## Methodik des Factory Constructors

Die Funktionalitäten des Factory Constructors wurden mit Hilfe eines Use-Case-Szenarios analysiert. In diesem Szenario wird der Factory Constructor genutzt, um eine neue Produktionslinie für einen Industriepartner des DiFac-Projekts, der Zulieferer der Automobilindustrie ist, zu planen. Über das Szenario

wurde festgestellt, dass der Factory Constructor Anforderungen für fünf verschiedene Phasen der Fabrikplanung erfüllen soll. Bild 1 zeigt diese Phasen und ihre einzelnen Ein- und Ausgangsdaten.

In der ersten Phase wird ein Brainstorming zur Vorbereitung der nachfolgenden Phasen durchgeführt. Das Brainstorming erhält als Eingangsdaten Informationen über die Rahmenbedingungen durch die Infrastruktur am Fabrikstandort. Experten verschiedener Fachbereiche sammeln in dieser Phase die notwendigen Informationen für die Fabrikplanung. Eingangsdaten für die Planungswerkzeuge, wie 3D-Modelle von Maschinen werden in dieser Phase systematisiert und bereitgestellt. Die beteiligten Experten legen außerdem die Anforderungen und Bedingungen an die Produktionslinie fest. In der Phase Design des Fabrik Layouts werden mit Hilfe des IPA-Planungstisches [2] die Ressourcen in einer Fabrik, wie z.B. Maschinen, ausgewählt und im Fabriklayout platziert. Die Ausgangsdaten dieser Phase sind unter anderem ein Layout der Fabrik. In der nächsten Phase Shop-Floor-Visualisierung wird im Zusammenspiel von Planungs- und 3D-Visualisierungswerkzeugen das Layout optimiert.

Als Visualisierungswerkzeug wird beispielsweise die IPA-CAVE [3] genutzt, um das Layout zu evaluieren und mögliche Schwachstellen und Probleme in der aktuellen Planung durch Experten ver-

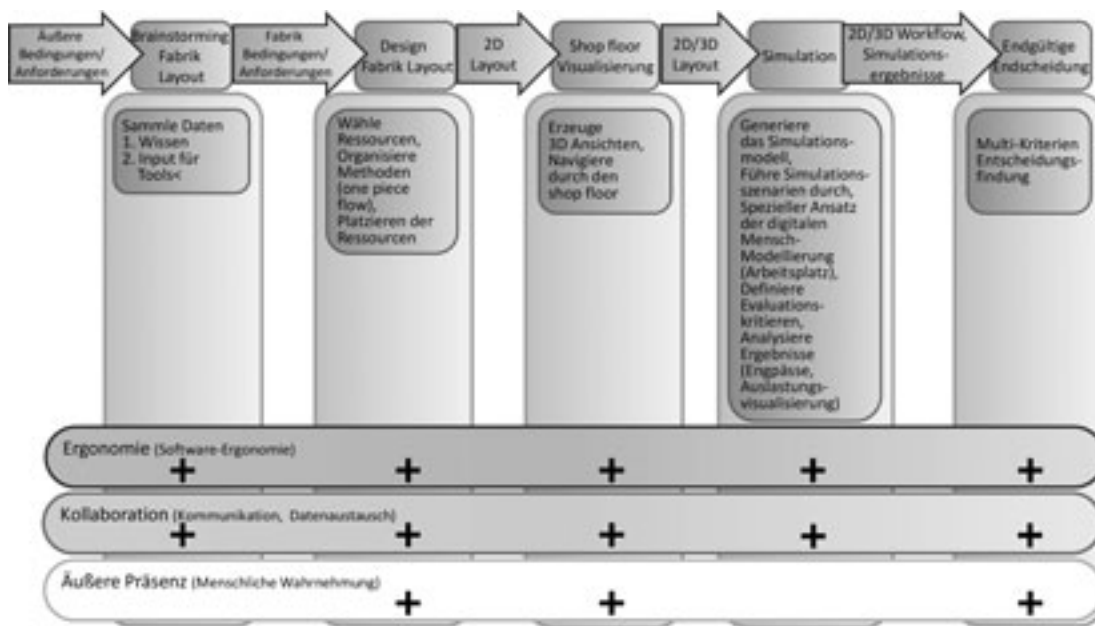


Bild 1. Methodik des Factory Constructor

schiedener Fachbereiche zu erkennen. Planungs- und Visualisierungswerkzeuge sollen dabei eng zusammenarbeiten und Änderungen im Layout austauschen können. Das entwickelte 3D-Layout bildet die Grundlage für die Simulation. In der Simulationsphase werden die einzelnen Produktionslinien und die zugehörigen Materialflüsse mit Simulationswerkzeugen modelliert und simuliert. Diese Werkzeuge sollen dabei Simulationsergebnisse an VR-Visualisierungswerkzeuge weiterleiten, damit die analysierten Problemstellen im Layout dargestellt werden können. Grundlegende Entscheidungen müssen in der letzten Phase mit den Ergebnissen aus der Evaluierung des Layouts und mit Hilfe der Simulationsergebnisse getroffen werden.

Aus diesen Phasen ergeben sich verschiedene Anforderungen für die einzelnen Anwendungen des Factory Constructors. Eine grundlegende Anforderung ist dabei eine gemeinsame Datenbasis für Fabrikplanungsdaten und eine Möglichkeit zum direkten Datenaustausch zwischen den Anwendungen.

### IPA Factory Constructor Hub

Der IPA Factory Constructor Hub, welcher im Folgenden IPA Hub genannt wird, repräsentiert die Hauptkomponente des Factory Constructors. Er bietet den Anwendungen, die an den Factory Constructor gekoppelt sind, die geforderte gemeinsame Datenbasis für die Fabrikplanungsdaten. Die Software-Architektur

des Hubs basiert auf einem Drei-Schichtenmodell (Bild 2).

Die Komponenten IPA-Planungstisch, IPA-Cave und verschiedene andere Werkzeuge der Projektpartner bilden dabei die Client-Schicht. Der Hub, welcher in der Server-Schicht des Schichtenmodells lokalisiert ist, hat Zugriff auf die Daten in der Factory-Constructor-Datenbank, die sich in der Datenhaltungsschicht befindet. Die Datenbank speichert Daten, die von den Anwendungen des Factory Constructors für die unterschiedlichen Fabrikplanungsprozesse genutzt werden. Der Hub integriert die verschiedenen Anwendungen des Factory Constructors und bietet ihnen eine einheitliche Schnittstelle, über die sie auf die Funktionalität des Hubs zugreifen können. Die Anwendungen haben über den Hub auf die Daten in der Datenbank Zugriff.

Der Hub verwaltet verschiedene Planungsprojekte, die in der Datenbank in unterschiedlichen Versionen gespeichert sind. Ein Projekt reguliert alle für die Planungsphasen notwendigen Daten. Die verschiedenen Anwendungen haben dabei eine anwendungsspezifische Sicht auf das Projekt. Ein Simulationstool erhält zu den einzelnen Ressourcen in der Fabrik andere Informationen aus der Datenbank als eine Visualisierungseinheit wie die CAVE. Das Datenbankmodell ist flexibel konzipiert, um unterschiedlichste Anwendungen des Fabrikplanungsprozesses zu integrieren, wodurch diese kollaborativ am selben Projekt mit einer zentralen Datenbank arbeiten können.

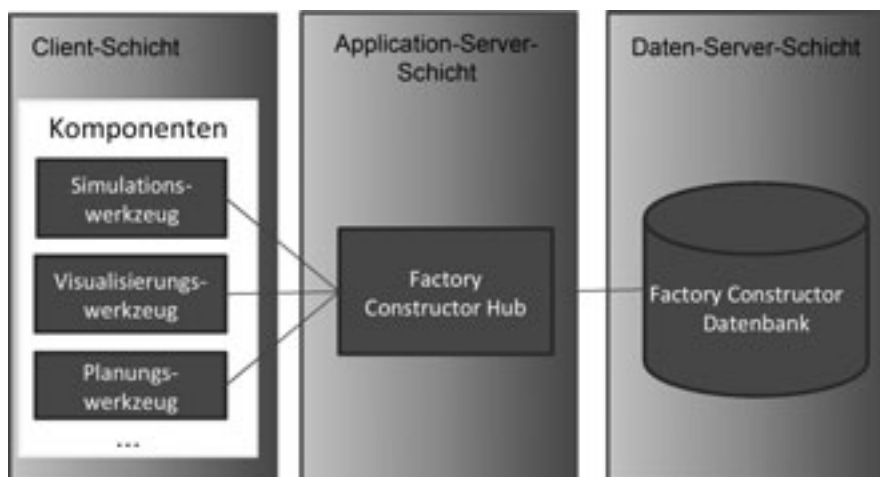


Bild 2. Drei-Schichtenmodell des Hubs

Für einen zeitlich schnelleren Datenaustausch zwischen den Anwendungen bietet der Hub ein Benachrichtigungssystem. Alle Anwendungen, die in einer bestimmten Version eines Projekts arbeiten, erhalten eine Benachrichtigung, sobald der Zustand einer Ressource in der jeweiligen Version geändert wird. Eine Anwendung kann nach Erhalt der Benachrichtigung die geänderten Zustandsdaten der Ressource beim Hub abfragen. Bild 3 zeigt ein Szenario, in dem zwei unterschiedliche Anwendungen über den Hub synchron zusammenarbeiten. In diesem Beispiel wird die Anwendung A vom Hub benachrichtigt, sobald von der Anwendung B Änderungen an einer Ressource vorgenommen werden. Um Konflikte zu vermeiden, verhindert ein Locking-System, dass mehrere Anwendungen eine Ressource gleichzeitig bearbeiten können.

### Komponentenarchitektur des Factory Constructors

Die Architektur des Factory Constructors im Zusammenspiel mit dem Hub ist in Bild 4 dargestellt. Die einzelnen Phasen aus Bild 1 sind hier beispielhaft mit den entsprechenden Anwendungen abgebildet. Alle Anwendungen greifen über eine Schnittstelle auf die Funktionalitäten des Hubs zu und können mit den anwendungsspezifischen Daten aus der Datenbank arbeiten.

### Zusammenfassung

Die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer IPA, Projektgruppe „Digitale Fabrik“ im Bereich kollaborative und VR-basierte Umgebungen für Fabrik- und Prozessplanung wurden in diesem Artikel kurz dargestellt. Der Artikel erläutert eine innovative Lösung zur verteilten Planung einer Produktionslinie aus dem DiFac-Projekt. Aus den Anforderungen der vorgestellten Methodik des Factory Constructors hat sich ergeben, dass eine gemeinsame Datenbasis für die einzelnen Anwendungen des Factory Constructors grundlegend ist. Der IPA Hub wurde entwickelt, damit diese Anwendungen Zugriff auf eine gemeinsame Datenbank bekommen, in der sie die Projektplanungsdaten zentral ablegen können. Eine skalierbare und flexible Datenhaltung erlaubt es, unterschiedlichste Anwendungen zu integrieren. Das Benachrichtigungssystem

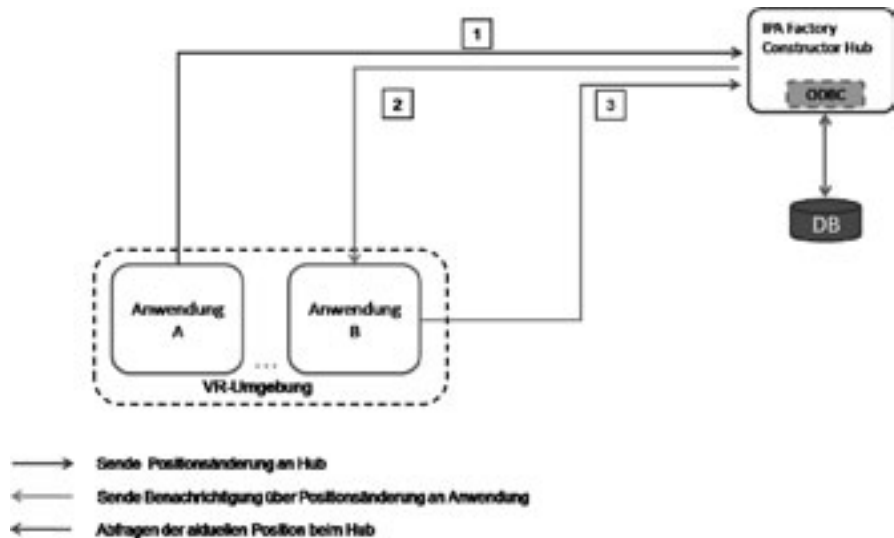


Bild 3. Hub-Benachrichtigungssystem

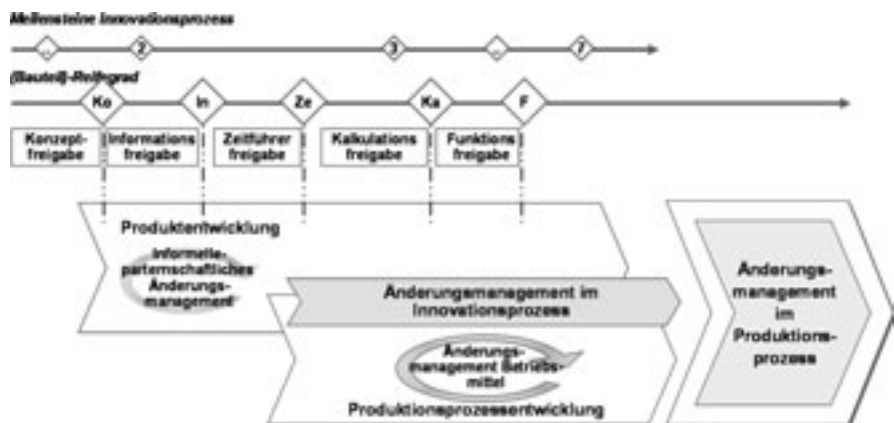


Bild 4. Architektur des Factory Constructors

des Hubs ermöglicht mehreren Anwendungen des Factory Constructors gleichzeitig an einem Fabriklayout zu arbeiten und die Änderungen am Lay-

out direkt auszutauschen. Der IPA Factory Constructor Hub bildet die Basis zur Integration mehrerer heterogener Anwendungen zur Planung einer Fa-

## Summary

The paper shortly presents the current research activities performed at the Fraunhofer IPA, Stuttgart, in the field of "Digital Factory". The theoretical concepts related to the continuously and collaborative Factory and Process Planning are implemented into the research work developed in the framework of the European project DiFac. The conceived and developed architecture of the main component of the DiFac VR-based manufacturing environment, the Factory Constructor is in this paper detailed presented.

brik. Diese Integration ermöglicht, die unterschiedlichen Planungsaktivitäten mit einer gemeinsamen Datenhaltung durchzuführen. Der vorgestellte Ansatz bietet außerdem einen zentralen Datenaustausch zwischen den integrierten Komponenten über den Hub.

## ■ Literatur

- 1 DiFac - Homepage. Verfügbar unter: <http://www.difac.net>
- 2 Westkämper, E.; Pfeffer, M.; Dürr, M.: Partizipative Fabrikplanung mit skalierbarem Modell: Ein Ebenenmodell zur schrittweisen Verfeinerung der Layouts mit „i-plant“. *wt - Werkstattstechnik online* 94 (2004) 3, S. 48-51
- 3 Künzler, U.; Runde, Chr.: Kinesthetic Haptics Integration into Large-Scale Virtual Environments. In: Bicchi, A. (Ed.) u.a.: *Proceedings of the First Joint EUROHAPTICS Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 18-20 March 2005, Pisa, Italy, 2005.

## ■ Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. Mark Dürr, geb. 1968, absolvierte sein Studium der Elektrotechnik an der Universität Stuttgart. Seit über 10 Jahren ist er am Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart beschäftigt. Mark Dürr ist Mitarbeiter der Abteilung Fabrik- und Logistikplanung im Bereich Unternehmenslogistik. Seine dortigen Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen in der Konzeptionierung und Entwicklung von Softwaretools zur Planung und Optimierung von Fabriken und deren Konfiguration über die er derzeit an einer Promotion arbeitet. Im Jahr 2004 wurde er für seine Arbeit auf diesem Thema bereits vom European Council of Science, Technology and Engineering als IST Nominee ausgezeichnet.

Dr.-Ing. Carmen Constantinescu, geb. 1959, absolvierte ihr Studium des Maschinenbaus und der Informatik an der Technischen Universität Klausenburg (Cluj-Napoca), Rumänien. Seit Anfang 2001 arbeitet sie an der Universität Stuttgart, im Bereich „Advanced Industrial Engineering“. Sie leitet die Arbeitsgruppe „Digitale Fabrik“ – des IFF der Universität Stuttgart und des Fraunhofer IPA mit Schwerpunkt „Eigenständige Weiterentwicklung der Informationssysteme für die digitale Fabrik“ mit eigenen öffentlichen Projekten.

Dipl.-Inf. (FH) Hanno Eichelberger, geb. 1981, absolvierte sein Studium im Studiengang Software Engineering an der Hochschule in Heilbronn. Seit Anfang 2008 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Digitale Fabrik“ – des IFF Instituts der Universität Stuttgart und des Fraunhofer Instituts IPA. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt im Bereich Simulation technischer Systeme.

# Mehr Flexibilität für Werkzeug- und Formenbau

Folgeverbundwerkzeuge für die Blechbearbeitung, Spritzgießwerkzeuge sowie Aluminium-Druckgusswerkzeuge und Entgratungswerkzeuge entstehen im Werkzeug- und Formenbau der Ebel & Rickert GmbH. Um für die immer kürzer werdenden Vorgabezeiten und die Konstruktion unterschiedlicher Werkzeugtypen gerüstet zu sein, setzen die Arnberger auf die CAD/CAM-Lösung VISI. „Dank der Spezialmodule von VISI, die auf dem 2D- und 3D-CAD Kernmodul Modelling aufbauen, sind wir in der Lage, sowohl Folgeverbundwerkzeuge mit VISI Progress als auch Spritzgieß- und Aluminium-Druckgusswerkzeuge mit VISI Mould und VISI Split zu konstruieren. Da die Module jeweils auf den speziellen Einsatzzweck hin optimiert sind und die Software sehr benutzerfreundlich ist, lassen sich vergleichsweise kurze Konstruktionszeiten erreichen,“ berichtet Geschäftsführer Ralf Rickert.

So unterstützt VISI Progress den Konstrukteur beim Erstellen des Streifenbildes, schlägt die einzelnen Stationen vor und berechnet die notwendigen Stempelkräfte. Auch schwierigere Abwicklungen lassen sich mit VISI Progress in den Griff bekommen. Die beispielsweise bei einer für einen Automobilhersteller produzierten Kniefängerstütze enthaltenen Freiformflächen konnte der Konstrukteur mit den 3D-Funktionen von VISI direkt in das Werkzeug hineinkonstruieren. Nach Fertigstellung des Streifens lässt sich die Abwicklung zudem in VISI Progress simulieren, um die Funktion des Werkzeuges zu überprüfen. Als ebenfalls sehr aufwendig erwies sich die Konstruktion eines Entgratwerkzeuges für ein Aluminium-Druckgussteil mit zwei Kavitäten. Um den Anguss abzutrennen, die Löcher zu schneiden, die äußeren Grate zu entfernen, die Teile zu trennen und die Dichtflächen plan zu schneiden entstand mit Hilfe von VISI ein Werkzeug, das sowohl zwei Sägen als auch vier hydraulische Schieber enthält und die Arbeit in wenigen Arbeitstakten erledigt.

Die in VISI Progress und VISI Mould enthaltenen Normalien-Bibliotheken

sind parametrisiert, sodass der Konstrukteur Änderungen direkt im Werkzeug vornehmen kann und sich die Standardteile wie Führungssäulen, Schrauben, Buchsen und Auswerfer an die Änderungen automatisch anpassen. Löschen und neu laden muss er die Teile deshalb nicht. Falls einmal Bauteile benötigt werden, die noch nicht in VISI verfügbar sind, erfasst sie der Konstrukteur anhand der Katalogdaten, VISI sorgt jeweils für die Parametrisierung. Für die Erstellung der Maschinenprogramme setzt Ebel & Rickert die VISI Module MFR sowie Machining 2D und Machining 3D ein. VISI MFR übernimmt aus den VISI Modulen Mould und Progress die Bearbeitungsinformationen und berechnet daraus die Zyklen zum Zentrieren, Bohren, Reiben, Gewindeschneiden sowie Profil- und Tassenfräsen. Um Werkzeuge mit immer komplexer werdenden Bauteilgeometrien schneller und präziser bearbeiten zu können, werden die Arnberger noch eine 5-Achs-Simultanfräsmaschine sowie VISI Machining für die 5-Achsen-Bearbeitung anschaffen. Durch die kürzeren Werkzeuge und Werkzeugbewegungen sind dann eine bessere Oberflächenqualität und kürzere Maschinenlaufzeiten zu erreichen. „Die Software stellt für uns durch ihre Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität einen der Grundpfeiler für das kontinuierliche Wachstum unseres Betriebs dar. Darüber hinaus bietet VISI im Vergleich zu anderen CAD/CAM-Programmen für den Werkzeug- und Formenbau auch ein sehr gutes Preis-/Leistungsverhältnis,“ zieht Geschäftsführer Frank Ebel ein sehr positives Fazit.

## Kontakt:

MECADAT  
Herr Ralph Schmitt  
Hagenastraße 5  
85416 Langenbach  
Tel.: (0 87 61) 76 20-0  
Fax: (0 87 61) 76 20-90  
E-Mail: [ralph@mecadat.de](mailto:ralph@mecadat.de)  
[www.mecadat.de](http://www.mecadat.de)