

# **MODALE - Modellbasiertes Anlagen-Engineering, kundenorientierte Dienstleistungen für Anlagensteuerung und -kontrolle**

Andreas Abecker, Markus Bauer, Mark Hefke  
Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe  
Haid-und-Neu-Str. 10-14  
76131 Karlsruhe

## **Kurzfassung**

Im Lebenszyklus einer automatisierungstechnischen Anlage fallen zahlreiche Dienstleistungsaufgaben (Entwicklung, Konstruktion, Inbetriebnahme, Betrieb, Wartung, Umbau) in den verschiedensten Disziplinen (Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik) an, die von vielen verschiedenen kleinen, mittleren und großen Unternehmen bearbeitet werden. Für jede dieser Aufgaben werden bestimmte Informationen über die Anlage erstellt oder manipuliert. Die Darstellung der entsprechenden Daten erfolgt dabei je nach Aufgabe in unterschiedlichen Beschreibungsformen und Sichten. Informationen, die mehrfach benötigt werden, werden in der Regel vielfach redundant gehalten. Nur vereinzelt gibt es automatischen Datenaustausch oder -abgleich. Ein übergeordnetes Konzept für die Informationshaltung und Transformation zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen fehlt. Im Projekt MODALE<sup>1</sup> soll ein Referenzmodell entwickelt werden, das eine übergreifende Daten- und Prozesssicht auf die Anlage ermöglicht. Die Datensicht vereinfacht den Informationsaustausch zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen zwecks redundanzfreier Dateneingabe oder für Konsistenzchecks zwischen verschiedenen Bereichen. Die Prozesssicht regelt, wie für einzelne Aufgaben vorgegangen wird, d.h. wie die Daten der verschiedenen Arbeitsbereiche zusammenspielen. Im Rahmen von MODALE wird die Daten- und die Prozesssicht für zwei Aufgaben detailliert, für die Anlagenplanung (Neuplanung, Inbetriebnahme, Änderungsplanung) und für die Entwicklung höherwertiger Dienstleistungen am Beispiel eines Diagnosesystems. Als Anwendungsfeld wurde der Automobilbau gewählt. Das Projekt hat die wesentlichen Anwendungsszenarien bereits definiert, Anforderungsanalysen durchgeführt und befindet sich zur Zeit in der Detaillierungsphase für die entsprechenden Referenzmodelle.

## **1. Projektkontext und Ziele**

**Anwendungszielsetzung.** Übergeordnetes Ziel von MODALE ist die signifikante Kostensenkung bei der Planung, Konstruktion und dem Betrieb komplexer automatisierungstechnischer Anlagen am Beispiel eines Szenarios aus der deutschen Automobilindustrie.

---

<sup>1</sup> <http://www.modale.de>

## Praxisrelevantes Szenario Rohbau ZB Längsträger ATEGO



- Planungsaufgaben
- Toolfunktionalität
- Planungsdaten

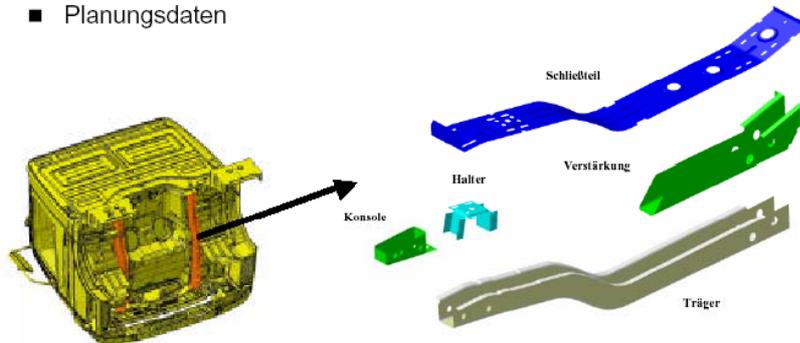


Abbildung 1: Anwendungsszenario – Anlagenplanung im Automobilbau  
(Graphik: G. Schmidgall, DaimlerChrysler AG RIC/EP Ulm)

In der Automobilindustrie hat man in den letzten Jahren große Anstrengungen unternommen, um die Verfügbarkeit rechnerunterstützter Verfahren in Produktentwicklung und Produktion drastisch zu erhöhen. Dagegen besteht im Bereich der *Produktionsplanung* ein Nachholbedarf, was den Einsatz von Informations- und Kommunikations-Technologien betrifft. Die Produktionsplanung ist gleichzeitig die entscheidende Schnittstelle zur Einbindung von Zulieferern (Anlagenbauer, Dienstleister) bei der Beschaffung von neuen Produktionsstätten. Verschiedene Studien (z.B. Roland Berger) belegen die hohe Dringlichkeit einer globalen Produktionsplanungs- und Produktionsstrategie. Diese beinhaltet eine vollständige digitale Repräsentation von Produkt, Prozess- und Ressourcedaten und die Möglichkeit der digitalen Absicherung / Konzeptvalidierung von Planungsständen (*Digitale Fabrik*). Daraus resultiert ein hoher Kommunikations- und Integrationsbedarf bei Prozessen und Systemen zwischen OEM und Zulieferern. Zur Beherrschung der sich daraus ergebenden Schnittstellenkomplexität ist ein durchgängiges Datenmanagement und bestmögliche Datenintegration notwendig. Unabhängige Studien prognostizieren ein Potential von 20-30 % bei der Zeitersparnis und ca. 15 % bei zu erwartenden Kosteneinsparungen. Gleichzeitig wird erwartet, dass sich die Qualität und der Reifegrad einer Anlage um ca. 10 % verbessern.

Die angestrebte Durchgängigkeit in der digitalen Welt zwischen OEM und Zulieferern wird eine ganze Reihe neuer Möglichkeiten bieten, die sich quantitativ heute noch nicht abschätzen lassen:

- Die nahtlose Einbindung von KMUs geht schneller und ohne Medienbrüche vonstatten, gleichzeitig ist eine klare Spezifikation der Aufgaben möglich (Anforderungsspezifikation), ohne detailliert die Lösung und das Vorgehen zu beschreiben..
- Iterationsschleifen, wie sie bei der Optimierung technischer Systeme die Regel sind, lassen sich vollständig digital durchführen – mit den daraus resultierenden Zeit- und Kostenvorteilen.
- Standardisierung von Prozessen, Daten und Systemen, sowie konsequenter Einsatz vorhandener Standards erhöhen die Kommunikationsfähigkeit sowohl von OEM als auch von Zulieferern.

- Die digitale Durchgängigkeit vom Produkt, über die Prozessgestaltung / Prozessplanung bis zur Leit- und Steuerungstechnik der Anlage stellt einen wirtschaftlich wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur digitalen Fabrik dar.

**Projekt-Vision.** Die Vision des Verbundprojektes MODALE (Modellbasiertes Anlagen-Engineering, kundenorientierte Dienstleistungen für Anlagensteuerung und -kontrolle) ist es daher, eine Anlage über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg digital zu modellieren, und aus diesem Modell den Informationsbedarf aller Beteiligten effizient und konsistent abzuleiten. Ziel von MODALE ist die erstmalige softwaretechnische **Integration** aller an der Planung, der Konzeption und dem Betrieb einer komplexen Anlage beteiligten Gewerke und der von ihnen erzeugten oder benötigten Informationen.

**Technischer Ansatz.** Um sich dieser Vision anzunähern, wird in MODALE ein Referenzmodell entwickelt, das eine übergreifende Sicht auf die Anlage und die verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus ermöglicht. Dieses Modell umfasst die folgenden Ebenen:

- Die **Datensicht** ermöglicht den Informationsaustausch zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen (Gewerke), d.h. den automatischen Datenaustausch, die redundanzfreie Eingabe von Daten sowie Konsistenzüberprüfungen zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen.

Dabei sollen ausdrücklich keine neuen Standards für die unterschiedlichen Aspekte in den verschiedenen Arbeitsbereichen, Geräten und Betriebsmitteln entwickelt werden, sondern überwiegend maschinenlesbare Datenquellen von marktrelevanten Produkten zum Einsatz gelangen.

- Die **Prozesssicht** regelt, wie für einzelne Aufgaben vorgegangen wird und die Daten der verschiedenen Arbeitsbereiche für diese Aufgabe zusammenspielen.

Im Rahmen des Projekts wird die Daten- und die Prozesssicht für zwei Phasen des Anlagenlebenszyklus detailliert: die Anlagenplanung und die Entwicklung höherwertiger Dienstleistungen am Beispiel eines Diagnosesystems.

Die im Projekt entwickelten Ergebnisse werden dabei direkt an Fallstudien zur Anlagenkonstruktion und zu Produktionsprozessen aus der Automobilindustrie evaluiert und in die Praxis umgesetzt.

**Wissenschaftlich-technische Ergebnisse.** Das übergeordnete technische Ziel von MODALE ist die Entwicklung der technologischen Grundlagen zur digitalen Informations- und Prozessintegration im Bereich der Konstruktion und des Betriebs komplexer automatisierungstechnischer Anlagen. Dies umfasst im Einzelnen:

- die **Methodik** zum Aufbau des Referenzmodells (Wie wird ein Referenzmodell aufgebaut und welche Daten sind enthalten);
- den Aufbau eines **Referenzmodells** mit dem Ziel der Verzahnung digitaler Prozess- und Anlagenplanung;
- die Schaffung von **Schnittstellen** zwischen Referenzmodell und den verschiedenen gewerkespezifischen Repräsentationen am Beispiel von Anlagenplanung und Diagnosesystemen sowie die entsprechende softwaretechnische Umsetzung; sowie
- die Entwicklung und Evaluation einer **Vorgehensweise zur Anlagenplanung**: Methodik und prototypische Umsetzung anhand des Beispiels aus der Automobilindustrie.

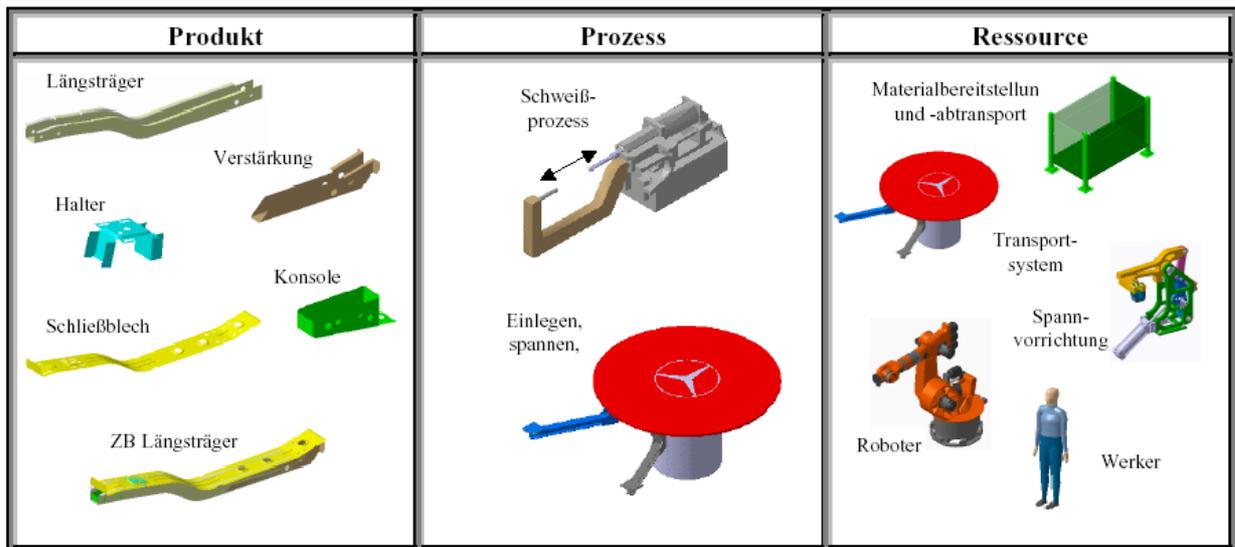


Abbildung 2: Produkte, Prozesse und Ressourcen im Anwendungsbeispiel  
(Graphik: G. Schmidgall, DaimlerChrysler AG RIC/EP Ulm)

## 2. Stand der Kunst und Projektstatus

**Industrielle Praxis.** Gegenwärtig müssen sich Anlagenbauer und Zulieferer auf jeden OEM separat einstellen. Bislang existiert keine allgemein gültige Arbeitsplattform, noch nicht einmal eine durchgängige Kompatibilität bzgl. des Datenhandlings für die Kommunikation von OEM zu Anlagenbauer und Zulieferer. Weder sind Schnittstellen definiert, noch ist eine allgemeingültige Software zur Unterstützung von Planungsarbeiten verfügbar. Jeder OEM pflegt seine eigenen, z.T. sehr speziellen Werksnormen und Betriebsmittelvorschriften; jeder Anlagenbauer und Zulieferer hält entsprechend umfangreiche Verfahrensanweisungen bereit, die für ein kundenspezifisches Projektmanagement zu beachten sind. Des Weiteren ist bislang kein systematisches Procedere entwickelt, um einen durchgängigen und termingerechten Datenaustausch bzw. -abgleich zwischen OEM, Anlagenbauer und Zulieferer / Dienstleister zu gewährleisten. Insbesondere das Änderungsmanagement bei kurzfristigen Modifikationswünschen des OEMs zum Anlagenkonzept stellt eher ein spontanes Reagieren als eine methodische Vorgehensweise dar. Dieser Zustand bindet umfangreiche Kapazitäten für die Projektabwicklung, mit der Gefahr vielfältiger Fehler, die aus dem gegebenen Vorschriftenmix resultieren. Folge ist ein beträchtlicher Mehraufwand an Zeit und Kapital, der wiederum mit entsprechenden Nachteilen für alle Beteiligten im internationalen Wettbewerb korreliert.

**Industriestandards und Partnerkompetenzen.** Eine moderne Anlage bildet ein hoch komplexes Netzwerk verschiedener Teilsysteme, Einzelkomponenten, Bussysteme, Controller und Gateways, die früher in sich abgeschlossene Einheiten oder Arbeitsbereiche darstellten (bzw. überhaupt nicht vorhanden waren). In der Vergangenheit wurden diese Einheiten bzw. Arbeitsbereiche durch den Anlagenbauer und seine Zulieferer einzeln geplant und konstruiert. Informationen, die Arbeitsbereichübergreifend benötigt wurden, wurden manuell übertragen.. Durch den wachsenden Anteil informationstechnischer Komponenten in einer automatisierten Anlage steigt deren Komplexität massiv an. Damit eine solche Anlage später funktionieren

kann, sind aufwändige Planungs- und Konstruktionsprozesse erforderlich, bei denen eine Vielfalt von Informationen (Produktdaten) anfallen.

In allen Arbeitsbereichen gibt es daher heute Aktivitäten zur Anlagen- und Produktdatenbeschreibung, die je nach Einsatzgebiet verschiedene Ansätze verfolgen und einen unterschiedlichen Reifegrad erreicht haben. Seit langer Zeit gibt es sogenannte Gerätebeschreibungen, die für die Parametrierung von digitalen Feldgeräten angewendet werden (z.B. bei HART, PROFIBUS und Foundation Fieldbus die Device Description Language DDL). In diesem Bereich ist der MODALE-Partner ifak Magdeburg ein Technologieprovider für Automatisierungstechnik (z.B. Gerätebeschreibungen, Funktionsbausteine, Profile -> ACORN, NOAH, MOVA) und industrielle Kommunikationssysteme (Funkfieldbus, Ethernet). Ferner sind Normen zur Definition von Merkmalsleisten (z.B. DIN-Merkmalsleisten) für die Beschreibung von Betriebsmitteln, vor allem im mechanischen Bereich, etabliert. Im Automobilbau gibt es die Norm ISO 10303 (Standard Exchange of Product Data – STEP), mit deren Hilfe Informationsaustausch zwischen CAD-Werkzeugen verschiedener Hersteller mit geringem Informationsverlust möglich wird. Sehr aktuelle Aktivitäten sind bei der Verbindung zu ökonomischen Prozessen, mit der Einbeziehung der Geräte und Betriebsmittel und deren Instandhaltung in die ERP (z.B. die ecl@ss Aktivität für die SAP-Merkmalsleisten der verfahrenstechnischen Industrie) zu erkennen.

Basierend auf internationalen Standards wie IEC 61131-3 und IEC 61499 wurden seit Jahren vom Hersteller unabhängige Produkte für die Steuerungs-, Antriebs- und Montagetechnik entwickelt, die über Industriestandards wie OPC auch an die Leittechnik angebunden werden. Die Integration von Anlagenkennzeichen, Betriebsmitteln und wiederverwendbaren Softwarekomponenten für die Automatisierung von Anlagen zur flexiblen Produktion ist Kompetenzschwerpunkt des MODALE-Projektpartners infoteam Software.

Dennoch fehlt ein Konzept, das all diese Bemühungen vereinigt und gemeinsam zugänglich macht. Firmen wie Delmia und DaimlerChrysler mit der Digital Factory Initiative unternehmen erhebliche Anstrengungen, solche Konzepte zu entwickeln, die jedoch nicht die Gesamtheit einer Anlage abdecken. Dies ist jedoch eine wesentliche Voraussetzung für Dienstleistungen und Werkzeuge, die sich über mehrere Arbeitsbereiche erstrecken, die Information aus anderen Arbeitsbereichen angewiesen sind oder Information für andere Arbeitsbereiche generieren. Dies gilt speziell für die Leittechnik, die viele Arbeitsbereiche im Lebenszyklus einer Anlage tangiert. Solche komplexen Systeme mittels Komponenten zu modellieren und daraus SW-/HW Produkte – basierend auf dem Produktfamilienansatz – zu definieren, gehört zu den Kompetenzfeldern der MODALE-Projektpartner FZI Karlsruhe und Fraunhofer IESE.

**Projektstruktur.** Der MODALE-Projektverbund setzt sich aus drei Forschungseinrichtungen und sechs Industriepartnern zusammen:

Projektpartner	Beschreibung
Aucotec Bremen GmbH	AUCOTEC ist als spezialisierter IT-Dienstleister seit über 10 Jahren Partner der Industrie in den Bereichen Prozessvisualisierung, Prozessleittechnik, Betriebsdatenerfassung und Produktions-Management. AUCOTEC realisiert im automatisierungstechnischen Umfeld Gesamtlösungen, die eine durchgängige Verfügbarkeit von Produktionsdaten garantieren.
CENIT AG Systemhaus	CENIT ist ein international tätiges Dienstleistungsunternehmen mit dem Schwerpunkt Product Lifecycle Management- und Enterprise

	Content Management-Lösungen sowie Outsourcing.
DaimlerChrysler Forschungszentrum Ulm	DaimlerChrysler ist eines der führenden Automobil-, Transport- und Dienstleistungsunternehmen der Welt. In dieser Rolle definiert DC als OEM und Auftraggeber bzw. Betreiber von Produktionsanlagen die dem Projekt zugrundeliegenden Szenarien und Fallstudien. Die Abteilung RIC/EP im DaimlerChrysler Forschungszentrum Ulm beschäftigt sich seit 1998 intensiv mit der datentechnischen Produkt-Prozess-, Ressource- und Auftragsintegration.
Fraunhofer IESE, Kaiserslautern	Das Fraunhofer IESE steht für angewandte Forschung und Transfer innovativer Methoden in die Industrie im Bereich Software-Engineering. Das Fraunhofer IESE verfügt über Kompetenzen in den Bereichen Modellierung, Entwicklungsprozesse, Softwareentwicklung, Requirements-Engineering und -management, Komponententechnologie, Produktlinienengineering und -management und in der Durchführung von Fallstudien.
FZI Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe	Das Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe transferiert seit 1985 aktuelle Forschungsergebnisse und innovative Technologien im Bereich Hardware und Software in die Industrie. Die Abteilung für Software-Engineering (Programmstrukturen), verfügt über große Erfahrung im Bereich Modellierungstechniken und Komponententechnologie. Die Abteilung Wissensmanagement ist führend auf dem Gebiet der Ontologien und der Semantischen Informationsintegration.
ifak e.V. Magdeburg	Das ifak als An-Institut der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg hat zwei wesentliche Forschungsschwerpunkte: Automatisierungstechnik und Industrielle Kommunikationssysteme. Hauptthemen sind dabei die Untersuchung aktueller und künftiger Informationstechnologien, Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Handhabung von Automatisierungskomponenten sowie Asset Management.
infoteam Software GmbH	infoteam erstellt seit 1983 Software für die Automatisierungsbranche. Die Entwicklung (Anpassung, Erweiterung) erfolgt auf Basis eigener Programmierpakete, über Software von Vertragspartnern oder ausschließlich kundenspezifische Lösungen.
KORAMIS GmbH & Co. KG	Die KORAMIS-Gruppe entwickelt und vertreibt anwendungsorientierte CAE/CAD/PDM/IPS-Software-Pakete der Verfahrens-, Automatisierungs- und Versorgungstechnik für prozesstechnische Industrie-Anlagen und deren Geräte / Betriebsmittel.
KUKA Schweissanlagen GmbH	Die KUKA-Gruppe ist weltweit einer der führenden Anlagenbauer für die Automobilindustrie. Zur Unternehmensgruppe gehören in Deutschland die KUKA Schweissanlagen GmbH, die KUKA Werkzeugbau Schwarzenberg GmbH sowie eine Reihe von Konstruktionsbüros und Vertriebs- und Serviceniederlassungen. Die KUKA Schweissanlagen GmbH ist ein Hersteller von schlüsselfertigen Fertigungssystemen. Zu ihren Aufgaben gehören Planung, Produktion und Lieferung von flexiblen Fertigungssystemen (FFS).

Das Projekt ist auf einen Zeitraum von 24 Monaten hin angelegt und untergliedert sich in sechs größere Arbeitspakete:

**(1) Anwendungsszenario und Fallstudie** Es wurde ein praktisches Anwendungsszenario definiert (vgl. Abbildungen 1 und 2), anhand dessen die Projektpartner ihre Arbeiten inhaltlich abstimmen und die Ergebnisse validieren können. Hauptbestandteile des Anwendungsszenarios sind die Planung, die Inbetriebnahme, der Betrieb und die Änderung/ Optimierung einer Fertigungsanlage wie sie typischerweise in der Automobilindustrie verwendet wird. Dabei werden exemplarisch möglichst viele Aspekte einer kompletten Anlage untersucht (Bauteilinformationen, Prozesse, Ressourcen, Steuerinformationen, Schnittstelle zwischen digitaler und realer Welt etc.).

**(2) Referenzmodell – Konzepte, Methodiken und technische Umsetzung** Es werden Konzepte zur Modellierung von Anlagen und deren Komponenten, zur Beschreibung von Mechanismen zum widerspruchsfreien Abgleich unterschiedlicher Teilmodelle und zur Modellierung von Beziehungen und Abhängigkeiten erarbeitet. Hierzu wurden existierende (software-technische) Grundkonzepte analysiert. Auf Basis dieser Vorarbeiten werden dann Mechanismen zur Modellierung des Referenzmodells (RM) und zur Integration von Informationen aus gewerke- oder arbeitsbereichsspezifischen Modellen erarbeitet und dokumentiert. Basierend auf dem Metamodell des RMs wird eine Datenhaltungs- und Kommunikationsinfrastruktur erstellt. Die Kommunikationsinfrastruktur muss die verschiedenen Anforderungen der Anlagenplanung (Austausch von Daten mit z.B. gewerkespezifischen CAD-Planungstools), Dienstleistungserstellung (Nutzen der Daten für die Softwareentwicklung), Dienstleistungsbetrieb (z.B. Zugriff auf anlagen-übergreifendes Wissen durch ein Diagnosesystem) unterstützen. Ggf. sind verschiedene Kommunikationsinfrastrukturen für verschiedene Zwecke und verschiedene Lebenszyklus-Phasen der Anlage vorzusehen.

**(3) Domänenspezifische Ausgestaltung des Referenzmodells** Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Identifikation und Modellierung von Betriebsmitteln und Anlageninformationen im Lebenszyklus einer Anlage und mit der automatisierungstechnischen Semantik im RM. Dazu werden anwendungsspezifische Objekte Attribute und Relationen definiert. Das Ergebnis wird eine gewerke-übergreifende Ontologie für Mechanik, Elektrik und Leitetchnik sein, die eine Grundlage für weitere Arbeiten darstellt und wesentlich das Referenzmodell prägen wird.

**(4) Entwicklung einer Vorgehensweise zur Anlagenplanung** Es wird eine Vorgehensweise entwickelt, um den Produktentstehungsprozess von Fertigungsanlagen als vollständigen virtuellen Prozess darzustellen. Zur Konkretisierung des Verfahrens werden die Entwicklungsschritte an einem realistischen Beispiel aufgezeigt.

**(5) Toolintegration** Aufbauend auf dem MODALE-Referenzmodell werden bestehende Werkzeuge zur Anlagenrealisierung weiterentwickelt. Dabei werden i.W. Tools von Projektpartnern mit den erforderlichen Schnittstellen prototypisch ausgerüstet.

**(6) Evaluierung** Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse (Modelle, Vorgehensweisen, Werkzeuge) werden einer Reihe von Evaluierungsschritten unterzogen. Eine initiale Fallstudie ist bereits mit der Entwicklung des Anwendungsszenarios erfolgt. Diese wird in diesem Arbeitspaket weiter verwendet. Dabei wird eine existierende Anlage „nachgeplant“, d.h. die



Als Ausgangsbasis für das MODALE-Referenzmodells wurde initial ein Glossar der im besagten Anwendungsbereich relevanten Begriffe mit ihren Definitionen und Zusammenhängen aufgebaut und visualisiert. Dieses wird nun kontinuierlich in Richtung einer umfassenden und konsistenten Ontologie weiterentwickelt. Methodisch verwenden wir hierzu eine kombinierte Top-Down / Bottom-Up Verfahrensweise und arbeiten mit der KAON (Karlsruhe Ontology and Semantic Web Infrastructure<sup>2</sup>, vgl. Abbildung 3) Open Source Software für Erstellung, Speicherung, Evolution und Verarbeitung von Ontologien. Diese erlaubt beispielsweise mit dem Modul KAON-Portal die automatische Erzeugung eines

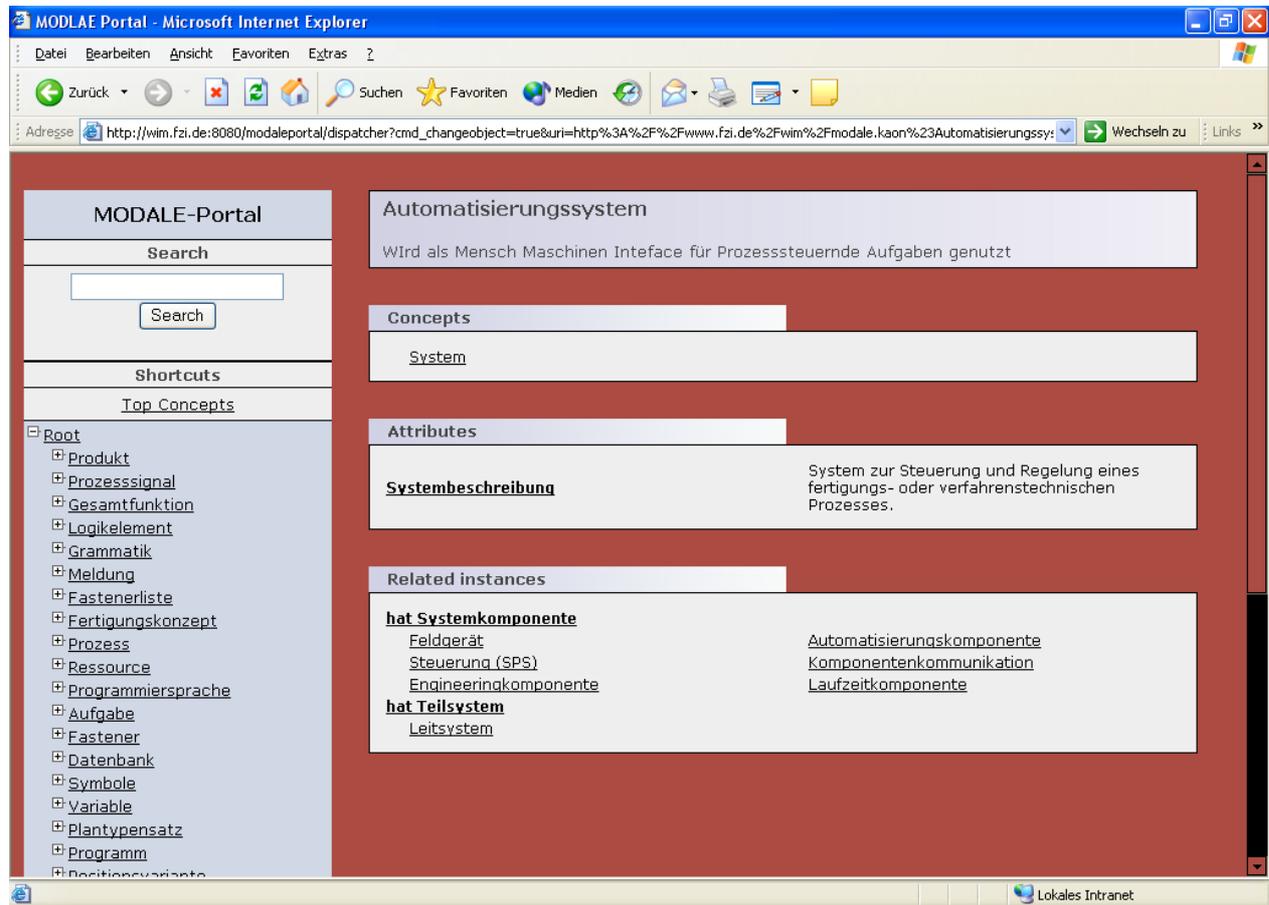


Abbildung 4: Darstellung des initialen MODALE-Glossars im KAON-Portal

semantischen Portals zum Inspizieren und Browsen der bis jetzt erstellten Glossar-Begriffe und von deren Zusammenhängen (siehe Abbildung 4). Die eingeschlagene Vorgehensweise hat sich bisher als vielversprechend herausgestellt, um in diesem interdisziplinären Projektteam zu einer Angleichung und Integration von Begriffswelten zu gelangen.

#### 4. Ausblick

Nach der verfeinerten Analyse des Anwendungsszenarios, der Definition von Evaluierungskriterien, der Auswahl von zu integrierenden Softwaresystemen und Datenmodellen im digitalen Planungsprozess und initialen Schritten zur Domänenanalyse wird im Mittelpunkt der kommenden Aktivitäten die Ausarbeitung und technische Umsetzung des MODALE-

<sup>2</sup> <http://kaon.semanticweb.org>

Referenzmodells stehen. Dabei ist eine wissenschaftlich interessante Frage die, inwieweit die auftretenden Modellierungsaufgaben mit bestehenden – teilweise in der Standardisierung durch das World Wide Web Consortium W3C befindlichen – Repräsentationssprachen und Integrationsansätzen aus der Ontologie-Forschung gelöst werden können. Danach wird die technische Integration durch die Anbindung existierender, marktgängiger Software-Produkte an das Referenzmodell eine Herausforderung darstellen. Nichtsdestoweniger blickt das MODALE-Projektteam zuversichtlich in die Zukunft, nicht zuletzt, weil sich in Gesprächen mit potentiellen industriellen Anwendern und Standardisierungsgremien wie auch innerhalb der einschlägigen Forschungs-Communities die adressierten Fragestellungen der Digitalen Fabrik und der Semantischen Integration als zunehmend interessant und vielversprechend für viele Beteiligte herausstellen.