

KONZEPT EINES ASSISTENZSYSTEMS FÜR DIE ENTWICKLUNG MECHATRONISCHER PRODUKTE

Achim Schön

Kurzfassung

Bei der Entwicklung mechatronischer Produkte gibt es zum jetzigen Zeitpunkt in der Industrie keine angewandte methodische Vorgehensweise. Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, die Basis für den Vorgang der methodischen Entwicklung dieser Produkte zu legen und diesen Prozeß durch Rechnerwerkzeuge zu unterstützen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Synthese- und Analyseunterstützung der verwendeten Beschreibungssprachen im technischen und informationstechnischen Bereich.

1 Einleitung

Bei der Produktentwicklung im maschinenbaulichen Umfeld zeichnet sich über die letzten drei Dekaden ein neuer Trend ab. Während in früheren Jahren das Gros der Komponenten aus reiner Mechanik bestand, dominieren heute in immer stärkerem Maß Elektronik und Software. Diese sog. „mechatronischen Systeme“ stellen heute einen großen Anteil aller Produkte dar. Um so verwunderlicher ist die Tatsache, daß sich bis jetzt keine durchgehende integrierte Vorgehensweise etablieren konnte, welche die Synthese dieser Produkte unterstützt. Aufgrund dieser Tatsache ist es auch noch nicht gelungen, praxistaugliche Werkzeuge zur durchgehenden Entwicklung mechatronischer Produkte zu entwickeln.

2 Der Konstruktionsprozeß mechatronischer Produkte

Über die industrielle Vorgehensweise bei der Konstruktion mechatronischer Produkte gibt es vergleichsweise wenige veröffentlichte Informationen aus der Praxis. Die meisten Kenntnisse basieren auf verbalem Austausch der Forscher über industriennahe Projekte. Eine der wenigsten Quellen stellt die Arbeit von Jacob Buur dar, der auf der Grundlage eines längeren

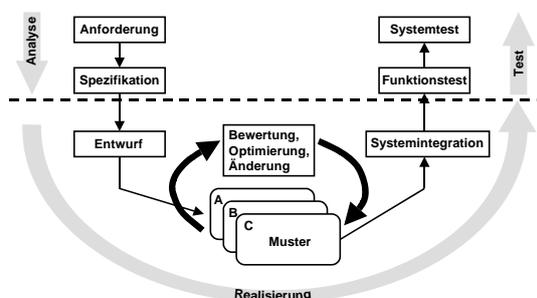


Bild 1: Industrieller Konstruktionsprozeß mechatronischer Produkte nach [3]

Aufenthalts in Japan die dortige Entwicklungsmethodik mechatronischer Produkte beschreibt [1]. Er konnte eine stark fächerübergreifende Denkweise bei den Produktentwicklern entdecken, welche er auf eine breit gefächerte nach-universitäre Ausbildung in der Industrie zurückführt. Eine Methodik ist gemäß der japanischen Schule dabei nicht vorhanden. Der Wissensstand über die mechatronische Produktentwicklung in der deutschen Industrie ist einerseits auf die VDI Richtlinie 2422 [2] und auf dokumentierte industriennahe Forschungsarbeiten zurückzuführen. So unterteilt beispielsweise [3] den Konstruktionsprozeß mechatronischer

Produkte in die Phasen Analyse, Realisierung und Test (vgl. Bild 1). Dabei endet die Realisierung mit der Integration in das Gesamtsystem und erst auf diesem sehr spät im Produktprozeß verankerten Syntheseschritt kann der Test des Gesamtsystems erfolgen. Ein weiteres Manko liegt in der fehlenden Unterstützung der als entscheidend angesehenen frühen Phasen. Hinweise mit welchen Mitteln ein Lösungseffekt gefunden werden kann, der spezielle Lösung für das Projekt darstellt werden ebensowenig bereitgestellt, wie die Möglichkeit das ganze System in einer frühen Phasen domänenübergreifend zu verifizieren. Diese fehlende Unterstützung des Syntheseprozesses und der Analyse in einer frühen Phase haftet auch der VDI 2422 an.

Auf Basis dieses Mangels wurde die im folgenden dargestellte Vorgehensweise zur Konstruktion mechatronischer Produkte entwickelt (vgl. Bild 2).

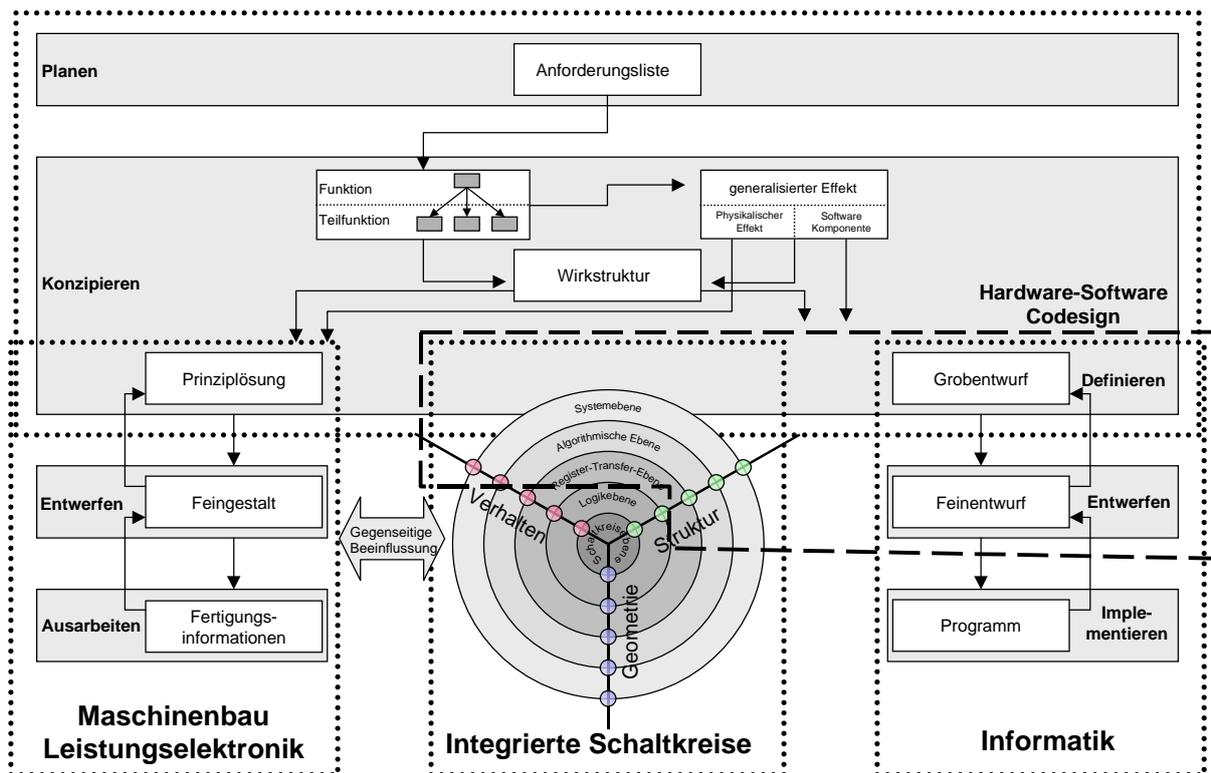


Bild 2: Konstruktionsmethodik für mechatronische Produkte

Diese integrierte Vorgehensweise beginnt mit einer gemeinsamen Phase der Planung des zu realisierenden Produktes. Deren Inhalt ähnelt stark dem entsprechenden Schritt nach der VDI 2221, benötigt aufgrund des breiteren Umfeldes aber eine noch größere Sorgfalt. Die nachfolgende gemeinsame Phase der Konzeption erfordert das Aufgliedern der zu realisierenden Funktionen zu Teilfunktionen, welche durch einen sog. *generalisierten Effekt*, nach [4] entweder aus einem physikalischen Effekt oder aus einer Softwarekomponente bestehend, erfüllt werden. Ausgehend von der getroffenen Entscheidung dieses Effektes kann in domänenspezifische Vorgehensweisen verzweigt werden. Handelt es sich um einen physikalischen Effekt, so erfolgt im weiteren ein Vorgehen nach der VDI 2221. Im Falle einer Softwarekomponente kann dagegen gemäß den Erkenntnissen des *Hardware-Software Code-signs* [5] die Definition und der Entwurf der Software vorangetrieben werden, ohne daß eine Entscheidung getroffen werden muß, ob diese in Hardware oder in einem Programm für einen Standardprozessor realisiert werden soll. Erst im Anschluß erfolgt die Implementierung des Programms oder die Schaltkreissynthese.

Bei dieser Vorgehensweise wird deutlich, daß die entscheidende Phase der mechatronischen Produktentwicklung in der Konzeption liegt. Hier spaltet sich der gemeinsame Produktentwicklungsprozeß in domänenspezifische Vorgehensweisen auf. Dies ist genau die Stelle bei der Entwickler der unterschiedlichen Disziplinen fächerübergreifend zusammenarbeiten müssen, um ein Gesamtkonzept für das Produkt zu entwickeln. Hierbei entsteht der Bedarf nach einer geeigneten Beschreibungssprache, mit der eine Kommunikation erst möglich wird. Diesem Aspekt wird in Kapitel 3 Rechnung getragen.

Auch in den späteren Phasen der Konstruktion gibt es immer wieder Abhängigkeiten zwischen den durch physikalische Effekte und den durch Software realisierten Lösungen. Diese treten zwar in weniger starker Form im Vergleich zu den frühen Phasen auf, können aber trotzdem nicht vollständig vermieden werden.

3 Beschreibungssprachen für die Konzeption

Aufgrund der heterogenen Kenntnisse bei Mitgliedern eines Entwicklungsteams für mechatronische Produkte und der Forderung nach einer Simulationsmöglichkeit, sind folgende Anforderungen an eine Beschreibungssprache zu richten, die speziell für den Bereich der Konzeption nutzbar ist:

Beherrschbarkeit: Die Sprache darf nicht zu komplex sein, damit der Produktentwickler noch in der Lage ist, diese vollständig zu verstehen und auch anzuwenden.

Leichte Erlernbarkeit: Die Sprache muß in einem möglichst kurzen Zeitraum erlernbar sein, ansonsten wird sie sich in der Praxis nur schwer etablieren.

Eindeutige Verständlichkeit: Die Sprache darf möglichst wenig Spielraum zur Interpretation bieten.

Formale Beschreibung für die Simulation: Für eine Simulation stellt die formale Beschreibung die Grundvoraussetzung dar.

Das Ziel eine einheitliche Beschreibungssprache für alle beteiligten Bereiche zu entwickeln erscheint wie in [6] dargelegt aussichtslos. Dagegen stehen mit den Bondgraphen [7] eine im technischen Bereich domänenübergreifende Modellierungssprache bereit. In der Informationstechnologie bieten die Statechart-Diagramme [8] eine graphische und damit potentiell für den fachfremden Produktentwickler leicht zu verstehende Modellierungssprache. Die Kombination der beiden Sprachen erfüllt die obigen Anforderungen. Die Vorgehensweise zur Simulation der erzeugten heterogenen Bondgraph-Statechart Modelle ist in [6] dargelegt.

4 Konzept des Assistenzsystems

Auf Grundlage des beschriebenen Konstruktionsprozesses mechatronischer Produkte wurde am Lehrstuhl für Konstruktionstechnik das Assistenzsystem zur Entwicklung mechatronischer Produkte (ASSMEPRO) auf Basis des Konstruktionssystems *mfk* (vgl. [9]) konzipiert und prototypenhaft implementiert.

In der Konzeptphase bei der Entwicklung mechatronischer Produkte muß die Entscheidung gefällt werden, welche Funktion mit welchem Mittel realisiert wird. Zur Beschreibung dieses Vorgangs wurden bereits in Kapitel 3 die Sprache der Bondgraphen für die technische Komponente und Statechart-Diagramme für die informationsverarbeitende Komponente gewählt.

Speziell der Bondgraph, als von der jeweiligen Lösungsdomäne abstrahierende Beschreibungssprache, wird vor der Auswahl eines verallgemeinerten Effektes eingesetzt.

Die Bedeutung des Übergangs zwischen abstrakten und konkreten Modellen in der Konzeptphase und deren Rolle für die Konstruktion wurde bereits in [10] dargestellt. Diesen Übergang, der den ständigen Synthese- und Analyseabfolgen entspricht, gilt es geeignet zu unterstützen. Außerdem muß gewährleistet sein, daß erzielte Ergebnisse für die spätere Phase der Konstruktion verwendet werden können. Hieraus ergibt sich das in Bild 3 dargestellte Konzept für das Assistenzsystem.

Im einzelnen beinhaltet es die nachfolgend aufgeführten Werkzeuge:

- Komponente zur Modellsynthese
- Verteilte Modellierung
- Katalog der verallgemeinerten Effekte
- Komponente zur Modelltransformation
- Simulationskomponente
- Schnittstelle zur Integration in das Konstruktionssystem *mfk*.

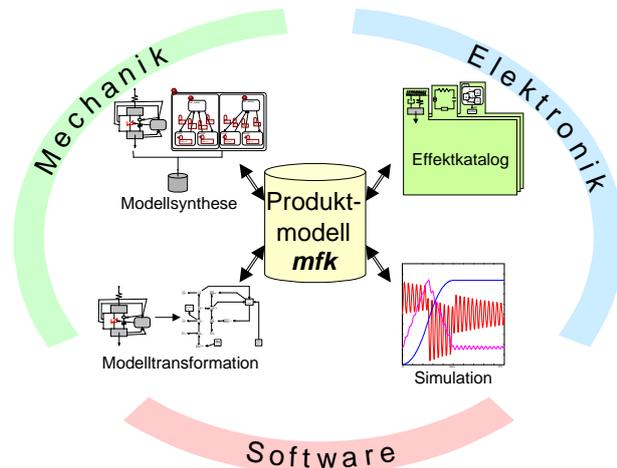


Bild 3: Konzept des Assistenzsystems

Die *Komponente zur Modellsynthese* stellt die Grundvoraussetzung dar, daß die Rechnerunterstützung auf diesem Gebiet überhaupt ermöglicht wird. Aufgrund der unterschiedlichen Mitglieder eines interdisziplinären Entwicklungsteams kann nicht die Annahme getroffen werden, daß sich diese immer in unmittelbarer Nähe zueinander befinden. Als Konsequenz daraus muß auch die Problematik der *verteiltten Modellierung* gelöst werden.

Ein *Katalog verallgemeinerter Effekte* [11] soll den Produktentwickler bei der Auswahl geeigneter Lösungseffekte unterstützen. Nur auf diese Weise kann der Gefahr entgegengewirkt werden, daß der Problemlöser die Effekte seines vertrauten Lösungsgebiets gegenüber den anderen präferiert.

Die *Komponente zur Modelltransformation* unterstützt den Benutzer bei der Überführung von den abstrakten zu den konkreten Modellen und umgekehrt. Der manuelle Vorgang erweist sich in der praktischen Anwendung als mühsam und fehlerträchtig. Gerade von dieser wenig kreativen Tätigkeit soll der Produktentwickler entlastet werden.

Nur durch Verifikation des Modells kann die Gefahr einer Fehlentwicklung begrenzt werden. Heterogene, durch Bondgraphen und Statechart-Diagramme beschriebene Modelle sind, wie in Kapitel 3 angesprochen wurde, formal fundiert und können somit durch eine *Simulationskomponente* (vgl. [12]) überprüft werden.

Die Ergebnisse von Modellsynthese- und Analyse besitzen auch nach Abschluß der Konzeptphase von Relevanz, deshalb ist eine Bereitstellung für die nachfolgenden Phasen des Entwicklungsprozesses anzustreben. Im Falle eines physikalischen Effekts müssen die Daten deshalb über eine *Schnittstelle* an das Produktmodell des Konstruktionssystems *mfk* übertragen werden.

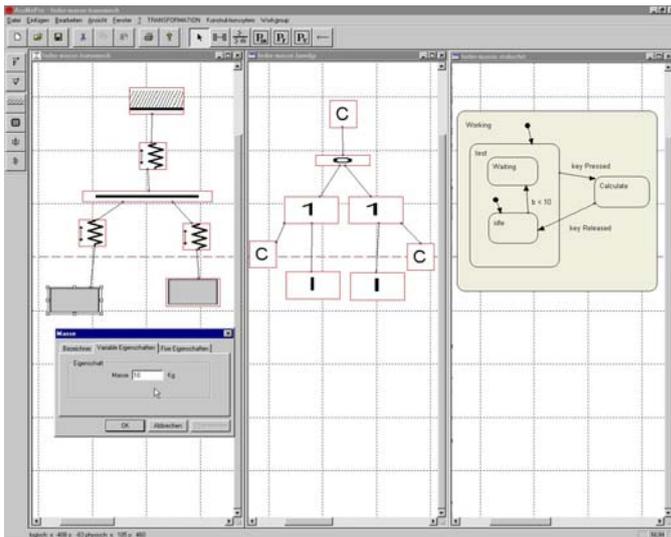


Bild 4: Graphische Oberfläche von ASSMEPRO

Die graphische Oberfläche des Assistenzsystems, mit deren Hilfe der Anwender auf die einzelnen Werkzeuge zugreifen kann, ist in Bild 4 dargestellt. Sie versetzt den Benutzer zum einen in die Lage Modelle der unterschiedlichen technischen Disziplinen, Bondgraphen und Statechart-Diagramme skizzieren und mit spezifischen Parametern versehen zu können. Des weiteren ermöglicht sie die Transformation zwischen abstrakten und konkreten Modellen.

Diese Modelle sind jeweils einer spezifischen Dokumentklasse zugeordnet, die den entsprechenden Rahmen mit den für die Modellart

typischen Optionen bereitstellt. Für ein verteiltes Modellieren kommt dabei das Konzept des Mastermodells zum Einsatz. Änderungen an diesem werden auf die jeweiligen Clientmodelle übertragen. Das reibungslose Zusammenarbeiten zwischen dem Master und den Clients einer Arbeitsgruppe sichert hierbei der Arbeitsgruppenserver. Es ist jeweils sichergestellt, daß pro Arbeitsgruppe immer nur ein Master existieren kann, der Änderungsrechte auf das Modell besitzt. Dieser kann jedoch wechseln.

Zur Kommunikationsunterstützung innerhalb der Arbeitsgruppe wird gleichzeitig Whiteboard Funktionalität eingesetzt. Hierbei können gleichzeitig auch mehrere Gruppenmitglieder Anmerkungen auf das Modell einbringen. Als

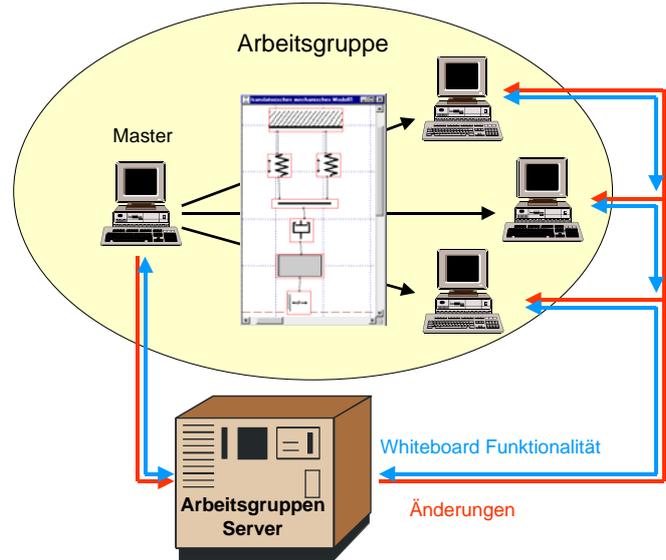


Bild 5: Verteiltes Modellieren



Bild6: Integration in das Konstruktionssystem *mfk*

Basistechnologie zur Kommunikation kommt dabei DCOM zum Einsatz.

Bild 6 verdeutlicht die Möglichkeit, generierte Modelle in das Produktmodell des Konstruktionssystems *mfk* zu übertragen. Hierdurch wird die Durchgängigkeit im Produktentwicklungsprozeß gewahrt.

5 Zusammenfassung

Das Assistenzsystem ASSMEPRO stellt auf Grundlage des Konstruktionssystems *mfk* ein Werkzeug zur effizienten Unterstützung des methodischen Entwicklungsprozesses mechatronischer Produkte bereit. Dabei liegt der Fokus speziell auf der Konzeptphase, welche als wichtigster Schritt im interdisziplinären Konstruktionsprozeß erkannt wurde. Die Durchgängigkeit zu den späteren domänenspezifischen Entwicklungsphasen ist hierbei sichergestellt. Der Ansatzpunkt des Werkzeugs besteht in der Unterstützung der verwendeten Beschreibungssprachen, die modelliert, simuliert und in äquivalente Beschreibungen transformiert werden können.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Buur, J.: Mechatronics Design in Japan, 1989
- [2] VDI Richtlinie 2422: Entwicklungsmethodik für Geräte mit Steuerung durch Mikroelektronik, 1994
- [3] Eckrich, M.: Methodische Unterstützung zur Spezifikation, Validierung und Diagnoseentwicklung beim Entwurf mechatronischer Systeme, Dissertation Technische Universität München, 1996
- [4] Schweiger, Schön, Digital Mock-up bei der Entwicklung mechatronischer Produkte, in Tagungsband zum 8. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach, 1997
- [5] Theissing, M.; et al.: Untersuchung zum Codesign einer Dieseleinspritzpumpe mit CASTLE, GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH, 1996
- [6] Meerkamm, H.; Schweiger, W.; Schön, A.: A common design language for developing mechatronic products, in Proceedings of the 1st International Symposium on Concurrent Multidisciplinary Engineering (CME), Bremen, 1998
- [7] Karnopp, D.C.; Margolis, D.L.; Rosenberg, R.C.: System Dynamics, A Unified Approach, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1990
- [8] Harel, D.: STATECHARTS – A visual Formalism for complex Systems, in Science of Computer Programming, 1987
- [9] Bachschuster, S.: Architektur und Konzept zur Realisierung eines produktspezifisch erweiterbaren Konstruktionssystems, Universität Erlangen-Nürnberg, Dissertation, 1997
- [10] Schön, A.: Modellbildung und Transformation in den frühen Phasen der mechatronischen Produktentwicklung, in Tagungsband zum 9. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach, 1998
- [11] Schön, A.: Konzept einer interdisziplinären Effektbibliothek zur Konstruktion mechatronischer Produkte, in Tagungsband zum 10. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach, 1999
- [12] Schön, A.; Meerkamm, H.: Components for a Mechatronic Design Workbench, in Proceedings of the 12th International Conference on Engineering Design, München, 1999

Achim Schön
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
Universität Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 9
91058 Erlangen
Tel: ++ 49 9131 / 85-27984
Fax: ++ 49 9131 / 85-27988
E-mail: schoen@mfk.uni-erlangen.de
<http://www.mfk.uni-erlangen.de/>