

KONZEPT EINER INTERDISZIPLINÄREN EFFEKTBIBLIOTHEK ZUR KONSTRUKTION MECHATRONISCHER PRODUKTE

Achim Schön

Kurzfassung

Der Konstruktionsprozeß eines mechatronischen Produktes erfordert in der Konzeptphase die Auswahl eines *generalisierten Effekts*, der entweder aus einem physikalischen Effekt oder aus Software besteht. Hierzu ist ein Schema erforderlich, das sowohl die physikalischen, als auch die Softwareeffekte enthält. Dieser Beitrag versucht eine Übersicht über die mannigfaltigen Lösungsmöglichkeiten und gleichzeitig einen Ansatz zur Entwicklung dieses Schemata zu geben.

1 Einleitung

Bei der Entwicklung technischer Produkte in VDI 2221 [1], wird in der Phase der Konzeption die Gesamtfunktionalität des Produkts in Teilfunktionen *TF* aufgespaltet, ein physikalischer Effekt zur Erfüllung jeder Teilfunktion gesucht und anschließend die somit ermittelten Wirkprinzipien *WP* zur Wirkstruktur zusammengesetzt. Bei der Entwicklung mechatronischer Produkte erweitert sich, wie in Bild [1] dargestellt, der Lösungsraum der Effekte neben den physikalischen Lösungen um die Lösungsmöglichkeiten der Softwaretechnologie.

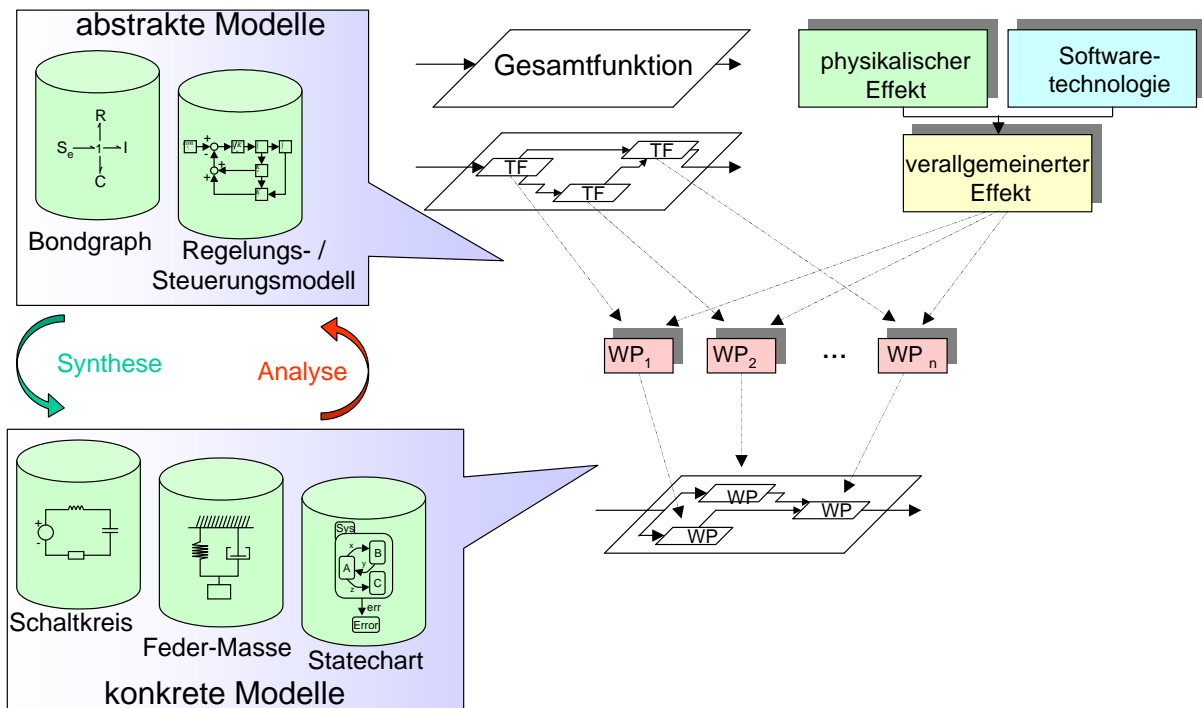


Bild 1: Konzeptionsphase bei der Konstruktion mechatronischer Produkte.

Gerade bei der Beschreibung der einzelnen Teilfunktionen ist es wichtig, keinesfalls die Realisierungsmöglichkeiten einzuschränken. Sollte eine Formalisierung der Teilfunktionen beispielsweise zu einer Simulation notwendig sein, so müssen in dieser Phase abstrakte Modelle zur Beschreibung verwendet werden (vergl. [2]). Durch die Auswahl des *verallgemeinerten Effekts*, welcher physikalische und softwaretechnische Lösungsmöglichkeiten beinhaltet, wird das Wirkprinzip festgelegt. Dieses kann in einem Analysezyklus durch die Auswahl einer Effektalternative variiert werden.

Gerade die Mannigfaltigkeit der Effekte induziert die Auswahlproblematik des bestgeeigneten. Aus diesem Grunde muß eine interdisziplinäre Lösungsbibliothek Auskunft über die unterschiedlichen Realisierungsalternativen geben.

2 Stand der Technik

Die VDI Richtlinie zur Entwicklung und Konzeption technischer Systeme und Produkte [1] sieht neben den physikalisch orientierten Disziplinen auch Software als prinzipielle Lösung an, bietet aber keinerlei Hinweis auf das Wesen eines „Softwareeffekts“. Auch die VDI 2222 [3], deren Thematik Lösungsprinzipien und ihre Bereitstellung ist, berücksichtigt in ihren Inhalten lediglich physikalische Größen. Beispiele sind die Matrix der allgemeinen Funktionsgrößen die den Lösungsraum über übertragen, wandeln und verknüpfen von Stoff, Energie und Information aufspannt oder die Funktionsgrößenmatrix, welche physikalische Effekte in einer Matrix nach Ein- und Ausgangsgrößen anordnet. Die Auswahl von physikalischen Effekten wird neben der umfangreich verfügbaren Literatur zunehmend auch durch Softwarewerkzeuge (z.B. TechOptimizer von Invention Machine) unterstützt.

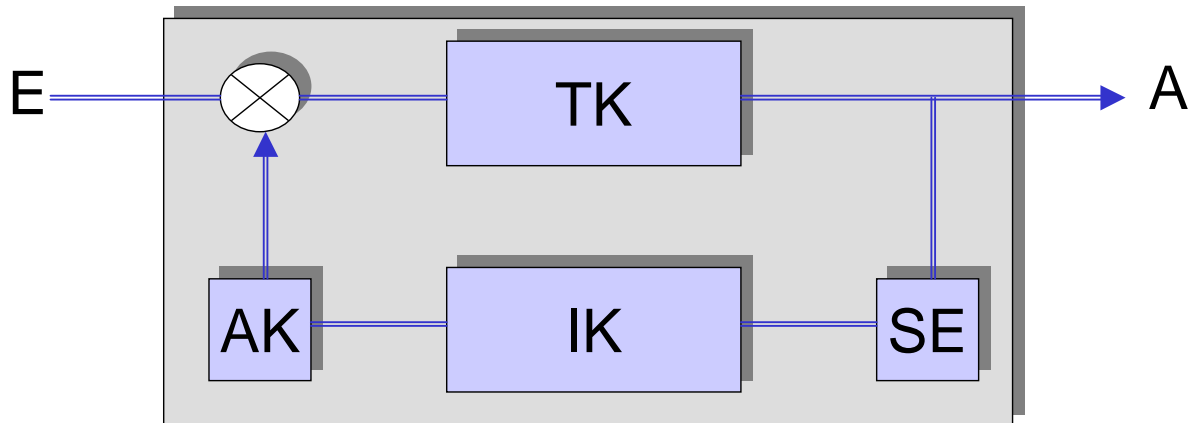
Auch die Softwaretechnologie hat Methoden entwickelt, um Problemlösungen zu ordnen und damit in einer übersichtlichen Art und Weise zugänglich zu machen. Die wichtigsten Vertreter sind Softwarekomponenten, Klassenbibliotheken, Algorithmen, Frameworks und Entwurfsmuster. Wobei die Intension der Komponenten und Bibliotheken in der Wiederverwendung bzw. Bereitstellung von Programmteilen liegt und Algorithmen und Entwurfsmuster prinzipielle Vorgehensweisen beschreiben.

Während die Literatur über die Gliederung und Handhabung von physikalischen Effekten und von Software somit jeweils sehr umfangreich vorhanden ist und kommerzielle Werkzeuge verfügbar sind, ist die Schnittmenge über die beider Bereiche praktisch leer.

3 Die Rolle der Software in mechatronischen Produkten

Um ein gemeinsames Gliederungsschemata für beide Effektfamilien angeben zu können, muß zuerst die Rolle von Software in einem maschinenbaulichen Produkt untersucht werden. In [4] werden zur Motivation mechatronischer Produkte Faktoren aufgezählt die zum einen aus der klassischen Regelungstechnik bekannt sind, beispielsweise Rückkopplungen, Beobachterprinzip und Robustheit gegen Störsignale, andererseits aber auch vollkommen neue Aspekte wie Selbst- / Ferndiagnose, Kommunikation zwischen verteilten Teilsystemen, eigenständige Korrektur von Fehlverhalten und selbständiges Lernen.

Die folgende Darstellung in Bild [2], der Referenzarchitektur eines mechatronischen Produktes, verdeutlicht die Aufgabe der Software als informationsverarbeitende Komponente in einem mechatronischen Produkt.



Legende

TK	Technische Komponente
IK	Informationstechnische Komponente
AK	Aktor(en)
SE	Sensor(en)

Bild 2: Referenzarchitektur für mechatronische Systeme nach [5].

Es wird deutlich, daß die Rolle der informationsverarbeitenden Komponente in der intelligenten Regelung bzw. Steuerung der technologischen Komponente liegt. Somit konkurriert sie nicht mit grundlegenden physikalischen Effekten (z.B. Kraft erzeugen, Moment wandeln usw.), sondern vielmehr mit Effekten der analogen Regelung. Neben der digitalen Realisierung der regelungstechnischen Prinzipien bieten sie zusätzlich die oben genannten Möglichkeiten.

Die Struktur einer Effektbibliothek zieht sich deshalb von den bekannten physikalischen Effekten, über analoge und digitale regelungstechnische Prinzipien, bis hin zu den reinen Softwarelösungen eigenständiges Lernen, Kommunikation, Diagnose und Korrektur.

4 Bestandteile der Effektbibliothek

Wie bereits dargestellt, muß die Effektbibliothek reine physikalische Lösungen enthalten, die nicht durch Software realisierbar sind. Andererseits sind auch regelungstechnische Lösungen ein wichtiger Bestandteil der Bibliothek, die sowohl physikalisch als auch durch Software realisierbar sind und auch die nur durch Software zu verwirklichenden Effekte müssen vertreten sein. Da bereits umfangreiche Literatur über Bereitstellung von physikalischen Effekte vorhanden ist, werden diese im folgenden nicht aufgeführt, zur Vollständigkeit sei auf die Literatur verwiesen [2, 6].

4.1 Klassische regelungstechnische Effekte

Klassische Lehrbücher zum Thema Regelungstechnik orientieren sich zumeist sehr stark an der mathematischen Struktur der sog. Übertragungsfunktion eines regelungstechnischen Elements, ohne eine übersichtliche Gliederung hinsichtlich der Verwendbarkeit und Randbedingungen der einzelnen Regelungsarten aufzustellen. Unter der Literatur zur

digitalen Regelung befindet sich jedoch wie in Bild 3 dargestellt, eine Einteilung der Regelungsprinzipien, die sowohl etwas über die geltenden Randbedingungen aussagt, als auch Eigenschaften der Grundprinzipien aufgliedert.

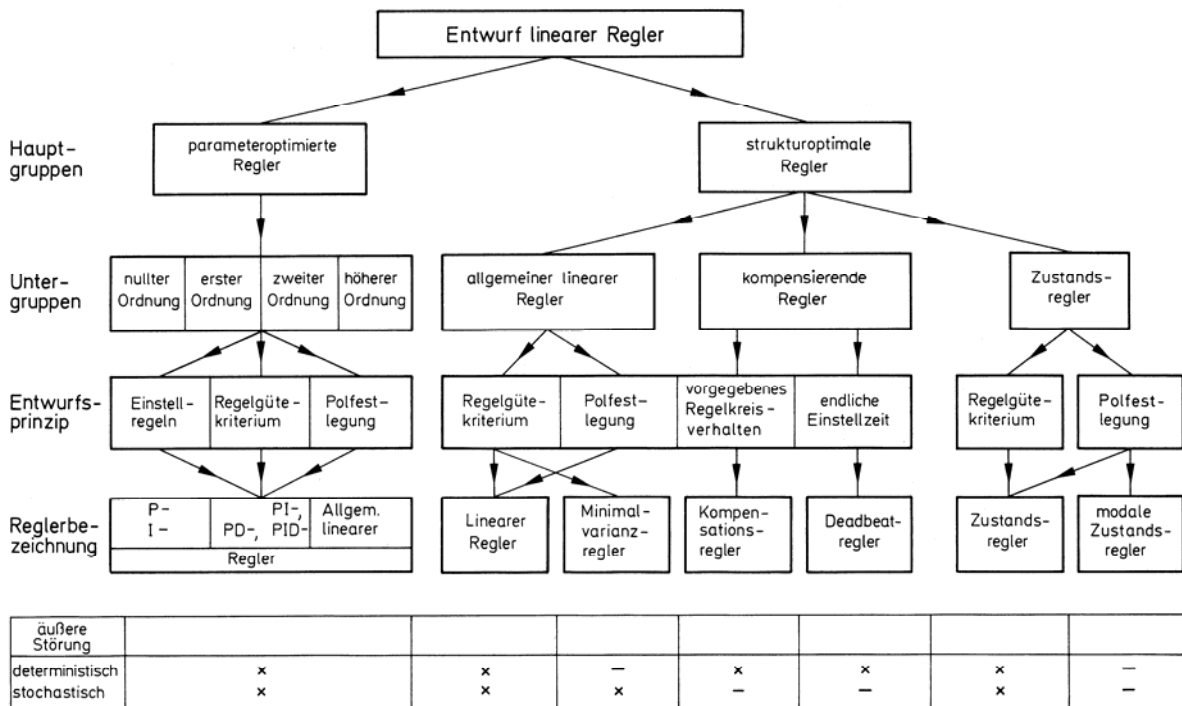


Bild 3: Schema zum Entwurf linearer Reglers nach [7].

Eine grundsätzliche Unterscheidung in parameteroptimierte und strukturopoptimale Regler gibt Aufschluß über die Struktur. Bei den parameteroptimierten Reglern wird die Reglerstruktur, d.h. die Form und Ordnung der Reglergleichung, fest vorgegeben und es werden die noch freien Reglerparameter an den zu regelnden Prozeß, die Regelstrecke, nach einem Optimierungskriterium durch Vorgabe der Pole nach Einstellregeln angepaßt. Strukturopoptimal werden Regler genannt, wenn sowohl die Reglerstruktur als auch die Reglerparameter an die Struktur und die Parameter der Regelstreckengleichung optimal angepaßt werden. Weiterhin gibt das Unterscheidungsmerkmal der Störsignale, stochastisch oder deterministisch, Auskunft über eine Eignung hinsichtlich des geplanten Einsatzgebietes.

Für jedes Regelungsprinzip innerhalb des Kataloges müssen Informationen hinsichtlich des Entwurfsprinzips hinterlegt werden und Aussagen über verschiedene Charakteristika, beispielsweise der Gefahr der Instabilität, gemacht werden. Eine Verfügbarkeit der jeweiligen mathematischen Beziehungen der einzelnen Regler soll sowohl in einer Form vorhanden sein, welche für die Simulation geeignet ist, beispielsweise für das Simulationsprogramm 20sim der Universität Twente, als auch als Softwarebaustein, um diesen im Falle der Wahl eines informationstechnischen Effektes zu verwenden.

4.2 Reine Softwareeffekte

Reine Softwareeffekte zeichnen sich nicht dadurch aus, daß es theoretisch nicht möglich wäre sie auch durch physikalische Effekte zu realisieren, in der Regel verbieten wirtschaftliche oder technische Überlegungen aber diese Möglichkeit. Würde man sie in die Gliederung der Regelungsverfahren einordnen, so gehörten sie zu den Zustandsreglern.

Reine Zustandsbeschreibungen

Softwareeffekte, die auf Beschreibung von Zuständen und Übergängen zwischen diesen beruhen, werden in der Praxis oft durch Automaten oder durch Erweiterungen dieses Konzepts beschrieben (vergl. Statecharts). Sie bieten oftmals auch ein Gerüst, in das andere Softwareeffekte eingegliedert werden können. Diese Form der Beschreibung kann automatisch in ein Computerprogramm überführt werden und bedarf aus diesem Grunde keiner der in Kapitel 2 genannten Repräsentationsform innerhalb einer Effektbibliothek.

Eine Ausnahme besteht, wenn es sich um Steuerungskomponenten des mechatronischen Produktes in Form einer grafischen Benutzungsoberfläche handelt (z.B. bei einem Fotokopierer). Die dabei verwendeten graphischen Fenstersysteme basieren in der Regel auf einer Klassenbibliothek.

Diagnosefunktionalität

Bei der Diagnosefunktionalität eines technischen Systems kann man zwischen Selbstdiagnose, also der Möglichkeit selbständig Fehler zu erkennen und diese anzuzeigen oder zu korrigieren, und der Ferndiagnose, die es ermöglicht den Zustand eines technischen Gerätes aus der Entfernung auszulesen unterscheiden.

Funktionen zur Selbstdiagnose und eventueller Korrektur bestehen in der Regel aus vorgegebenen Regeln und durch sie veranlaßten Veränderungen von Parametern. Zumeist werden diese Regeln auch in Form von Zustandsübergängen formuliert. Maßnahmen zur Korrektur, die mit dem Zustandswechsel initiiert werden, können aus dem Bereich der klassischen regelungstechnischen Effekte stammen. Auch hier ist die Unterstützung durch die in Kapitel 2 dargestellten Möglichkeiten schwer vorstellbar.

Funktionen zur Ferndiagnose von technischen Systemen beruhen in der Regel auf der Bereitstellung von Informationen über Kommunikationstechnologie. Hier kommen zumeist Standardverfahren zum Einsatz, die auf bestehenden Softwarebausteinen aufbauen.

Kommunikation zwischen Teilsystemen

Die Kommunikation zwischen verteilten Komponenten wird bei komplexeren technischen Systemen voraussichtlich eine immer größere Bedeutung erlangen. Viele Forschungsaktivitäten beschäftigen sich mit der Bereitstellung einer Infrastruktur für diese Technologie. Hierbei handelt es sich in der Regel um sog. Frameworks, die nicht die Komponenten beschreiben, wohl aber die Mechanismen zur Kommunikation festlegen.

Aus diesem Grunde müssen in der Effektbibliothek nicht die Komponenten abgelegt sein, die in Kommunikation miteinander stehen, sondern verschiedene Frameworkkonzepte.

Selbständiges Lernen

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Softwareeffekten bestehen beim selbständigen Lernen unterschiedlichste Ansätze, die in Form der Bereitstellung von Algorithmen oder fertigen Komponenten angeboten werden können. Durch die Fülle von Möglichkeiten besteht die Notwendigkeit einer weiteren Aufgliederung in Teilgebiete, die oftmals aus der

künstlichen Intelligenz stammen. Beispiele hierfür sind künstliche neuronale Netze und evolutionäre Algorithmen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Notwendigkeit einer interdisziplinären Effektbibliothek, die neben den reinen physikalischen Effekten auch analoge oder digitale regelungstechnische Prinzipien und neue Realisierungsmöglichkeiten der Software bereitstellt, ist offensichtlich. Dieser Beitrag versucht einen Überblick über die verschiedenen Kategorien eines Gliederungschemas dieser Bibliothek anzugeben. Der Anspruch der Vollständigkeit war nicht Ziel dieses Beitrags und kann durch den stetigen Fortschritt in den Teilgebieten nicht aufgestellt werden. Aus diesem Grunde muß eine konzipierte Effektbibliothek den steten Zuwachs neuer Effekte ermöglichen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] VDI Richtlinie 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konzipieren technischer Systeme und Produkte“, Mai 1993.
- [2] Schön, A. „Modellbildung und Transformation in den frühen Phasen der mechatronischen Produktentwicklung“, in Tagungsband zum 9. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach 1998.
- [3] VDI Richtlinie 2222 „Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien“, Juni 1997.
- [4] Kallmeyer, F. „Eine Methode zur Modellierung prinzipieller Lösungen mechatronischer Systeme“, Dissertation Universität-GH Paderborn, 1998.
- [5] Schweiger, W.; Schön, A. „Digital Mock-up bei der Entwicklung mechatronischer Produkte“ in Tagungsband zum 8. Symposium Fertigungsgerechtes Konstruieren, Schnaittach 1997.
- [6] Roth, K. „Konstruieren mit Konstruktionskatalogen“, Springer Verlag, 1994.
- [7] Isermann, R. „Digitale Regelsysteme“, Band I und II, Springer Verlag 1988.

Achim Schön
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg
Martensstraße 9
91058 Erlangen
Tel: ++ 49 9131 / 85-27984
Fax: ++ 49 9131 / 85-27988
Internet: schoen@mfk.uni-erlangen.de