

SYSTEMS ENGINEERING

Christian Walther

Systemtechnische Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und Funktionen großer Systeme

Methoden zur Darstellung
von Änderungswirkungen



Herbert Utz Verlag · Wissenschaft
München

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme
Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist
bei Der Deutschen Bibliothek erhältlich

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2001

ISBN 3-89675-816-0

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München
Tel.: 089/277791-00 · Fax: 089/277791-01
utz@utzverlag.com · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Situationsanalyse und Problemstellung	3
3.	Systemtechnische Grundlagen	6
3.1	Systemtheorie	6
3.2	Systemtechnik	7
3.3	Methoden und Verfahren	13
3.4	Grundbegriffe der Simulation	17
3.5	Vorgehen bei der Untersuchung großer Systeme	19
4.	Formalisierung	24
4.1	Grundlagen der Formalisierung	24
4.2	System, Systemgrenze und Subsysteme	25
4.3	Elemente, Inputs und Outputs	28
4.4	Eigenschaften	32
4.5	Funktionen	38
4.6	Relationen und Relationstypen	47
4.7	Zusammenfassung – Formalisierung	51
5.	Modellierung	52
5.1	Grundlagen der Modellierung	52
5.2	Stufenweise Modellierung	57
5.3	Modellierung eines Gesamtsystems	84
5.4	Gesamtsystem Automobilentwicklung	86
5.5	Subsystem Objektsystem	87
5.6	Subsystem Handlungssystem	88
5.7	Subsystem Zielsystem	88
5.8	Verknüpfung der Subsysteme	89

6.	Simulation	95
6.1	Allgemeines	95
6.2	Simulationsarten	96
6.3	Ermittlung von Zusammenhängen	98
6.4	Umsetzung in Filteralgorithmen	101
6.5	Auswirkung von Änderungen in Systemen	109
6.6	Auswirkung von Eigenschaftsänderungen	112
6.7	Auswirkung von Strukturänderungen	119
6.8	Änderung eines Relationstypen	121
6.9	Änderung einer Relation	129
7.	Umsetzung der Methode in ein rechnergestütztes Informationssystem	143
7.1	Darstellung eines Systems	143
7.2	Darstellung der Algorithmen	148
8.	Zusammenfassung	152
9.	Literaturverzeichnis	155
10.	Abbildungsverzeichnis	161

„Die Gesamtfunktion eines Systems ist die Abstraktion aller möglichen Verhaltensweisen des Systems.“ (G. Klaus) [33]

1. Einleitung

Information ist heute zu einem wichtigen Wirtschaftsgut geworden. Die Abwicklung von Aufgaben in Industrie und Wirtschaft erfordert Wissen über Zusammenhänge von Systemen, um Auswirkungen von Änderungen schnell beurteilen zu können. Zur Untersuchung von Prozessen und Zusammenhängen technischer, ökonomischer oder sozialer Systeme werden existierende Modelle verwendet, die mit mathematischen Gleichungssystemen analysierbar sind. Jedoch gibt es Abhängigkeiten zwischen Systemen, die nicht mathematisch ausgedrückt werden können, so z. B. die Beziehung zwischen einem Ingenieur und dem von ihm zu entwickelnden Bauteil oder der Zusammenhang zwischen den Anforderungen an ein Produkt und dessen Eigenschaften.

Das hier vorgestellte Verfahren dient als Ergänzung bisher angewandter mathematischer Modellierungs- und Simulationsverfahren, um Beziehungen in Systemen aufzuzeigen, die nicht in Gleichungssystemen abzubilden sind. Mit dieser Methode können Objekt-, Ziel- und Handlungssystem eines Entwicklungsvorhabens und deren Zusammenhänge in einem Modell dargestellt werden. Mit Hilfe von Simulationsalgorithmen können Abhängigkeiten und Auswirkung von Änderungen eines Systems untersucht werden.

Da mit den heute bekannten Verfahren und Methoden dies nicht abgedeckt werden kann, ist die Möglichkeit der Modellierung qualitativer Information ein Hauptbestandteil der hier vorgeschlagenen Methode.

Sie soll als Ergänzung vorhandener mathematischer Simulationsverfahren verstanden werden, um im Entwicklungsablauf Kriterien für die Beurteilung und die Bewertung von unscharfen oder nicht quantifizierbaren Aussagen über ein System und dessen Zusammenhänge zu erhalten. So sollen Erkenntnisse über die Auswirkung von Änderungen über Subsystemgrenzen hinaus möglich sein. Ändern sich Anforderungen an ein Subsystem des zu ent-

wickelnden technischen Systems, so sollen Aussagen gewonnen werden, bei welchen Bauteilen sich diese Änderung auswirkt und wer für diese Änderungen verantwortlich ist. Dazu müssen folgende Aufgaben erfüllt werden:

- Darstellung verschiedener Systemtypen
- Modellierung mit einer einheitlichen Methode
- Simulation von Systemänderungen
- Bewertung von Auswirkungen im System
- Darstellung unscharfer Abhängigkeiten

Für diese Arbeit wurde als Beispiel die Beschreibung und Untersuchung des Gesamtsystems Automobilentwicklung gewählt, da hier alle drei Subsysteme – Objekt-, Handlungs- und Zielsystem – vorkommen.

Zunächst erfolgt eine Umsetzung der umgangssprachlichen Beschreibung der Systeme in eine formalisierbare Sprache, wobei alle Verknüpfungen in einer Modellierungsmethode dargestellt werden. Nach der Modellierung kann in der Simulation die Auswirkung von Änderungen untersucht werden. Die dazu erforderlichen Algorithmen beruhen auf booleschen Matrizenoperationen, wobei aus allen Zusammenhängen nur die herausgefiltert werden, die für die Systemanfrage relevant sind.

2. Situationsanalyse und Problemstellung

Die Entwicklung eines Automobils hat sich im Laufe der Jahre erheblich gewandelt. Richtete sich früher das Interesse im wesentlichen auf die Herstellung von Automobilen mit guter technischer Ausrüstung, so erfordern heute vielfältige Einflüsse ein Umdenken der Hersteller. So wird beispielsweise eine Umorientierung durch neue Sicherheitsvorschriften vom Gesetzgeber veranlaßt, oder eine kundenorientierte Entwicklung muß vordergründig angegangen werden, will man die Wünsche der Käufer berücksichtigen.

Weiterhin muß der Hersteller bei der Entwicklung eines Produktes soziale und politische Vorgaben und Wünsche beachten. Zum anderen will das Unternehmen technisch neue, anspruchsvolle Produkte entwickeln und mit den hergestellten Produkten beim Verkauf Gewinne erzielen. Natürlich sind die Ansprüche der Gesellschaft, aber auch die Standpunkte der Unternehmen legitime Ziele, die miteinander in Einklang gebracht werden müssen. Dabei fällt in der Marktwirtschaft dem Unternehmen die Hauptaufgabe zu, sich mit seinem Produkt auf die Anforderungen des Marktes und auf die Wünsche der Abnehmer einzustellen.

Die Entwicklung eines technischen Produktes erfordert von den am Entwicklungsablauf Beteiligten das Umsetzen der Anforderungen der Kunden in eine technisch optimale Lösung. Dazu müssen folgende Fragen gelöst werden:

- WAS soll entwickelt werden?
- WIE ist die Funktion des Endprodukts?
- WER soll die Entwicklung durchführen?
- WANN soll das Produkt oder das Einzelteil fertig sein?

Die Probleme, die bei der Entwicklung von technischen Systemen auftreten, betreffen nicht nur die Technik, vielmehr entstehen durch eine Vielzahl anderer Abhängigkeiten ebenso Auswirkungen, die bei rein technischer Betrachtung als nicht relevant angesehen werden. Dazu einige Beispiele:

- **Interdisziplinäre Zusammenarbeit**

In großen Entwicklungsprojekten müssen Menschen mit unterschiedlichem Wissen eingesetzt werden, um die vielseitigen Aufgaben lösen zu können. In Unternehmen entstehen immer neue Organisationsformen, um die komplexen Aufgaben besser durchführen zu können. So werden z. B. Projektgruppen bei der Entwicklung von Automobilen gebildet, die aus Mitarbeitern unterschiedlicher Bereiche wie Entwicklung, Herstellung und Vertrieb bestehen, um schon in der frühen Phase der Entwicklung die Auswirkungen auf Produktion oder Verkauf abschätzen zu können und gegebenenfalls Maßnahmen einzuleiten, absehbare Schwierigkeiten zu vermeiden.

- **Integrationsprobleme**

Die Entwicklung eines technischen Produktes wird in Entwicklungspakete aufgeteilt. Dabei sind bestimmte Abteilungen eines Entwicklungsressorts für ganz bestimmte Bauteile zuständig. Die Integration der Einzelkomponenten im Gesamtsystem gestaltet sich meist sehr schwierig, da an den Schnittstellen immer wieder Probleme entstehen. Diese Probleme sind zurückzuführen auf die unzureichende Abstimmung des Gesamtsystems während der Entwicklung der Einzelkomponenten.

- **Unübersichtlichkeit des Gesamtsystems**

Durch die Größe eines Systems, wie es bei der Komplexität des Automobils zutrifft, geht die Übersichtlichkeit verloren und das Verständnis aller Abläufe und Zusammenhänge wird erschwert. Manager oder Ingenieure können aus ihrer Sicht keine genauen Aussagen über weitreichende Auswirkungen machen. Auch die Spezialisierung des einzelnen Mitarbeiters steht dem Gesamtablauf eines Entwicklungsprozesses im Wege.

- **Probleme bei Entscheidungen**

Durch das ungenaue Wissen über ein Gesamtsystem und dessen Abhängigkeiten werden Entscheidungen gefällt, die auf unzureichende Information aufbauen. Bisher sind unterstützende Maßnahmen im Entwicklungsprozeß noch nicht anzutreffen. Methoden zu einer Gesamtsystembeschreibung werden deshalb nicht genutzt.

- **Erfüllung von Kundenwünschen**

Jedes Unternehmen muß sich immer häufiger am Bedarf des Kunden orientieren, um Erfolg am Markt zu haben. Deshalb muß eine Berücksichtigung von Anforderungen auf besondere Kunden- oder Markterfordernisse hin erfolgen. Im laufenden Entwicklungsprozeß ist deshalb auf schnelle Reaktionszeiten zu achten.

Beispielproblematik:

Überschreitung des geplanten Gesamtgewichts

Bei der Festlegung des Konzepts in der frühen Phase der Entwicklung eines neuen Automobils werden die zulässigen Gewichte für alle Einzelkomponenten beschlossen. Bei der Integration der fertigentwickelten Bauteile im Gesamtfahrzeug entsteht oft ein zu hohes Gesamtgewicht des Fahrzeuges. Analysiert man dieses Problem, stellt man fest, daß in der Zeit zwischen der Festlegung des Gewichtes und der Integration keine Überprüfung stattfand. Daraus läßt sich die Forderung ableiten, daß während der gesamten Entwicklungsphase eine kontinuierliche Überwachung notwendig ist. Dazu müssen Verfahren entwickelt werden, die eine dauernde Überwachung der Soll- und Ist-Werte erlauben.