

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREEntwicklungsmethodik für
mechatronische Systeme

VDI 2206

Design methodology for
mechatronic systemsAusz. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
1 Einleitung	3	1 Introduction	3
1.1 Motivation	3	1.1 Motivation	3
1.2 Zielsetzung	8	1.2 Goal setting	8
1.3 Zielgruppe	8	1.3 Target group	8
1.4 Einordnung der Richtlinie	8	1.4 Classification of the guideline	8
1.5 Aufbau der Richtlinie	9	1.5 Structure of the guideline	9
2 Einführung in die Entwicklung mechatronischer Systeme	9	2 Introduction to the development of mechatronic systems	9
2.1 Charakterisierung des Begriffs Mechatronik	9	2.1 Characterization of the term mechatronics	9
2.2 Aufbau mechatronischer Systeme	14	2.2 Structure of mechatronic systems	14
2.2.1 Grundstruktur	14	2.2.1 Basic structure	14
2.2.2 Modularisierung und Hierarchisierung	16	2.2.2 Modularization and hierarchization	16
2.3 Nutzenpotenzial der Mechatronik	18	2.3 Beneficial potential of mechatronics	18
2.4 Besonderheiten bei der Entwicklung	22	2.4 Special aspects of the development	22
3 Entwicklungsmethodik Mechatronik	26	3 Development methodology of mechatronics	26
3.1 Vorgehen	26	3.1 Procedure	26
3.1.1 Problemlösungszyklus als Mikrozyklus	27	3.1.1 Problem-solving cycle as a micro-cycle	27
3.1.2 V-Modell als Makrozyklus	29	3.1.2 V model as a macro-cycle	29
3.1.3 Prozessbausteine für wiederkehrende Arbeitsschritte	32	3.1.3 Process modules for recurrent working steps	32
3.1.4 Integrativer Entwurf von Produkt und Produktionssystem	41	3.1.4 Integrative design of product and production system	41
3.2 Modellbasierter Systementwurf	46	3.2 Model-based system design	46
3.2.1 Modellbildung	50	3.2.1 Modeling	50
3.2.2 Modellanalyse	54	3.2.2 Model analysis	54
3.3 Werkzeuge	56	3.3 Tools	56
3.4 Organisation	67	3.4 Organization	67
3.4.1 Zusammenstellen eines Projektteams	67	3.4.1 Putting together a project team	67
3.4.2 Umsetzung technischer Ergebnisse	69	3.4.2 Implementation of technical results	69

VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb (VDI-EKV)

Ausschuss Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme

VDI-Handbuch Konstruktion
VDI-Handbuch Mikro- und Feinwerktechnik

	Seite
4 Anwendungsbeispiele	72
4.1 Von der mechanischen zur mechatronischen Bremsen in zwölf Dekaden	73
4.1.1 Erste mechanische Kraftfahrzeugbremsanlage.	73
4.1.2 Verbesserung der mechanischen Wirk- und Übertragungsprinzipien	74
4.1.3 Funktionale Integration der Elektronik	74
4.1.4 Funktionale und räumliche Inte- gration der Sensorik und Aktorik	76
4.1.5 Neue Funktionen einer mechatronischen Bremsanlage.	78
4.2 Entwurf der Antriebseinheit einer einfachen Lackieranlage	81
4.2.1 Ausgewählte Anforderungen	83
4.2.2 Systementwurf	83
4.2.3 Modellbildung	84
4.2.4 Regelstruktur.	85
4.2.5 Analyse des geregelten Systems.	85
4.2.6 Weitergehende Einflussmöglich- keiten erkennen	86
4.3 Entwurf eines aktiven Feder-/Neigemoduls	87
4.3.1 Prinzipieller Aufbau	89
4.3.2 Modellbildung	91
4.3.3 Hierarchische Systemstruktur	94
4.3.4 Analyse des geregelten Systems.	95
4.3.5 Laborversuche	98
4.4 Entwurf von integrierten Mehrkoordinatenantrieben	100
4.4.1 Strukturen	100
4.4.2 Entwurfsprozess für Systeme mit Volumenintegration	101
4.4.3 Konstruktiver Aufbau	105
4.4.4 Steuerung	108
4.4.5 Parameter	110
4.4.6 Anwendungsfelder.	111
Schrifttum	112
Glossar	115

Vorwort

Innovative Produkte erfordern ein interdisziplinäres Zusammenwirken von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik. Der Begriff „Mechatronik“ bringt dies zum Ausdruck. Angesichts dieser Situation ist ein praxisorientierter Leitfaden für die systematische Entwicklung derartiger Produkte notwendig. Die vorliegende Richtlinie VDI 2206 soll diesem Anspruch gerecht werden.

	Page
4. Application examples	72
4.1 From the mechanical brake to the mechatronic brake in twelve decades	73
4.1.1 First mechanical motor-vehicle brake system.	73
4.1.2 Improvement of the mechanical operating principle and transmission principle	74
4.1.3 Functional integration of the electronics	74
4.1.4 Functional and spatial integration of the sensor and actor technology	76
4.1.5 New functions of a mechatronic brake system.	78
4.2 Design of the drive unit of a simple painting system.	81
4.2.1 Selected requirements	83
4.2.2 System design	83
4.2.3 Modeling	84
4.2.4 Control structure.	85
4.2.5 Analysis of the controlled system	85
4.2.6 Identifying further possibilities for influence.	86
4.3 Design of an active spring/tilting module	87
4.3.1 Basic construction	89
4.3.2 Modeling	91
4.3.3 Hierarchical system structure	94
4.3.4 Analysis of the controlled system	95
4.3.5 Laboratory trials.	98
4.4 Design of integrated multicoordinate drives	100
4.4.1 Structures	100
4.4.2 Design process for systems with volume integration.	101
4.4.3 Structural setup	105
4.4.4 Control.	108
4.4.5 Parameters.	110
4.4.6 Fields of application.	111
Bibliography	112
Glossary	115

Preliminary note

Innovative products require an interdisciplinary combination of mechanical engineering, electrical engineering and information technology. The term "mechatronics" is the expression of this. In view of this situation, a practical guideline for the systematic development of such products is necessary. The present guideline, VDI 2206, is intended to meet this requirement.

Sie ersetzt nicht die bewährten Leitfäden wie z. B. die VDI-Richtlinien und eingeführte domänenspezifische Entwurfsmethoden, sondern führt diese zusammen. Die vorliegende Richtlinie behandelt die Entwicklung eines modernen mechatronischen Produktes ganzheitlich. Damit wird eine wesentliche Grundlage für die Kommunikation und Kooperation der Fachleute aus den beteiligten Disziplinen geschaffen. Hier liegen in der Praxis die meisten Defizite. Die Richtlinie fördert die interdisziplinäre Zusammenarbeit, die sich als ein herausragender Erfolgsfaktor bei der Entwicklung mechatronischer Systeme erwiesen hat.

Die Richtlinie VDI 2206 ist das Ergebnis einer Gemeinschaftsarbeit des VDI-Ausschusses A127 „Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme“. Allen ehrenamtlichen Mitarbeitern dieses Ausschusses sei an dieser Stelle für ihr Engagement und das zur Verfügung gestellte Fachwissen, Tabellen- und Bildmaterial gedankt.

Der Obmann des VDI-Richtlinienausschusses der VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb dankt allen Mitwirkenden, insbesondere dem Kernteam, für die geleistete Arbeit.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Der globale Wettbewerb ist geprägt durch hohe Innovationsgeschwindigkeit, verkürzte Entwicklungs- und Produktlebenszyklen und steigende Kundenerwartungen an Leistung, Qualität und Preis zukünftiger Produkte. Produktinnovationen tragen in entscheidender Weise dazu bei, um sich in diesem globalen Wettbewerb zu behaupten. Mechatronik – ein Kunstwort aus Mechanik und Elektronik – stellt ein Erfolgspotenzial für die Gestaltung zukünftiger Produkte dar: Durch das enge Zusammenwirken von Maschinenbau, Elektrotechnik und Informationstechnik werden neue Prinziplösungen möglich, die das Kosten/Nutzen-Verhältnis heute bekannter Produkte erheblich verbessern, aber auch neue, heute noch nicht bekannte Produkte stimulieren können. Erfolgsgeschichten wie z. B. die Entwicklung vom Plattenspieler zum tragbaren CD-Player, vom manuellen Schaltgetriebe zum adaptiven Automatikgetriebe und alltäglich gewordene Produktinnovationen wie die Autofokuskamera oder der geregelte Katalysator im Fahrzeug belegen die Leistungsfähigkeit der Mechatronik (siehe auch Textkasten „Von der mechanischen zur mechatronischen Bremse in zwölf Dekaden“ sowie Abschnitt 4.1).

It does not supersede the tried-and-tested guidelines such as the VDI guidelines and adopted domain-specific design methods, but instead brings them together. The present guideline deals with the development of a modern mechatronic product in its entirety. In this way it creates an essential basis for the communication and cooperation of experts in the disciplines involved. This is where most of the deficiencies are to be found in practice. The guideline promotes interdisciplinary cooperation, which has proven to be an outstanding factor in the success of the development of mechatronic systems.

The guideline VDI 2206 "Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme" (Development methodology for mechatronic systems) is the result of collaborative work by VDI committee A127 "Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme". At this point we would like to thank all the co-workers of this committee for their commitment and also for the technical knowledge and material for tables and figures they have provided.

The chairman of the VDI guideline committee of the VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb (VDI Society for Development, Design and Marketing) would like to thank all co-workers, in particular the core team, for the work they have contributed.

1 Introduction

1.1 Motivation

The global economy is characterized by rapid innovation, shortened development and product life cycles and rising customer expectations in terms of the performance, quality and price of future products. Product innovations make a decisive contribution to the way in which these products maintain their position in this global economy. Mechatronics – a word made up of mechanics and electronics – represents a potential means of successfully creating future products: the close integration of mechanical engineering, electrical engineering and information technology makes possible new fundamental solutions which considerably improve the cost/benefit ratio of currently known products, but can also provide a stimulus for new, as yet unknown products. Success stories, such as for example the development of record players into portable CD players and the development from the manual gearbox to the adaptive automatic transmission, and product innovations that have become part of everyday life, such as the automatically focusing camera or the controlled catalytic converter in a motor vehicle, bear testimony to the capabilities of mechatronics (see also graphic "From the mechanical brake to the mechatronic brake in twelve decades" and also Section 4.1).