
Technologie

Horst Czichos

Technologie

Systemdenken und interdisziplinäres
Ingenieurwesen



Springer Vieweg

Horst Czichos
University of Applied Sciences
BHT Berlin
Berlin, Deutschland

ISBN 978-3-031-44242-1 ISBN 978-3-031-44243-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-44243-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnetet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Buch ist eine Übersetzung des Originals in Englisch „Introduction to Systems Thinking and Interdisciplinary Engineering“ von Czichos, Horst, publiziert durch Springer Nature Switzerland AG im Jahr 2022. Die Übersetzung erfolgte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz (maschinelle Übersetzung). Eine anschließende Überarbeitung im Satzbetrieb erfolgte vor allem in inhaltlicher Hinsicht, so dass sich das Buch stilistisch anders lesen wird als eine herkömmliche Übersetzung. Springer Nature arbeitet kontinuierlich an der Weiterentwicklung von Werkzeugen für die Produktion von Büchern und an den damit verbundenen Technologien zur Unterstützung der Autoren.

Übersetzung der englischen Ausgabe: „Introduction to Systems Thinking and Interdisciplinary Engineering“ von Horst Czichos, © The Editor(s) (if applicable) and The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2022. Veröffentlicht durch Springer International Publishing. Alle Rechte vorbehalten.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Michael Luby
Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

Vorwort

Das Buch beschreibt Technologie und Technik mit *Systems Thinking*. Dabei handelt es sich um eine Methode zur Erforschung und Beschreibung komplexer Gebilde, bei der nicht einzelne Teile, sondern zusammenhängende Ganzheiten und Beziehungen betrachtet werden.

Ich lernte die Methodik des Systemdenkens – nach meinem Studium der Ingenieurwissenschaften und der Physik – kennen, als ich an einer internationalen Forschungsgruppe der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (IRG-OECD) teilnahm. In einem Bericht (1974) kam man zu dem Schluss, dass die Anwendung des Systemdenkens und der allgemeinen Systemtheorie besonders geeignet ist, einen geeigneten Rahmen für das interdisziplinäre Ingenieurwesen zu entwickeln, der seine vielen Aspekte zusammenführt, die derzeit in der wissenschaftlichen und technischen Literatur verstreut sind.

Auf der Grundlage dieser Erfahrung habe ich das Systemdenken im Laufe der Jahre in der interdisziplinären Forschung in der Tribologie an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) und in meinen Vorlesungen über Mechatronik an der Hochschule für Technik (BHT) Berlin angewendet.

Das Buch stellt in sechs Kapiteln den Systemansatz in der Technik vor.

1. Umfang der Technologie
2. Das Systemkonzept
3. Tribologische Systeme
4. Mechatronische Systeme
5. Cyber-Physische Systeme und Industrie 4.0
6. Systemdenken in der Gesundheitstechnologie.

Ich bin Michael Luby, Executive Editor von Springer Nature New York, dankbar, dass er mich um einen Beitrag für die neuen Springer Synthesis Lectures gebeten hat.

Berlin, Deutschland
Juni 2022

Horst Czichos

Inhaltsverzeichnis

1 Umfang der Technologie	1
1.1 Grundlagen der Technologie und des Ingenieurwesens	2
1.2 Der Produktzyklus	4
1.3 Eckpfeiler der Technologie	6
1.3.1 Material	6
1.3.2 Energie	9
1.3.3 Information und Digitalisierung	12
1.4 Größte Ingenieurleistungen	16
Literatur	18
2 Das Systemkonzept	19
2.1 Allgemeine Systemtheorie	19
2.2 Technische Systeme	20
2.2.1 Mechanische und elektrische 2-Körper-Systeme	21
2.2.2 Mehrkomponentige Technische Systeme	22
2.3 Physikalische Zustandsvariablen und Prozesselemente	24
2.4 Modellierung von technischen Systemen	26
2.5 Design technischer Systeme	28
2.6 Leistung und Zuverlässigkeit technischer Systeme	29
2.7 Strukturüberwachung und Leistungskontrolle	34
Literatur	36
3 Tribologische Systeme	37
3.1 Eigenschaften von Tribologischen Systemen	38
3.1.1 Funktion von Tribologischen Systemen	38
3.1.2 Struktur von Tribologischen Systemen	38
3.1.3 Betriebsparameter von tribologischen Systemen	41

3.2 Wechselwirkungen in tribologischen Systemen	41
3.2.1 Kontaktmechanik	41
3.2.2 Grundlagen der Reibung	44
3.2.3 Reibung und Schmierung	48
3.2.4 Grundlagen des Verschleißes	50
3.3 Zustandsüberwachung von tribologischen Systemen	54
3.4 Prüfung von tribologischen Systemen	56
3.5 Labor-Tribometrie	59
3.5.1 Methodik der Tribometrie	60
3.5.2 Oberflächenuntersuchungen	61
3.6 Präsentation von Tribodaten	64
3.6.1 Abhängigkeit von Tribodaten von Betriebsparametern	65
3.6.2 Abhängigkeit von Tribodaten von strukturellen Parametern	66
3.6.3 Einfluss von Umgebungsmedien auf Tribodaten	67
3.7 Tribomaps	67
3.8 Leistungsgrenzen von tribologischen Systemen	69
3.9 Tribotronics – Technologie zur Vermeidung von Reibung und Verschleiß	71
Literatur	72
4 Mechatronische Systeme	75
4.1 Prinzipien der Mechatronischen Systeme	75
4.2 Sensoren: Der Schlüssel zu mechatronischen Systemen	77
4.2.1 Sensoren für dimensionale Metrologie und Kinematik	79
4.2.2 Sensoren für Kinetik	81
4.2.3 Temperatursensoren	86
4.2.4 Eingebettete Sensoren	86
4.2.5 Fernerkundung	89
4.3 Aktuatoren in mechatronischen Systemen	90
4.4 Angewandte Mechatronik	92
4.4.1 Automobil-Mechatronik	93
4.4.2 Industrieroboter	96
4.4.3 Mechatronisches Wägesystem	97
4.4.4 Windenergiekonverter	98
4.4.5 MEMS und MOEMS	100
4.4.6 Smartphone-Mechatronik	100
4.4.7 Digitalkamera	103
4.4.8 Tintenstrahldrucker	104
4.4.9 CD-Player	104
4.5 Nano-Mechatronik	108
Literatur	109

5 Cyber-physische Systeme und Industrie 4.0	111
Literatur.....	115
6 Systemdenken in der Gesundheitstechnologie	117
Literatur.....	120

Über den Autor

Horst Czichos absolvierte ein Studium der Feinwerktechnik und arbeitete als Konstrukteur in der optischen Industrie. Er hat Abschlüsse in Physik (FU Berlin) und Materialwissenschaften (TU Berlin) und erhielt von der Universität Leuven einen Ehrendoktortitel für seine interdisziplinäre Forschung in der Tribologie. Er war Präsident der BAM (1992–2002) und von EUROLAB. Derzeit ist er Professor für Mechatronik an der Hochschule für Technik, BHT Berlin. In seinen Veröffentlichungen betont Dr. Czichos die Bedeutung des Systemdenkens in Wissenschaft und Technik. 2013 veröffentlichte er ein Buch über die Triade Philosophie – Physik – Technik, das unter dem Titel *The World is Triangular* (Springer 2021) in englischer Ausgabe erschien.