

Informationsmodell zur Entwicklung linear verzweigter Blechprofile höherer Verzweigungsordnung

Am Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt
zur
Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte

DISSERTATION

vorgelegt von

Dipl.-Inform. Zhenyu Wu

aus China

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche
Tag der Einreichung:	06.10.2015
Tag der mündlichen Prüfung:	19.01.2016

Darmstadt 2015

D 17

Forschungsberichte aus dem Fachgebiet
Datenverarbeitung in der Konstruktion

Band 55

Zhenyu Wu

**Informationsmodell zur Entwicklung linear verzweigter
Blechprofile höherer Verzweigungsordnung**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2016

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2016

Copyright Shaker Verlag 2016

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4305-1

ISSN 1435-1129

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien bieten vielfältige Innovations- und Leistungspotenziale, die es für die Entwicklung und Konstruktion neuer Produkte auszuschöpfen gilt. Dies setzt voraus, dass die theoretischen Grundlagen zum Einsatz der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien in Entwicklung und Konstruktion vorliegen und neue Methoden wissenschaftlich abgesichert sind. Darüber hinaus stellen die wissenschaftliche Durchdringung und die Bereitstellung der Forschungsergebnisse eine Grundlage für die Anwendung in der Praxis dar.

Vor diesem Hintergrund informiert die hier vorliegende Schriftreihe über aktuelle Forschungsergebnisse des Fachgebietes Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) des Fachbereichs Maschinenbau an der Technischen Universität Darmstadt. Ziel der Forschungsarbeiten ist die wissenschaftliche Durchdringung innovativer, interdisziplinärer und integrierter Produktentwicklungsprozesse und darauf aufbauend die Konzeption neuer Methoden für die Entwicklung und Konstruktion von Produkten.

Im Sonderforschungsbereich 666 „Integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung“ an der Technischen Universität Darmstadt wird ein algorithmisierter Produktentwicklungsprozess für linear verzweigte Blechprofile entwickelt. Der algorithmisierte Ansatz setzt eine durchgängige Integration des Produktentwicklungsprozesses voraus. Hierzu entwickelt Herr Zhenyu Wu auf Basis der Abbildung von verzweigten Strukturen ein integriertes Informationsmodell für linear verzweigte Blechprofile, das alle Informationen im algorithmisierten Produktentwicklungsprozess von linear verzweigten Blechprofilen formal abbildet und die Instanziierung eines integrierten Produkt- und Prozessmodells des linear verzweigten Blechprofils auf Basis eines mathematisch generierten Lösungsbaums ermöglicht. Er zeigt damit beeindruckend neue Wege zur Algorithmen-basierten Virtuellen Produktentwicklung auf.

Reiner Anderl

Vorwort des Autors

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK) der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 666 „Integrale Blechbauweise höherer Verzweigungsordnung – Entwicklung, Fertigung, Bewertung“.

Mein besonderer, herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, dem Leiter des Fachgebietes DiK, für das entgegengebrachte Vertrauen, die wissenschaftliche Betreuung und die wertvolle Unterstützung der Arbeit. Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Peter Groche, dem Sprecher des Sonderforschungsbereichs 666, danke ich für das Interesse an dieser Arbeit und die Übernahme des Korreferats.

Bei den Kolleginnen und Kollegen am Fachgebiet DiK, ganz besonders meinem damaligen Zimmerkollegen, Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thomas Rollmann, möchte ich mich für das angenehme Arbeitsumfeld, für die ermutigenden Worte und die anregenden fachlichen Diskussionen bedanken. Den Kolleginnen und Kollegen des Sonderforschungsbereichs 666 danke ich für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und die wissenschaftlichen Auseinandersetzungen. Frau Monika Mayer danke ich für die Durchsicht und Korrektur der Erstschrift.

Weiterhin möchte ich mich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für das Einrichten des Sonderforschungsbereichs 666 und die einhergehende finanzielle Unterstützung bedanken.

Schließlich gilt mein besonderer Dank meiner Familie, meiner Frau Jianping Wei und unseren zwei Töchtern XinTian und QinWen, für den Rückhalt und die Unterstützung.

Sindelfingen, Februar 2016

Zhenyu Wu

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung und Zielsetzung	1
1.2	Aufbau der Dissertation	6
2	Grundlagen und Stand der Forschung	9
2.1	Begriffe	9
2.1.1	Modell	9
2.1.2	System	10
2.1.3	Informationsmodell	12
2.1.3.1	Begriff Information	12
2.1.3.2	Definition Informationsmodell	14
2.1.4	Methode	16
2.2	Objektorientierte Methode zur Entwicklung von Informationsmodellen	20
2.2.1	Objektorientierte Modellierungskonzepte	20
2.2.1.1	Objekt	20
2.2.1.2	Klasse	22
2.2.1.3	Assoziation	22
2.2.1.4	Aggregation und Komposition	23
2.2.1.5	Generalisierung und Spezialisierung	23
2.2.1.6	Dynamisches Verhalten	25
2.2.2	Modellierungssprache UML	28
2.2.3	Vorgehensmodelle	30
2.3	Produktmodellierung	33
2.3.1	Produktlebenszyklus	33
2.3.2	Kategorien der Produktdaten	35
2.3.3	Produktmodellarten	35
2.3.4	Integrierte Produktmodelle	36
2.4	Analyse bestehender Forschungsansätze	38
2.5	Fazit	42
3	Analyse	45
3.1	Linear verzweigte Blechprofile höherer Verzweigungsordnung	45
3.2	Algorithmisierter Entwicklungsprozess linear verzweigter Blechprofile	49
3.2.1	Transformation der Kundenanforderungen	50

3.2.2	Algorithmische Lösungsfindung.....	50
3.2.3	Gestaltung und Ausarbeitung linear verzweigter Blechprofile.....	53
3.2.4	Numerische Analyse der Betriebs- und Schwingfestigkeit.....	57
3.2.5	Planung integraler Fertigung von linear verzweigten Blechprofilen	57
3.2.6	Fazit.....	59
3.3	Lösungsbaum	62
3.3.1	Struktur und Elemente des Lösungsbaums	62
3.3.2	Informationen im Lösungsbaum	67
3.3.3	Fazit.....	72
4	Konzeption.....	75
4.1	Abbildung der verzweigten Strukturen als Modellkern	75
4.1.1	Phasen-Integrierende Rolle der verzweigten Strukturen	75
4.1.2	Verzweigte Strukturen nach Fertigungsverfahren	78
4.1.2.1	Verzweigte Strukturen durch Spaltprofilieren	78
4.1.2.2	Verzweigte Strukturen durch Walzprofilieren	81
4.1.2.3	Verzweigte Strukturen durch Spaltbiegen	85
4.1.3	Verzweigungstopologie und Verzweigungshierarchie	90
4.1.4	Zusammenhang zwischen Abhängigkeiten und zeitlichen Reihenfolgen.....	91
4.2	Integration der Partialmodelle.....	92
4.3	Integration der algorithmischen Lösungsfindung, Konstruktion und Fertigungsplanung	94
5	Entwicklung des integrierten Informationsmodells	97
5.1	Entwicklung des Modellkerns.....	97
5.1.1	Knoten und Kanten	97
5.1.2	Beziehungen zwischen den Knoten	100
5.1.2.1	Nachbarschaftsbeziehung.....	101
5.1.2.2	Abhängigkeitsbeziehung.....	102
5.1.2.3	Zeitlich-logische Beziehung	103
5.1.3	Operationen im Modellkern.....	106
5.1.3.1	Operation splitAtEnde ().....	107
5.1.3.2	Operation bend ()	109
5.1.3.3	Operation splitBetween ()	110
5.1.4	Spezifikation des Modellkerns.....	113
5.2	Abbildung und Integration der Topologien, Geometrien und Abwicklungen	116

5.2.1	Abbildung der Topologien und Geometrien der Querschnitte	116
5.2.2	Abbildung der Abwicklungen	121
5.2.3	Integration der Lösungen mit dem Modellkern	126
5.2.3.1	Ermittlung der Verzweigungstopologie	128
5.2.3.2	Ermittlung der Verzweigungshierarchie.....	131
5.3	Entwicklung des Featuremodells für verzweigte Blechprofile.....	132
5.3.1	Feature-basiertes Modell für Konstruktion linear verzweigter Blechprofile.....	133
5.3.2	Konstruktions-Features für integrale Blechbauweise.....	136
5.3.2.1	ISMFeature und Klassenhierarchie	136
5.3.2.2	ISMFeatures für umformende Bearbeitung.....	138
5.3.3	Integration des Featuremodells mit dem Modellkern.....	152
5.4	Integration der Konstruktion und Fertigungsplanung	153
6	Prototypische Implementierung und Anwendung	159
6.1	Anwendungsfälle.....	159
6.2	Prototypische Implementierung.....	163
6.2.1	Systemarchitektur der integrierten Entwicklungsumgebung.....	163
6.2.2	Implementierung des Informationsmodells	164
6.2.3	Implementierung der Schnittstellen.....	173
6.2.4	Graphische Benutzeroberfläche.....	175
7	Ausblick.....	179
8	Zusammenfassung.....	183
	Literatur	187
A.	Anhang.....	197
A 1.	Übersicht aller Klassen des Informationsmodells	197
A 2.	Partialmodell der Anforderungen „ISMPartSpecification“	198
A 3.	Partialmodell der numerischen Analyse „ISMPartAnalysis“	200