

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/276205166>

Wissenschaft und Kunst der Modellierung (Science and Art of Modelling) – Kieler Zugang zur Definition, Nutzung und Zukunft

BOOK · MAY 2015

READS

98

34 AUTHORS, INCLUDING:



Bernhard Thalheim

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

343 PUBLICATIONS 2,272 CITATIONS

SEE PROFILE



Heidrun Allert

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

52 PUBLICATIONS 147 CITATIONS

SEE PROFILE



Christoph Richter

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

53 PUBLICATIONS 167 CITATIONS

SEE PROFILE



Christoph Schranz

Hamilton Medical

32 PUBLICATIONS 53 CITATIONS

SEE PROFILE

Science and Art of Modelling

Wissenschaft & Kunst der Modellierung

—

Kieler Zugang zur Definition, Nutzung und Zukunft

Herausgegeben von
Bernhard Thalheim und Ivor Nissen

1. Auflage

DE GRUYTER

Models are one of the main instruments in scientific research. Disciplines have developed a different model understanding of the notion, function and purpose. We thus need a systematic approach in order to understand, to build and to use a model. This book gives an insight into the discipline modelling know-how in Kiel and is a first starting point to develop a general model approach that generalizes and combines for an inter disciplinary use.

Modelle sind wichtige Instrumente in der wissenschaftlichen Forschung. Die Disziplinen haben unterschiedliche Modell-Verständnisse vom Begriff, der Funktion und vom Zweck entwickelt. Wir benötigen einen systematischen Ansatz, um zu verstehen, wie Modelle entwickelt und eingesetzt werden. Dieses Buch gibt einen Einblick in das disziplinäre Know-how in Kiel und ist Ausgangspunkt zur Kombination und Verallgemeinerung in interdisziplinären Anwendungen.

ISBN 978-1-5015-1040-3
e-ISBN (PDF) 978-1-5015-0123-4
e-ISBN (EPUB) 978-1-5015-0125-8
ISSN 2198-2066

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

A CIP catalog record for this book has been applied for at the Library of Congress.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2015 Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston
⊗ Gedruckt auf säurefreiem Papier
Printed in Germany

www.degruyter.com

Inhalt

Vorwort — VII

Teil I: Bedeutung, Entwicklung und Einsatz

- 1 Einleitung — 3**
 - 1.1 Warum dieses Buch — 3
 - 1.2 Modellierung als ein Fachgebiet — 4
 - 1.3 Charakterisierung des Modellbegriffs — 6

- 2 Modelle, Modellieren, Modellierung - eine Kieler Begriffsbestimmung — 29**
 - 2.1 Modell — 29
 - 2.2 Modellieren — 33
 - 2.3 Modellierung — 35
 - 2.4 Modelle, Modellieren und Modellierung als Einheit — 35

- 3 Übersicht zu Forschungen zu Modellen, zum Modellieren und zur Modellierung — 37**
 - 3.1 Top-Down-Ansätze — 37
 - 3.2 Bottom-Up-Ansätze — 39

- 4 Die Forschungsagenda — 43**
 - 4.1 Überblick zur interdisziplinären Forschung in diesem Buch — 43

Teil II: Modelle in den Wissenschaften

- 5 Modellierung als sozio-materielle Praktik — 49**
 - 5.1 Kontext und Verortung: Die Disziplin und ihre Besonderheiten — 49
 - 5.2 Modelle als epistemische Artefakte — 52
 - 5.3 Modellierung als sozio-materielle Praktik — 55
 - 5.4 Die Wirksamkeit der Modellierung sozio-technischer Systeme — 58
 - 5.5 Die materiale Qualität von Artefakten in Gestaltungsprozessen — 60

X — Inhalt

- 5.6 Ein Modell als Katalysator — 63
- 5.7 Ein Modell als Mittel der Überzeugung — 63
- 5.8 Fazit — 64

- 6 Methodenbasierte mathematische Modellierung mit Relationenalgebren — 67**
 - 6.1 Einleitung — 67
 - 6.2 Die mathematische Modellierung — 74
 - 6.3 Relationenalgebra — 81
 - 6.4 Relationales Modellieren und Entwickeln — 86
 - 6.5 Ein Beispiel aus der Praxis — 91
 - 6.6 Einige weitere Anwendungsbeispiele — 97
 - 6.7 Einordnung in eine allgemeine Theorie der Modellierung — 99

- 7 Das Modell als Medium. Wissenschaftsphilosophische Überlegungen — 107**
 - 7.1 Instrumental turn — 109
 - 7.2 Modell und Experiment — 112
 - 7.3 Modellieren als technisches Tun, das Modell als technisches Ding — 119
 - 7.4 Simulation: medientheoretisch, differenzphilosophisch, computertechnologisch — 122
 - 7.5 Ansätze einer medialen Epistemologie des Modells — 131

- 8 Wissenschaftliches Rechnen: Simulationen mittels mathematischer Modelle — 139**
 - 8.1 Einleitung — 139
 - 8.2 Kraft, Beschleunigung, Geschwindigkeit — 140
 - 8.3 Mehrkörpersysteme und numerische Approximation — 142
 - 8.4 Vielkörpersysteme und schnelle Summation — 145
 - 8.5 Grundwasserströmung — 148
 - 8.6 Lineare Gleichungssysteme — 151
 - 8.7 Parallelisierung — 153
 - 8.8 Zusammenfassung — 155

- 9 Modelle in der Trainingswissenschaft — 159**
 - 9.1 Einleitung — 159
 - 9.2 Antagonistische Trainings-Wirkungs-Modelle — 160
 - 9.3 Das fitness-fatigue-Modell — 161
 - 9.4 Das Metamodell LeiPot — 162

9.5	Das SimBEA-Modell —	165
9.6	Modellkalibrierung und Modellprüfung —	167
9.7	Anwendungsbereiche —	169
10	Der Blick des Philologen. Modelle ‚Literatur als Text‘ in der Klassischen Philologie —	175
10.1	Einleitung —	175
10.2	Das Modell ‚Literatur als Text‘ und die Gattung der römischen Elegie —	177
10.3	Zusammenfassung —	213
11	Modelle in der Archäologie —	219
11.1	Einleitung und Forschungsgeschichte —	219
11.2	Latente paradigmatische Modelle —	225
11.3	Explizite Modelle von Raumstrukturen in der Archäologie —	235
11.4	Zusammenfassung —	246
12	Astrophysikalische Modellbildung am Beispiel aktiver galaktischer Kerne —	251
12.1	Modellbildung in der Astrophysik —	251
12.2	Die Zentren aktiver Galaxien —	255
12.3	Modellierung von Akkretionsscheiben —	258
13	Modelle in der Weltraumphysik —	265
13.1	Einleitung —	265
13.2	Plasmaphysikalische Modelle —	266
13.3	Numerische Modelle —	270
13.4	Beispiele —	274
14	Klimamodelle —	281
14.1	Einführung —	281
14.2	Von der Klima- zur Erdsystemforschung —	282
14.3	Klimaschwankungen —	286
14.4	Klimavorhersagbarkeit —	287
14.5	Geschichte der Klimamodellierung —	291
14.6	Zirkulationsmodelle —	292
14.7	Schlussbemerkung —	303
15	Die Welt im Modell. Zur Geburt der systematischen Modellierung in der Antike —	307

XII — Inhalt

- 15.1 Einleitung — **307**
- 15.2 Ein modelltheoretischer Ansatz — **308**
- 15.3 Aspekte der Modellnutzung in der Antike — **313**
- 15.4 Einige Fragen zur Erschließung der antiken Modellierungstätigkeit — **323**
- 15.5 Fazit — **325**

- 16 Modelle in der Kommunikationstechnik — 329**
- 16.1 Darstellung und Abgrenzung des Fachgebiets — **329**
- 16.2 Motivation für die Modellierung — **330**
- 16.3 Klassifizierung und Detailbeschreibung der Modelle — **331**
- 16.4 Fazit — **345**

- 17 Küstenmodelle: Stand der Technik und zukünftige Entwicklung — 347**
- 17.1 Einleitung — **347**
- 17.2 Prozessbasierte Modelle im Küstenbereich — **349**
- 17.3 Aufbau von Küstenmodellen — **351**
- 17.4 Naturdaten, Erfordernisse und Defizite — **352**
- 17.5 Qualifizierung der Modellgüte — **355**
- 17.6 Strategien zur Verbesserung der Modellgüte — **357**
- 17.7 Anwendungsbeispiele — **359**
- 17.8 Zukünftige Entwicklungen — **362**

- 18 Hierarchische Modellsysteme zur Optimierung der Beatmungstherapie — 369**
- 18.1 Einleitung — **369**
- 18.2 Modellselektion — **381**
- 18.3 Modellkombination — **383**
- 18.4 Zusammenfassung und Ausblick — **384**

- 19 Hydroakustische Modellierung — 391**
- 19.1 Einleitung — **391**
- 19.2 Computergestützte Modellierung mittels Numerik — **392**
- 19.3 Modellierung durch Tank-Experimente — **403**
- 19.4 Modellierung durch Seeexperimente — **404**
- 19.5 Hybrid-Modellierung — **404**
- 19.6 Zusammenfassung — **405**

- 20 Modellierung von Regeln für die Prüfung von Prozessmodellen — 407**
- 20.1 Einleitung — **407**

20.2	Geschäftsprozessmodellierung mit ARIS —	408
20.3	Regelbasierte Validierung von Geschäftsprozessmodellen —	412
20.4	Business Application Modeler (BAM) – Validierungskonzept —	414
20.5	Wiederverwendung von Regeln durch Abstraktion —	420
20.6	Verwandte Arbeiten —	425
20.7	Zusammenfassung —	427
21	Kohärente Multi-Modell-Entwicklung —	431
21.1	Überblick —	431
21.2	Modell-Suiten —	435
21.3	Spezifikation und Nutzung von Modell-Suiten —	437
21.4	Werkzeugunterstützung —	439
21.5	Zusammenfassung —	453
22	Mehrebenensysteme in der Biomedizin —	455
22.1	Die Suche nach Organisationsprinzipien —	455
22.2	Raum-zeitliche Modellierung —	461
22.3	Diskussion —	469
23	Modellierung von Tierseuchen —	475
23.1	Einleitung —	475
23.2	Epidemiologischer Hintergrund —	475
23.3	Anwendung von Simulationsmodellen —	477
23.4	Grundzüge eines Tierseuchenmodells —	478
23.5	Stochastik in den Tierseuchenmodellen —	480
23.6	Netzwerke zur Modellierung von Kontakten —	480
23.7	Validierung von Tierseuchenmodellen —	482
23.8	Zusammenfassung —	483

Teil III: **Ausblick auf die Kunst der Modellierung**

24	Ein neuer Modellbegriff —	491
24.1	Der Forschungsauftrag —	493
24.2	Das Modell als Instrument —	496
24.3	Bewertung eines Modells —	532
24.4	Der Cargo eines Modells —	539
24.5	Zusammenfassung —	544

XIV — Inhalt

25	Fallstudien zum Modellbegriff — 549
25.1	Modellbegriffe in der Informatik — 549
25.2	Figurative Modelle — 583
26	Bestandsaufnahme und Mehrwert — 603
26.1	Im Anfang war das Wort — 603
26.2	Logos und der Modellbegriff — 604
27	The Notion of a Model — 615
27.1	The Conception of the Model — 615
27.2	Properties of Models — 616
	Synonyme für die Eigenschaften — 619
	Liste der Autoren — 623
	Stichwortverzeichnis — 625

27 The Notion of a Model

Definition: A model is a well-formed, adequate, and dependable instrument that represents origins. Its criteria of well-formedness, adequacy, and dependability must be commonly accepted by its community of practice within some context and correspond to the functions that a model fulfills in utilisation scenarios and use spectra. As an instrument, a model is grounded in its community's sub-discipline and is based on elements chosen from the sub-discipline.

27.1 The Conception of the Model

Science and technology widely uses models in a variety of in utilisation scenarios. Models function as an instrument in some utilization scenarios and a use spectrum. Their function in these scenarios is a combination of functions such as explanation, optimization-variation, validation-verification-testing, reflection-optimization, exploration, hypothetical investigation, documentation-visualization, and description-prescription as a mediator between a reality and an abstract reality that developers of a system intend to build. The model functions determine the *purposes* of the deployment of the model.

Models have several *essential properties* that qualify an instrument as a model (Tha12; Tha14):

- An instrument is *well-formed* if it satisfies a well-formedness criterion.
- A well-formed instrument is *adequate* for a collection of origins if (i) it is analogous to the origins to be represented according to some analogy criterion, (ii) it is more focused (e.g. simpler, truncated, more abstract or reduced) than the origins being modelled, and (iii) it sufficient to satisfy its purpose.
- Well-formedness enables an instrument to be *justified*: (i) by an empirical corroboration according to its objectives, supported by some argument calculus, (ii) by rational coherence and conformity explicitly stated through formulas, (iii) by falsifiability that can be given by an abductive or inductive logic, and (iv) by stability and plasticity explicitly given through formulas.
- The instrument is *sufficient* by a *quality* characterisation for internal quality, external quality and quality in use or through quality characteristics (Tha10) such as correctness, generality, usefulness, comprehensibility, parsimony, robustness, novelty etc. Sufficiency is typically combined with some assurance evaluation (tolerance, modality, confidence, and restrictions).

- A well-formed instrument is called *dependable* if it is sufficient and is justified for some of the justification properties and some of the sufficiency characteristics.
- An instrument is called **model** if it is *adequate* and *dependable*. The adequacy and dependability of an instrument is based on a *judgement* made by the community of practice.
- An instrument has a *background* consisting of an undisputable grounding from one side (paradigms, postulates, restrictions, theories, culture, foundations, conventions, authorities) and of a disputable and adjustable basis from other side (assumptions, concepts, practices, language as carrier, thought community and thought style, methodology, pattern, routines, commonsense).
- A model is used in a *context* such as discipline, a time, an infrastructure, and an application.

Not only should a model faithfully represent a collection of origins by being well-formed, adequate, and dependable, it should also provide facilities or methods for its use. A model is *functional* if there are methods for utilization of the instrument to achieve the objectives for which an instrument might serve. Typical task objectives include defining, constructing, exploring, communicating, understanding, replacing, substituting, documenting, negotiating, replacing, optimizing, validating, verifying, testing, reporting, and accounting. We call a model *effective* if it can be deployed according to its objectives.

27.2 Properties of Models

Models satisfy several properties that make them functional and effective (Mah08; Mah15; Sta73; Tha10; Tha11; Tha12; Tha14):

- (1) *Mapping* property: the model has an origin and can be based on a mapping from the origin to the instrument.
- (1') *Analogy* property: the model is analogous to the origins based on some analogy criterion.
- (2) *Truncation (reduction)* property: the model lacks some of the ascriptions made to the origin and thus functions as an Aristotelian model by abstraction by disregarding the irrelevant.
- (3) *Pragmatic* property: the model use is only justified for particular model users, the tools of investigation, and the period of time.
- (4) *Amplification* property: models use specific extensions which are not observed in the original.

- (5) *Idealisation* property: modelling abstracts from reality by scoping the model to the ideal state of affairs.
- (6) *Carrier (cargo)* property: models reflect a conception on origins based on the capacity of a language and are filled with anticipation. They carry a cargo (Mah08).
- (6') *Utilisation* property: the model functions well within its intended scenarios of usage according to its capacity and potential.
- (7) *Divergence* property: models (e.g. Galilean models) are developed for improving divergence, deviation, discrepancy the physical world or for inclusion of visions of better reality, e.g. for construction via transformation.
- (8) *Added value* property: models provide a value or benefit based on their utility, capability and quality characteristics.
- (9) *Purpose* property: models are governed by the purpose. The model preserves the purpose.

Literatur

- [Mah08] B. Mahr. Cargo. Zum Verhältnis von Bild und Modell. In I. Reichle, S. Siegel, and A. Spelten, editors, *Die Wirklichkeit visueller Modelle*, pages 17–40. Wilhelm Fink Verlag, München, 2008.
- [Mah15] B. Mahr. Modelle und ihre Befragbarkeit - Grundlagen einer allgemeinen Modelltheorie. *Erwägen-Wissen-Ethik*, forthcoming, 2015.
- [Sta73] H. Stachowiak. *Allgemeine Modelltheorie*. Springer, 1973.
- [Tha10] B. Thalheim. Towards a theory of conceptual modelling. *Journal of Universal Computer Science*, 16(20):3102–3137, 2010.
http://www.jucs.org/jucs_16_20/towards_a_theory_of.
- [Tha11] B. Thalheim. The theory of conceptual models, the theory of conceptual modelling and foundations of conceptual modelling. In *The Handbook of Conceptual Modeling: Its Usage and Its Challenges*, chapter 17, pages 547–580. Springer, Berlin, 2011.
- [Tha12] B. Thalheim. The science and art of conceptual modelling. In A. Hameurlain et al., editor, *TLDKS VI*, number 7600 in LNCS, pages 76–105. Springer, Heidelberg, 2012.
- [Tha14] B. Thalheim. The conceptual model \equiv an adequate and dependable artifact enhanced by concepts. In *Information Modelling and Knowledge Bases*, volume XXV of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 260, pages 241–254. IOS Press, 2014.

Liste der Autoren

Heidrun Allert, Kapitel 5, *Institut für Pädagogik, Abteilung Medienpädagogik/Bildungsinformatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Rudolf Berghammer, Kapitel 6, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Christine Blättler, Kapitel 7, *Philosophisches Seminar, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Steffen Börm, Kapitel 8, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Jan-Peter Brückner, Kapitel 9, *Institut für Sportwissenschaft, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Gerd Brass, Kapitel 17, *Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Thorsten Burkard, Kapitel 10, *Institut für Klassische Altertumskunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Sven Feja, Kapitel 20, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Martin Hinz, Kapitel 11, *Graduiertenschule „Entwicklung menschlicher Gesellschaften in Landschaften“, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Peter Adam Höher, Kapitel 16, *Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Tobias F. Illenseer, Kapitel 12, *Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Andreas Kopp, Kapitel 13, *Heliosphärische Astroteilchenphysik, Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Jörn Kretschmer, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*

Mojib Latif, Kapitel 14, *GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel und Universität Kiel*

Claas Lattmann, Kapitel 15, *Institut für Klassische Altertumskunde, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel / Department of Classics, Emory University, Atlanta*

Jochen Leibrich, Kapitel 16, *Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Roberto Mayerle, Kapitel 17, *Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Knut Möller, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*

Oliver Nakoinz, Kapitel 11, *Institut für Ur- und Frühgeschichte, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

Sven Niemand, Kapitel 20, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*

- Ivor Nissen**, Abschnitt I, Kapitel 19, Abschnitt III, *Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD71), Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik, (FWG), Kiel*
- Elke Pulvermüller**, Kapitel 20 *Institut für Informatik, Universität Osnabrück*
- Christoph Richter**, Kapitel 5, *Institut für Pädagogik, Abteilung Medienpädagogik/Bildungsinformatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Axel Riedlinger**, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*
- Dirk Schädler**, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*
- Christoph Schranz**, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*
- Michael Skusa**, Kapitel 21, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Andreas Speck**, Kapitel 20, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Bernhard Thalheim**, Abschnitt I, Kapitel 6, 21, Abschnitt III, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Tom Theile**, Kapitel 22, *Institut für Informatik, Lehrstuhl für Systembiologie & Bioinformatik, Universität Rostock*
- Imke Traulsen**, Kapitel 23, *Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Norbert Weiler**, Kapitel 18, *Institut für Technische Medizin (ITeM), Hochschule Furtwangen, VS-Schwenningen, Deutschland; Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel*
- Sören Witt**, Kapitel 20, *Institut für Informatik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*
- Olaf Wolkenhauer**, Kapitel 22, *Institut für Informatik, Lehrstuhl für Systembiologie & Bioinformatik, Universität Rostock und Stellenbosch Institute for Advanced Study (STIAS), Wallenberg Research Centre, Stellenbosch University, Südafrika*