

Modellierung

Prof.Dr. Hans Kleine Büning, Prof.Dr. Johannes Blömer

Universität Paderborn
Institut für Informatik

Paderborn, 19. Oktober 2015

Begründung der Vorlesung

- Das Modellieren ist eine für das Fach Informatik typische Arbeitsmethode.
- Mit der Modellierung einer Aufgabe zeigt man, ob und wie sie verstanden wurde.
- Ein zutreffendes Modell ist Voraussetzung und Maßstab für eine systematische Lösung.
- Als Ausdrucksmittel muss man passende Kalküle und Notationen anwenden können.

Ziele

Die Teilnehmer sollen

- einen Überblick über grundlegende Modellierungsmethoden und -kalküle bekommen,
- den konzeptionellen Kern der Kalküle beherrschen,
- die für die Methoden typischen Techniken erlernen und
- Kalküle an typischen Beispielen anwenden.

Insgesamt sollen sie lernen,

- Aufgaben präzise zu analysieren und zu beschreiben,
- formale Kalküle als Arbeitsmittel einzusetzen und
- den praktischen Wert von präzisen Beschreibungen erkennen.

siehe Beschreibung des Moduls I.2.1 im Modulhandbuch:

[http://www.cs.uni-paderborn.de/fileadmin/Informatik/
Institut/studium/material/mhb/Modulhandbuch_2009.pdf](http://www.cs.uni-paderborn.de/fileadmin/Informatik/Institut/studium/material/mhb/Modulhandbuch_2009.pdf)

Literaturhinweise

H. Kleine Büning/J. Blömer: Vorlesung Modellierung WS 2015 / 2016
<http://www-old.cs.uni-paderborn.de/fachgebiete/ag-bloemer/lehre/2015/ws/modellierung.html>

Das Buch zur Vorlesung:

Uwe Kastens, Hans Kleine Büning: Modellierung - Grundlagen und formale Methoden, Carl Hanser Verlag, 2014, 3. Auflage

Weitere Bücher zum Nachlernen und Nachschlagen:

- Gerhard Goos: Vorlesungen über Informatik, Band 1, 3. Auflage, Springer- Lehrbuch, 2000
- Thierry Scheurer: Foundations of Computing, System Development with Set Theory and Logic, Addison-Wesley, 1994
- Daniel J. Velleman: How To Prove It - A Structured Approach, 2nd ed., Cambridge University Press, 2006

Bezug zu anderen Vorlesungen

Grundlagen der Programmierung

Problem verstehen
bevor implementieren

Eigenschaften und
Strukturen von Sprachen

Grundlagen der Programmiersprachen

Spezifikation von
Software-Aufgaben
und -Lösungen

Softwareentwurf

Probleme und Aufgaben
präzise beschreiben

Modellierung

Eigenschaften von D & A
formal beschreiben

Datenstrukturen & Algorithmen

auf grundlegenden
Kalkülen aufbauen

Berechenbarkeit & formale Sprachen

Algorithmen & Komplexität

Flussüberquerung

Aufgabe: Ein Mann steht mit einem Wolf, einer Ziege und einem Kohlkopf am linken Ufer eines Flusses, den er überqueren will. Er hat ein Boot, das groß genug ist, ihn und ein weiteres Objekt zu transportieren, so dass er immer nur eins der drei mit sich hinübernehmen kann.

Falls der Mann allerdings den Wolf und die Ziege oder die Ziege und den Kohlkopf unbewacht an einem Ufer zurücklässt, so wird einer gefressen werden.

Ist es möglich, den Fluss zu überqueren, ohne dass die Ziege oder der Kohlkopf gefressen werden?

Quelle: Hopcroft, Ullman: Einführung in die Automatentheorie, formale Sprachen und Komplexitätstheorie, S. 14, 15

Flussüberquerung

Aufgabe: Ein Mann steht mit einem Wolf, einer Ziege und einem Kohlkopf am linken Ufer eines Flusses, den er überqueren will. Er hat ein Boot, das groß genug ist, ihn und ein weiteres Objekt zu transportieren, so dass er immer nur eins der drei mit sich hinübernehmen kann.

Falls der Mann allerdings den Wolf und die Ziege oder die Ziege und den Kohlkopf unbewacht an einem Ufer zurücklässt, so wird einer gefressen werden.

Ist es möglich, den Fluss zu überqueren, ohne dass die Ziege oder der Kohlkopf gefressen werden?

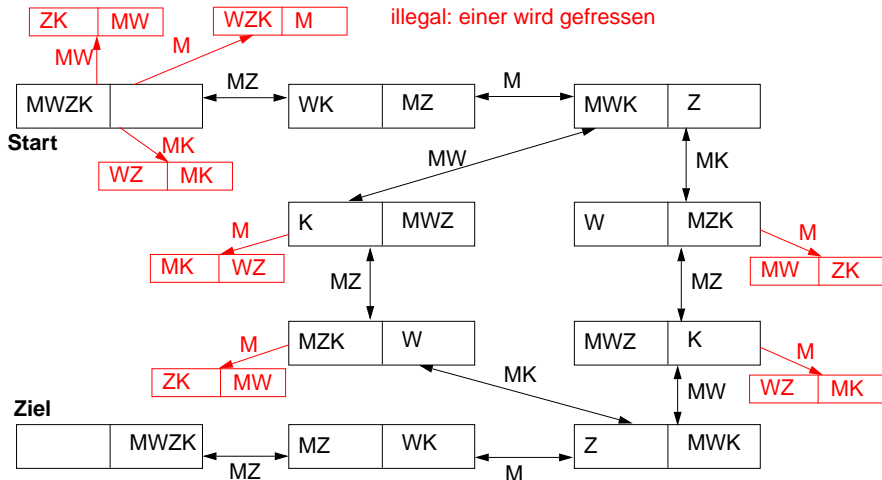
Quelle: Hopcroft, Ullman: Einführung in die Automatentheorie, formale Sprachen und Komplexitätstheorie, S. 14, 15

Erste Analyse: evtl. wichtige

- **Objekte:** Mann, Wolf, Ziege, Kohlkopf, Ufer (links u. rechts), Fluss, Boot
Tätigkeiten: Fluss überqueren, Objekt transportieren
- **Eigenschaften, Beziehungen:** unbewacht an einem Ufer, Wolf frisst Ziege, Ziege frisst Kohl, Boot trägt Mann + 1 Objekt
-

Modellierung der Flussüberquerung

Kalkül: endlicher Automat mit Zuständen und Übergängen



Diskussion des Modellierungsbeispiels

- Modellierung von Abläufen, Folgen von Schritten: Kalkül endlicher Automat
- Abstraktion: nur die Zustände und Übergänge interessieren
- relevante Objekte benannt: M, W, Z, K
- jeder Zustand wird charakterisiert durch ein Paar von Mengen der Objekte, (linkes Ufer, rechtes Ufer); jedes Objekt kommt genau einmal vor
- zulässige und unzulässige Zustände
- Übergänge werden mit den transportierten Objekten beschriftet

Besonders wichtig ist, was *nicht* modelliert wurde, da es für die Aufgabe irrelevant ist! z. B. die Länge des Bootes, die Breite und Tiefe des Flusses, usw.

Kreative Leistung: Kalkül „endlicher Automat“ wählen, Bedeutung der Zustände und Übergänge festlegen

Systematische Tätigkeit: speziellen Automat aufstellen, Lösungsweg finden.

Meist kann man Lösungen am Modell entwickeln.

Modellierungsbeispiel: Getränkeautomat

Die Bedienung eines Getränkeautomaten soll modelliert werden. Das Gerät soll Getränke wie Kaffee, Tee, Kakao gegen Bezahlung mit Münzen abgeben. Man soll Varianten der Getränke wählen können, z. B. mit oder ohne Milch oder Zucker. Die Modellierung soll berücksichtigen, dass im Gerät nur begrenzte Vorräte untergebracht werden können.



Allgemeiner Modellbegriff

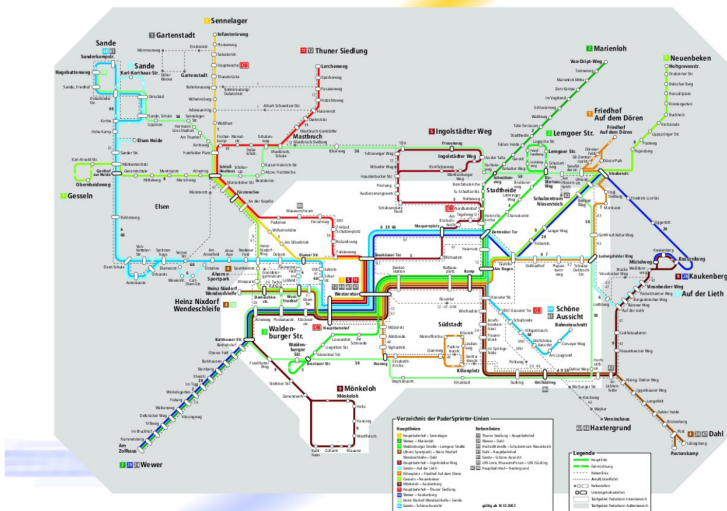
- Abbild eines vorhandenen Originals (z. B. Schiffsmodell)
- Vorbild für ein herzustellendes Original (Gebäude in kleinem Maßstab; Vorbild in der Kunst)
- konkretes oder abstraktes Modell (Schiffsmodell, Rentenmodell)
- konkretes oder abstraktes Original (Schiff, Bevölkerungsentwicklung)

Davon abweichende Bedeutungen:

- Fotomodell: führt Mode (oder sich) vor
- Automodell: Typreihe
- in der Logik: Eine Struktur S ist ein Modell der Formeln F , wenn alle F für S gelten.

Hier in der Informatik: abstraktes Abbild oder Vorbild zu abstrakten oder konkreten Originalen

PaderSprinter-Liniennetzplan



Modell: Busfahrplan

4 Dahl → Im Lichtenfelde → Universität/Südring → Husener Straße → Hauptbahnhof → Westfriedhof → HN Wendschleife

Linie	MONATLICHES PERIODEN																											
	5... Uhr		6... Uhr		7... Uhr		8...-14... Uhr		15... Uhr		16... Uhr		17... Uhr		18... Uhr		19... Uhr		20... Uhr		21... Uhr		22... Uhr		23... Uhr		0... Uhr	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Paschokamp			11		50	11	36		06	36		06	36		06	36		06	36		06	36		06	36		06	36
Lürlingsberg			12		51	15	37		07	37		07	37		07	37		07	37		07	37		07	37		07	37
Dahl Post			13		52	15	39		09	39		09	39		09	39		09	39		09	39		09	39		09	39
Bratenberg			14		53	17	40		10	40		10	40		10	40		10	40		10	40		10	40		10	40
Dahlmer Heide			15		54	18	41		11	41		11	41		11	41		11	41		11	41		11	41		11	41
Langfeld			16		55	20	42		12	42		12	42		12	42		12	42		12	42		12	42		12	42
Imgenheuser Weg			17		56	21	43		13	43		13	43		13	43		13	43		13	43		13	43		13	43
Kirchgraben Dahlmer Weg			18		57	23	44		14	44		14	44		14	44		14	44		14	44		14	44		14	44
Im Lichtenfelde	19	01	19	05	45	58	24	1	45	58	25	45	58	25	45	58	25	45	58	25	45	58	25	45	58	25	45	58
Hochelstraße	20	02	20	06	46	59	25	1	46	59	26	46	59	26	46	59	26	46	59	26	46	59	26	46	59	26	46	59
Universität	21	03	21	07	47	01	26	1	47	01	27	47	01	27	47	01	27	47	01	27	47	01	27	47	01	27	47	01
Südring	22	04	22	08	48	01	27	1	48	02	28	48	02	28	48	02	28	48	02	28	48	02	28	48	02	28	48	02
Im Springefeld	23	05	23	09	49	02	28	1	49	03	29	49	03	29	49	03	29	49	03	29	49	03	29	49	03	29	49	03
Franzenlink	24	06	24	30	50	03	29	1	50	04	30	50	04	30	50	04	30	50	04	30	50	04	30	50	04	30	50	04
Josefswinkelhaus	25	07	25	31	51	04	30	1	51	06	31	51	06	31	51	06	31	51	06	31	51	06	31	51	06	31	51	06
Wilfriedstraße	26	08	26	32	52	05	31	1	52	07	32	52	07	32	52	07	32	52	07	32	52	07	32	52	07	32	52	07
Kassener Straße	27	09	27	33	53	07	32	1	53	09	33	53	09	33	53	09	33	53	09	33	53	09	33	53	09	33	53	09
Kamp	28	10	28	34	54	08	33	1	54	10	34	54	10	34	54	10	34	54	10	34	54	10	34	54	10	34	54	10
Zahnarztplatz	29	11	29	35	55	09	34	1	55	11	35	55	11	35	55	11	35	55	11	35	55	11	35	55	11	35	55	11
Zentralbuslin	30	12	30	36	56	10	35	1	56	12	36	56	12	36	56	12	36	56	12	36	56	12	36	56	12	36	56	12
Wendehof	31	13	31	37	57	11	36	1	57	13	37	57	13	37	57	13	37	57	13	37	57	13	37	57	13	37	57	13
Hauptbahnhof Paderborn	34	16	34	40	49	00	13	40	13	42	47	02	17	32	47	02	17	32	47	02	17	32	47	02	17	32	47	02
Friedrich-Ebert-Straße	36	20	36	42	02	14	44	03	18	33	46	03	18	33	46	03	18	33	46	03	18	33	46	03	18	33	46	03
Technisches Rathaus	37	21	37	43	03	15	45	04	19	34	49	04	19	34	49	04	19	34	49	04	19	34	49	04	19	34	49	04
Damaschkestraße	39	23	39	45	05	17	47	06	21	36	51	06	21	36	51	06	21	36	51	06	21	36	51	06	21	36	51	06
HN Wendschleife	40	24	39	46	06	18	48	07	1	37	1	07	1	37	1	07	1	37	1	07	1	37	1	07	1	37	1	07
Ammerpark	25	47	07				49	22	52	22	53	22	53	22	53	22	53	22	53	22	53	22	53	22	53	22	53	22
Abom-Spuckpark																												

- A weiter bis HN-Wendschleife
- B weiter als Linie 7 Kötzingplatz
- C Linie 8 (Gesellen)
- D Linie 9 (Mittelhof)

Fahrpläneklärung

- 12 Stundenwechsel**
Der Bus wechselt hier in die nächste Stunde
- 5 Parallelverkehr**
Um die stochernde Weise auf derselben Route fahren, sind fahrpläne geschicht.
- 8...-19... Stundenlücken**
In diesen Stunden fährt der Bus immer zu denselben Abfahrtsorten.

Umstiegsmöglichkeiten: 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10 → 11 → 12 → 13 → 14 → 15 → 16 → 17 → 18 → 19 → 20 → 21 → 22 → 23 → 24 → 25 → 26 → 27 → 28 → 29 → 30 → 31 → 32 → 33 → 34 → 35 → 36 → 37 → 38 → 39 → 40

Modellbegriff im allgemeinen Lexikon

Modell [italien., zu lat. *modulus* „Maß, Maßstab“], allg. Muster, Vorbild, Entwurf.

▷ Mensch (auch Tier), der (das) als Vorbild für künstler. Studien oder Kunstwerke dient („sitzt“).

▷ in der *Bildhauerei* meist in verkleinerter Form ausgeführter Entwurf einer Plastik oder Tonarbeit, die in Bronze gegossen werden soll. – † Architekturmodell.

▷ in der *Modebranche* Bez. für 1. ein nur einmal oder in eng begrenzter Anzahl hergestelltes Kleidungsstück

▷ im *Sprachgebrauch verschiedener Wiss.* (Philosophie, Naturwiss., Soziologie, Psychologie, Wirtschaftswiss., Politikwiss., Kybernetik u. a.) ein Objekt materieller oder ideeller (Gedanken-M.) Natur, das von einem Subjekt auf der Grundlage einer Struktur-, Funktions- oder Verhaltensanalogie für ein anderes Objekt (*Original*) eingesetzt und genutzt wird, um Aufgaben zu lösen, deren Durchführung unmittelbar am Original selbst nicht möglich bzw. zu aufwendig ist (z. B. Flugzeug-M. im Windkanal). Die **Modellmethode** vollzieht sich in vier Schritten: 1. Auswahl (Herstellung) eines dem [geplanten] Original entsprechenden M.; 2. Bearbeitung des M., um neue Informationen über das M. zu gewinnen (**Modellversuch**; † Ähnlichkeitsgesetz); 3. Schluß auf Informationen über das Original (meist Analogieschluß); ggf. 4. Durchführung der Aufgabe am Original. Infolge der Relationen zw. Subjekt, Original und M. (**Modellsystem**) ist ein M. einsetzbar u. a. zur Gewinnung neuer Informationen über das Original (z. B. Atom-M.), zur Demonstration und Erklärung (z. B. Planetarium), zur Optimierung des Originals (z. B. Netzplan), zur Überprüfung einer Hypothese oder einer techn. Konstruktion (z. B. Laborversuch). – Abweichend von diesem M.begriff versteht die *mathemat. Logik* unter M. eine Interpretation eines Axiomensystems, bei der alle Axiome dieses Systems wahre Aussagen darstellen. Diese **Modelltheorie** liefert grundlegende Verfahren zur Behandlung von Fragen der Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit und Definierbarkeit.

Wissenschaften
einschließlich
Informatik

Quelle: Meyers Neues Lexikon,
in zehn Bänden, Meyers
Lexikonverlag, 1993

mathematische
Logik

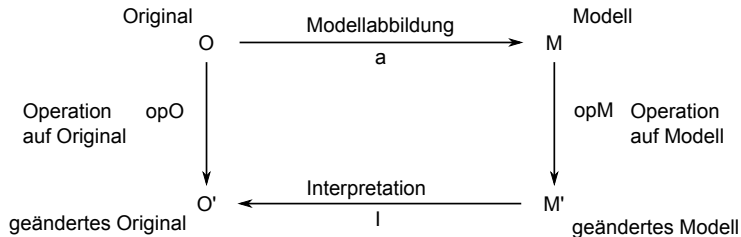
Arbeiten mit Modellen

- Operationen, die man am Original nicht durchführen kann
z. B. neue Flügelform im Windkanal oder in der Computer-Simulation erproben
- Bestimmte Aspekte eines komplexen Gebildes untersuchen und verstehen,
z. B. Geschäftsabläufe in einer Firma
- Verständigung zwischen Auftraggeber und Hersteller des Originals,
z. B. Hausbau, Software-Konstruktion
- Fixieren von Anforderungen für die Herstellung des Originals,
Software: Requirements, Spezifikation

Modell validieren:

Nachweisen, dass die *relevanten Eigenschaften des Originals korrekt und vollständig* im Modell erfasst sind und darüber Einvernehmen herstellen.

Bezug zwischen Original und Modell



Für alle relevanten Operationen muss das Diagramm kommutieren, d.h.

$$opO(O) = I(opM(a(O)))$$

Die Operation auf dem Original entspricht der Interpretation der Operation auf dem Modell.

Deklarative oder operationale Beschreibung

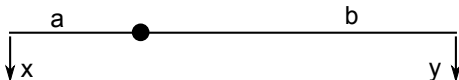
Deklarative Beschreibung des Modells

macht Aussagen über Aspekte des Originals. Aussagen meist allgemein gültig, auf die Aufgabe bezogen, ohne redundante Abläufe.

Operationale Beschreibung des Modells

gibt an, wie sich das Original unter bestimmten Operationen verhält. Häufig nur Beispiele, unvollständig, legt eine Lösung nahe (fest), erzwingt Nachvollziehen von Abläufen

Beispiel Balkenwaage:



deklarativ: Die Waage ist im Gleichgewicht, wenn sich die Gewichte umgekehrt proportional zu den Längen der Balken verhalten: $x * a = y * b$.

operational: Erst lege ich auf den Balken der Länge a ein Gewicht x; dann lege ich auf den Balken der Länge b ein Gewicht $y = x * a / b$; danach ist die Waage wieder im Gleichgewicht.