Modellierung

Prof. Dr. Uwe Kastens

WS 2001/2002

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,
- erste Erfahrungen an **typischen Beispielen** sammeln und
- die für die Methoden **typischen Techniken** erlernen.

Insgesamt sollen sie lernen,

- sich bei der Analyse von Problemen **präzise auszudrücken**,
- die **Scheu vor formalen Kalkülen verlieren** und
- den **praktischen Wert von präzisen Beschreibungen** erkennen.

Durchführung

Zu jedem **Modellierungskalkül** soll(en)

- mit einigen typischen kleinen **Beispielen motivierend eingeführt** werden,

- der **konzeptionelle Kern** des Kalküls vorgestellt werden,

- **Anwendungstechniken und Einsatzgebiete** an Beispielen gezeigt und in den Übungen erfahren werden,

- an einem **durchgehenden Beispiel** größere Zusammenhänge gelernt werden,

- auf **weiterführende Aspekte** des Kalküls, seine Rolle in Informatikgebieten und -vorlesungen sowie auf algorithmische Lösungsverfahren **nur verwiesen** werden,

Inhalt

Thema	Semesterwoche	Abschnitte im Buch
1. Einführung	1	
2. Grundlegende Strukturen		
Wertebereiche	2	Anhang A
Terme, Algebren	3, 4	3.1 - 3.8
3. Logik		
Aussagenlogik	5	4.1
Verifikation von Algorithmen	6	
Prädikatenlogik	7, 8	4.2
4. Graphen	9, 10	2.2
Verbindung, Zuordnung, Anordnung		
5. Modellierung von Strukturen		
Kontextfreie Grammatiken,	11	
Entity-Relationship Modell	12, 13	
6. Modellierung von Abläufen		
endliche Automaten,	14	2.4
Petri-Netze	15	2.5
7. Projekte, Zusammenfassung	16	

Literaturhinweise

elektronisches Vorlesungsmaterial, entsteht schrittweise aus der Version des Vorjahres:

- **U. Kastens: Vorlesung Modellierung WS 2001 / 2002**
  http://www.uni-paderborn.de/cs/ag-kastens/model

zum Nachlernen und Nachschlagen:

- **G. Goos: Vorlesungen über Informatik, Band 1, 3. Auflage, Springer-Lehrbuch, 2000**
- **T. Scheurer: Foundations of Computing, System Development with Set Theory and Logic, Addison-Wesley, 1994**

elektronisches Vorlesungsmaterial aus älteren Jahrgängen:

- **H. Kleine Büning: Vorlesung Modellierung WS 1999 / 2000**
  http://www.uni-paderborn.de/cs/ag-klbue/courses/ws99/modellierung

Weitere Hinweise im Material zur Vorlesung im WWW

Bezüge zu anderen Vorlesungen

Modellierung

Problem verstehen bevor implementieren

Software-Entwicklung

Eigenschaften von D & A formal beschreiben

Datenstrukturen & Algorithmen

Spezifikation von Software-Aufgaben und -Lösungen

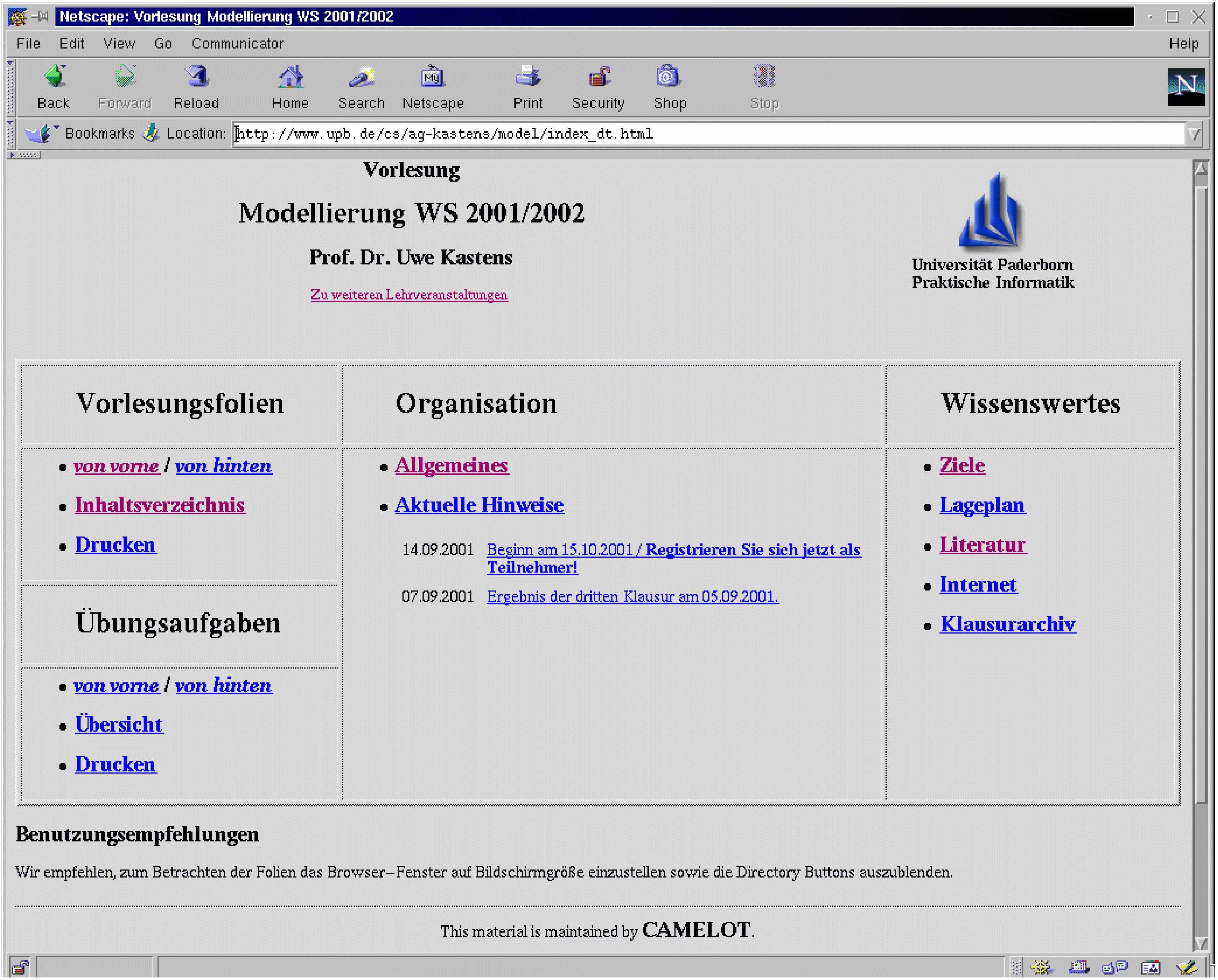
Techniken des Software-Entwurfs

auf grundlegenden Kalkülen aufbauen

Berechenbarkeit & formale Sprachen Algorithmen & Komplexität

Probleme und Aufgaben präzise beschreiben

Elektronisches Skript: Startseite



Elektronisches Skript: Organisation

Veranstalter:

Dozent: Prof. Dr. Uwe Kastens

Sprechstunde:

- `Di 11.00 - 12.00, F2.308`
- `Mi 15.00 - 16.00, F2.308`

Übungsbetreuer:

- Claudia Brak (cbrak@upb.de)
- Kim von Grawert (kim@upb.de)
- Mathias Handorf (hane@upb.de)
- Marc Jesse (jesse@math.upb.de)
- Jochen Kreimer (jotte@upb.de)
- Dinh Khoi Le (le@upb.de)
- Thomas Lücking (luck@upb.de)
- Dominik Niehus (nicke@upb.de)
- Marc Pannenberg (orionite@upb.de)
- Carsten Schmidt (cschmidt@upb.de)
- Björn Schwerdtfeger (strauss@upb.de)
- Eike Schwindt (schwindt@upb.de)
- Sven Walther (karotte@upb.de)

Termine:

Vorlesung:

- `Mo 11.00 - 12.30, AudiMax`
- `Fr 09.00 - 10.30, AudiMax`

Beginn: Montag, 15.10.2001.

Zentralübung:

- `Di 13.00 - 13.45, AudiMax`

Beginn: Dienstag, 30.10.2001.

Elektronisches Skript: Übungstermine

Übungsgruppen:

In den Übungsgruppen werden Aufgaben in Kleingruppen gelöst und Fragen zur Vorlesung und zu den Hausaufgaben besprochen.

Wir bieten wöchentlich an zwölf unterschiedlichen Terminen(*) insgesamt 26 Übungsgruppen an:

- A: Mo 07-09, (01) D1.312,[NN]
- (02) D1.320,[NN]
- (03) D1.328,[NN]
- B: Mo 09-11, (04) J2.130,[NN]
- (05) N3.206,[NN]
- (06) N3.237,[NN]
- C: Mo 16-18, (07) D1.328,[NN]
- (08) E2.304,[NN]
- (09) J2.130,[NN]
- D: Di 11-13, (10) E2.316,[NN]
- (11) N3.206,[NN]
- E: Di 16-18, (12) D1.328,[NN]
- (13) J2.331,[NN]
- (14) N3.206,[NN]
- F: Mi 11-13, (15) J2.130,[NN]
- G: Mi 14-16, (16) N3.206,[NN]
- H: Mi 16-18, (17) N3.206,[NN]
- I: Do 07-09, (18) D1.303,[NN]
- (19) D1.328,[NN]
- (20) D1.338,[NN]
- J: Do 09-11, (21) N3.206,[NN]
- K: Fr 07-09, (22) E2.310,[NN]
- (23) N3.206,[NN]
- L: Fr 14-16, (24) D1.303,[NN]
- (25) E2.304,[NN]
- (26) E2.310,[NN]

Beginn: Montag, 22.10.2001.

Sichern Sie sich Ihren Platz bis Donnerstag, 18.10.2001:
Hierzu *registrieren* Sie sich bitte bei unserer Teilnehmer–Datenbank (siehe unten). Dabei können Sie *zwei Wunschtermine* angeben, zu denen Sie eine Übungsgruppe besuchen möchten. Vor Beginn der Übungen erfahren Sie in Ihrem Teilnehmerkonto, welcher Übungsgruppe Sie *zugeordnet* wurden.

(*) Die Übungen von 7–9 Uhr beginnen nicht vor 7:30 Uhr. Die genaue Anfangszeit jeder Übungsgruppe wird zu Beginn mit dem Tutor und allen Teilnehmern festgelegt.

Teilnehmer:

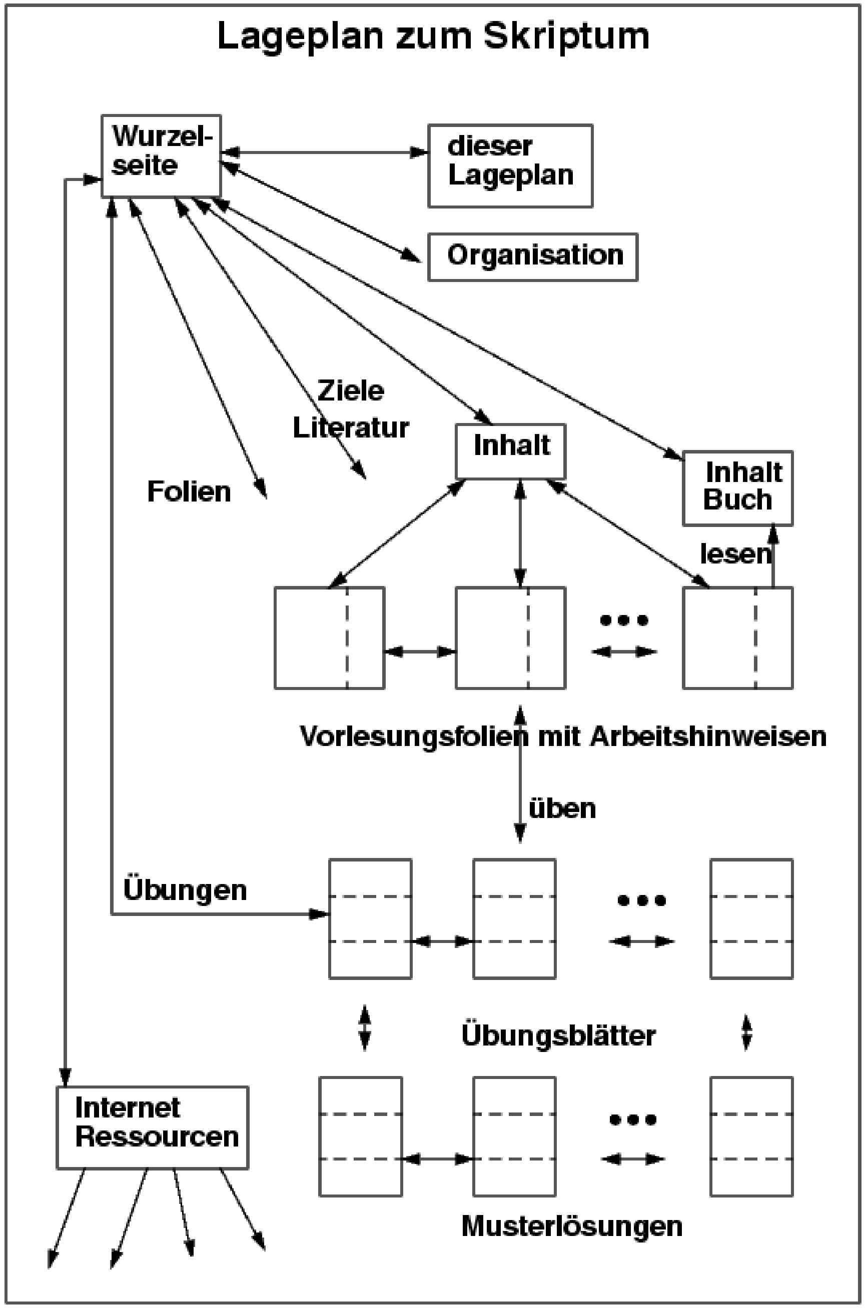
In der Teilnehmer–Datenbank können Sie jederzeit die aktuell über Sie gespeicherten Informationen abrufen:

Mein Konto

Zu Beginn der Veranstaltung müssen Sie sich hier registrieren! Danach können Sie Ihr Teilnehmerkonto benutzen.

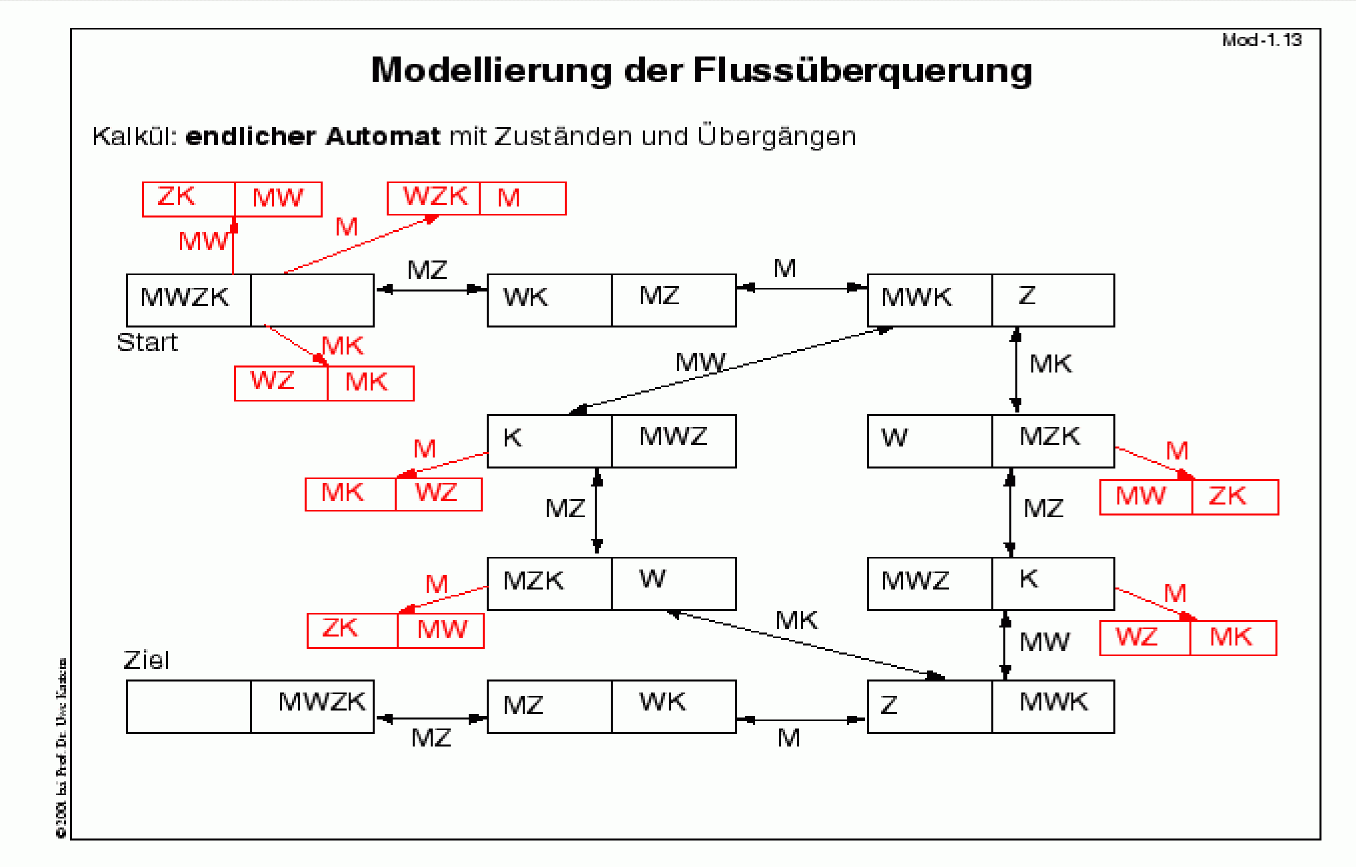
Sie können Ihre persönlichen Informationen, sowie die Zugehörigkeit zu einer Übungsgruppe und Ihre Punkte aus den Hausaufgaben einsehen. Später finden Sie hier die Klausuranmeldung und erfahren Ihr Klausurergebnis.

Elektronisches Skript: Lageplan



Elektronisches Skript: Kommentierte Folien

Vorlesung Modellierung WS 2001/2002 – Folie Nr. 113



Ziele:
Prozess der Modellierung am Beispiel erkennen

in der Vorlesung:
Erläuterungen dazu (siehe auch nächste Folie):

- Bedeutung der Graphik und der Symbole,
- Zustände und Übergänge eines endlichen Automaten (siehe Kap. 8),
- Darstellung als Graph mit Knoten und Kanten (siehe Kap. 6)
- Wertebereiche der Information zu Zuständen (siehe Kap. 2)

Verständnisfragen:

- Prüfen Sie, ob das Modell die Aufgabe korrekt und vollständig beschreibt.

Beispiel: Die 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.

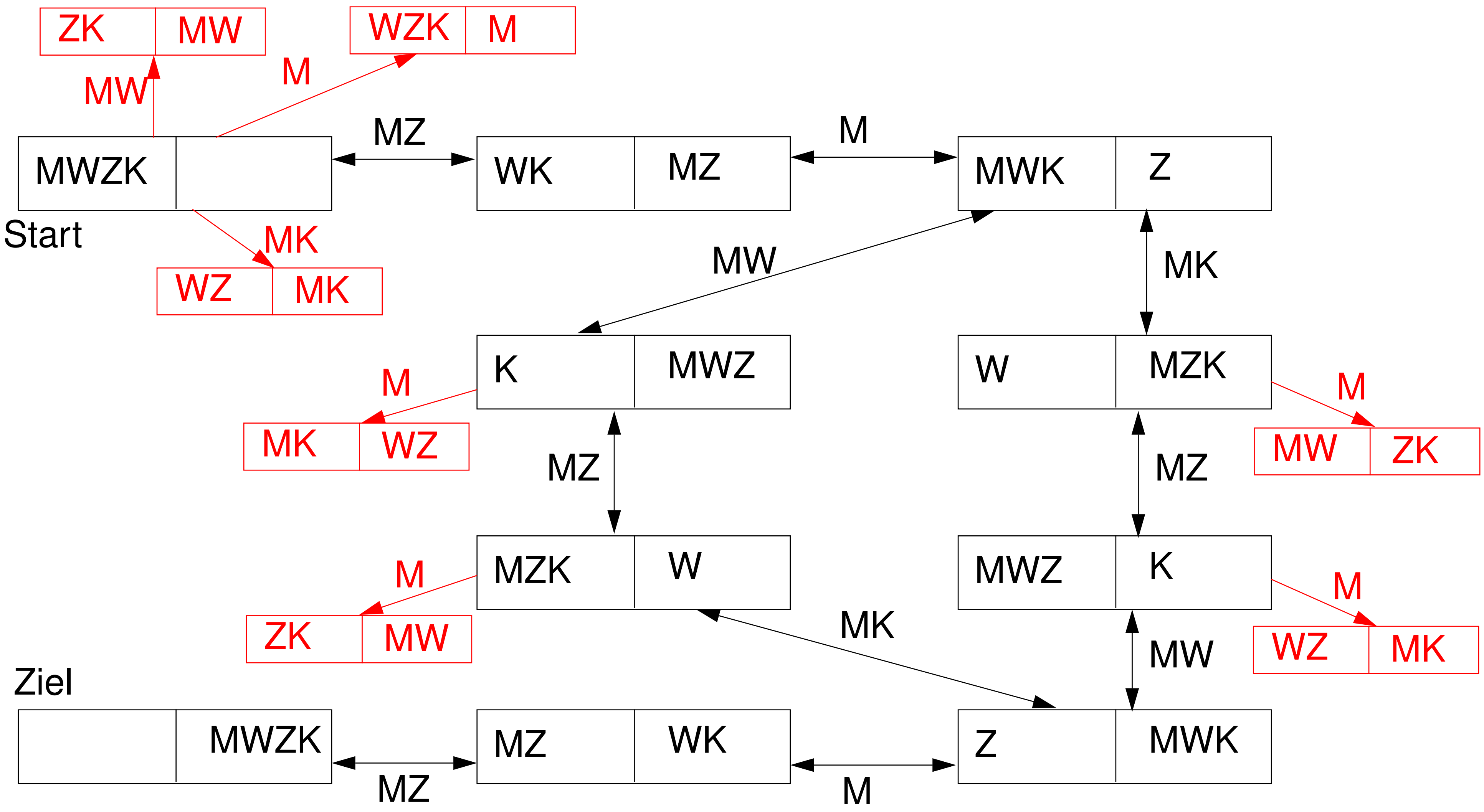
Falls der Mann allerdings den Wolf und die Ziege oder die Ziege und den Kohlkopf unbewacht an einem Ufer zurücklässt, so wird einer gefressen werden.

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

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

Hier liefert die Modellierung die Lösung direkt: Es gibt Wege vom Start zum Ziel.
Meist kann man am Modell Lösungen entwickeln.

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.

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.

Im Rahmen der **Übungen** werden **präzisere Beschreibungen** der Bedienung und der Funktionen des Getränkeautomaten entwickelt.

Im Laufe des Semesters werden wir die jeweils gelernten **Kalküle zur Modellierung des Getränkeautomaten anwenden**. Daran werden wir erkennen, welche Kalküle sich für welche Aspekte gut eignen.

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**

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 *(M.kleid);* 2. die Vorlage für eine Vervielfältigung; 3. svw. Mannequin.

▷ 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;** ↑Ähnlichkeitsgesetze); 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

mathematische Logik

aus
Meyers Neues Lexikon, in zehn Bänden,
Meyers Lexikonverlag, 1993

Modellbegriff im Lexikon der Informatik

Modell (allgemeiner Begriff)

Teilgebiet: Modellierung

model (in general)

Während wir in den Formalwissenschaften wie Mathematik oder Physik einen präzisen Gebrauch des Wortes „Modell" (→ *Gegenstandsraum*) vorfinden, wird das Modell-Denken in den Sozialwissenschaften weitgehend durch einen vagen Gebrauch des Ausdrucks „Modell" gekennzeichnet. Folgende Begriffe, die sich in ihrer Intention oft stark unterscheiden, dürften die gebräuchlichsten Verwendungsweisen sein:

1. *Modell in der mathematischen Logik*
2. Modell als Bezeichnung für Theorien schlechthin
3. Modell als Resultat der Abbildung der Wirklichkeit.

Weitere Klassifizierungskriterien (→ *Klassifizierung*[2]) lassen sich nach dem Zweck, der mit den einzelnen Modellen verfolgt wird angeben (siehe Abb. S. 512).

Modell als Theorie schlechthin (2) findet sich häufig im verbalen Sprachgebrauch der Sozialwissenschaften. Insbesondere jene Teilklassen von Theorien, die mathematisiert, quantifiziert bzw. formalisiert sind, werden allgemein als Modell bezeichnet. Beispiele sind Preismodell, Rentenmodell.

Modelle als Abbild der Realität (3) stellen eine umfangreiche, sehr heterogene Klasse dar. Hierbei bilden die Beschreibungen ohne Verwendung einer Sprache, meist auf ein handliches Maß verkleinerten Nachbildungen eines vorgestellten Originals, die bekannteste Art von Modellen. Diese werden, wie z.B. der Globus, auch als ikonische oder materiale Modelle bezeichnet. *Stübel*

Teilgebiet: Logik

model

Es gibt zwei unterschiedliche Definitionen für Modelle der mathematischen *Logik*:

a) Eine Struktur Σ heißt Modell einer Formelmenge X, wenn jede Formel aus X in Σ gültig ist.

b) Das Paar (I,ζ), bestehend aus einer Interpretation I und einer *Belegung* ζ, heißt Modell einer Formelmenge X, wenn jede Formel aus X bei I und ζ wahr ist.

Für Mengen X von Aussagen, also Formeln ohne freie Variablen, sind beide Definitionen gleichwertig, da dann die Belegung keine Rolle spielt.

Die Modelltheorie beschäftigt sich mit gegenseitigen Beziehungen zwischen Aussagen formalisierter Theorien und mathematischen Strukturen, in denen die Aussagen gelten. *Müller; Stübel*

Modell, abstrakt symbolisches

Teilgebiet: Modellierung

abstract symbolic model

Eine vor allem in der Betriebswirtschaft sehr verbreitete Klasse von Modellen bilden die abstrakt symbolischen Abbilder eines Realitätskomplexes. Dabei kann es sich sowohl um rein verbale Reproduktionen eines Systems handeln als auch um ein künstliches Sprachsystem, das durch zunächst inhaltsleere symbolische Zeichen und syntaktische (→ *Syntax von Programmiersprachen*) Regeln gekennzeichnet ist. *Stübel*

aus
H-J. Schneider: Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung, 3. Aufl., Oldenbourg Verlag, 1991

Zweck des Modells

Der **Verwendungszweck** bestimmt die Art des Modells! z. B.

- Gebäudemodell: optischer Eindruck
- Grundriss: Einteilung des Grundstückes und der Räume
- Kostenplan: Finanzierung
- Gewerkeplan: Bauabwicklung

Nur was **für den Zweck relevant** ist, wird modelliert!

Vollständige Modellierung des Originals ist nicht sinnvoll.

Für den Zweck die jeweils passende Modellierungsmethode (Kalkül) verwenden!

Arbeiten mit dem Modell

- **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

$$\begin{tikzcd}[column sep=huge, row sep=huge]
\begin{array}{c}\textbf{Original}\\ O\end{array} \arrow[r, "\textbf{Modellabbildung}", "a"'] \arrow[d, "\begin{array}{c}\textbf{Operation}\\\textbf{auf Original}\end{array}\ opO"'] & \begin{array}{c}\textbf{Modell}\\ M\end{array} \arrow[d, "opM\ \begin{array}{c}\textbf{Operation}\\\textbf{auf Modell}\end{array}"] \\
\begin{array}{c}O'\\ \textbf{geändertes}\\ \textbf{Original}\end{array} & \begin{array}{c}M'\\ \textbf{geändertes}\\ \textbf{Modell}\end{array} \arrow[l, "\textbf{Interpretation}"', "I"]
\end{tikzcd}$$

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.

Modellierte Aspekte

Ein Modell beschreibt nur bestimmte Aspekte des Originals und seiner Teile:

- **Struktur**, Zusammensetzung des Originals (z. B. Organisationsschema einer Firma)
- **Eigenschaften** von Teilen des Originals (z. B. Farbe und Wert einer Spielkarte)
- **Beziehungen** zwischen Teilen des Originals (z. B. Abhängigkeiten der Gewerke beim Hausbau)
- **Verhalten** des Originals unter Operationen (z. B. Zugfolge bei der Flussüberquerung)

Zur Modellierung bestimmter Aspekte eignen sich bestimmte Methoden und Kalküle:

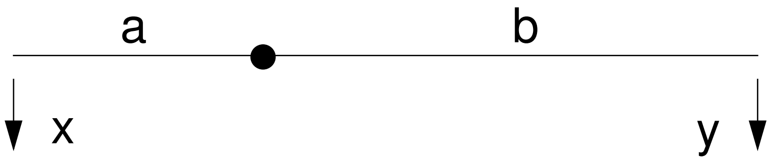
- **Struktur**: Wertebereiche, Entity-Relationship, KFG, Klassifikation, Typen
- **Eigenschaften**: Logik, Relationen
- **Beziehungen**: Graphen, Relationen, Logik, Entity-Relationship
- **Verhalten**: endliche Automaten, Petri-Netze, Algebren, Graphen

Deklarative oder Operationale Beschreibung

Deklarative Beschreibung des Modells
macht Aussagen über Aspekte des Originals.

Operationale Beschreibung des Modells
gibt an, wie sich das Original unter bestimmten Operationen verhält.

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:
Wenn ich auf den Balken der Länge a ein Gewicht x auflege, muss ich auf den Balken der Länge b ein Gewicht y = x * a / b auflegen, damit die Waage im Gleichgewicht ist.

deklarativ:
Aussagen meist allgemein gültig,
auf die Aufgabe bezogen,
ohne redundante Abläufe

operational:
häufig nur Beispiele, unvollständig,
legt eine Lösung nahe (fest),
erzwingt Nachvollziehen von Abläufen