

Martin Glinz

Informatik für Ökonomen II: Modellierung von Informatiksystemen

Wintersemester 2005/06

2. Modelle und Modelltheorie



Universität Zürich
Institut für Informatik



2.1 Der Modellbegriff

Aufgabe 2.1:

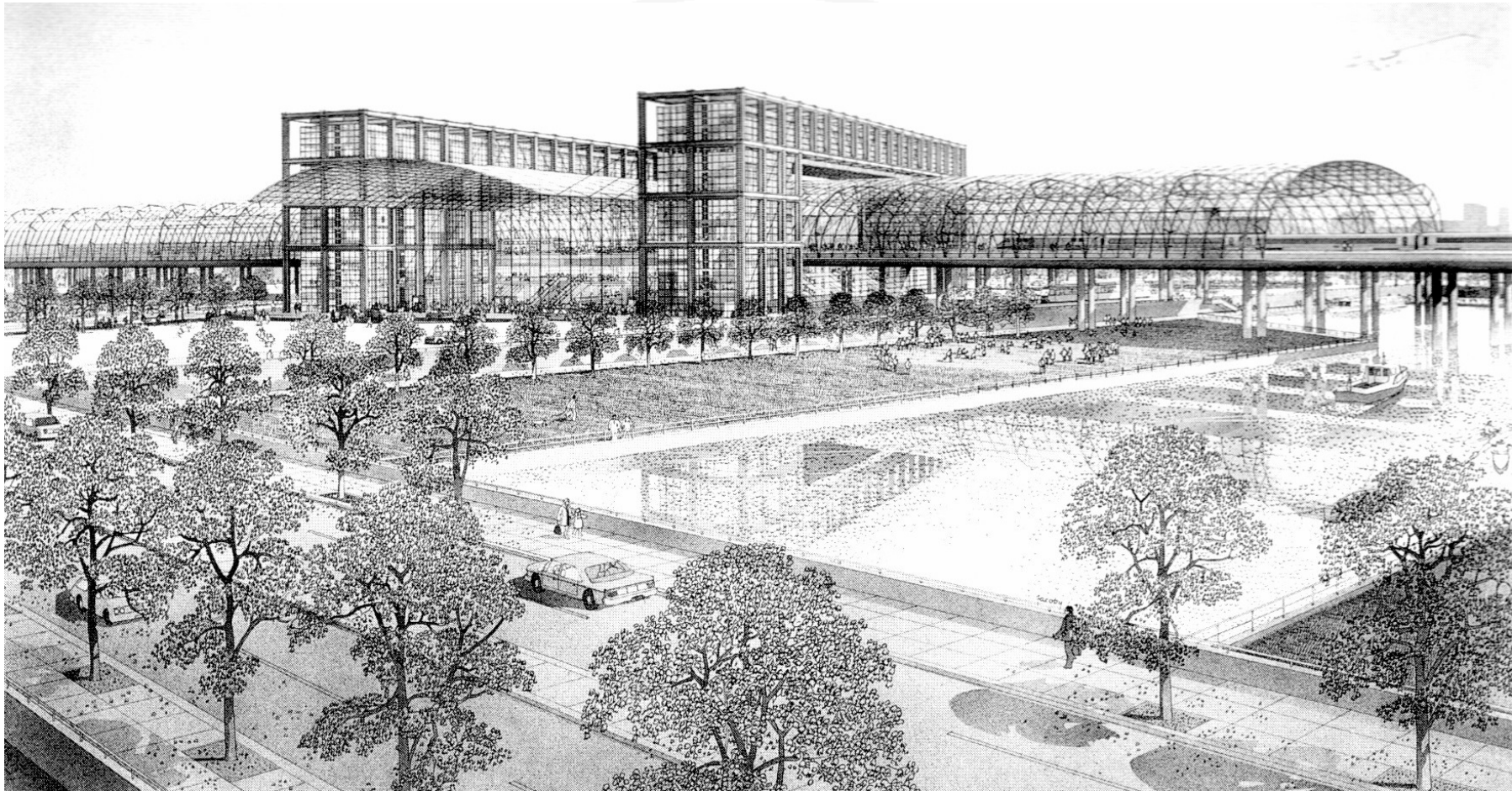
Was verstehen Sie intuitiv unter «Modell»?

Notieren Sie eine oder mehrere Bedeutungen in Stichworten.

Zum Modellbegriff: Ein Abbild



Zum Modellbegriff: Ein Vorbild



Zum Modellbegriff: Modell in der Logik

In der **Mathematischen Logik** gibt es einen sehr speziellen Modellbegriff:

- Eine Menge von Bedingungen, die immer wahr (d.h. erfüllt) sein sollen, wird in der Mathematik ein **Axiomensystem** genannt.
- Jede Menge, welche ein solches Axiomensystem erfüllt, heißt ein **Modell** des Axiomensystems.

Zum Modellbegriff: Modell in der Logik – 2

Beispiel eines Axiomensystems

Für eine Menge Z sollen folgende Bedingungen immer wahr sein:

- Für beliebige i, j aus Z gilt entweder $i < j$ oder $i > j$ oder $i = j$
- Es gibt genau ein Element e aus Z , so dass $e < i$ für alle $i \neq e$ aus Z
- Es gibt eine Funktion N , welche jedem Element i aus Z seinen Nachfolger $N(i)$ so zuordnet, dass gilt
 - (a) $i < N(i)$
 - (b) es gibt kein k aus Z , für das $i < k < N(i)$

Die Menge der **natürlichen Zahlen** ist ein Modell dieses Axiomensystems

Die Menge der **ganzen Zahlen** ist **kein** Modell dieses Axiomensystems

Definition von Modell

1. a Konkretes oder gedankliches **Abbild eines vorhandenen Gebildes**
(ein Schiffsmodell, ein Modell einer Volkswirtschaft)
1. b Konkretes oder gedankliches **Vorbild für ein zu schaffendes Gebilde**
(ein Modell eines geplanten Gebäudes, Musterbriefe für verschiedene Anlässe)
1. c In der mathematischen Logik: **Interpretation einer Menge von Axiomen**, in der alle Axiome wahre Aussagen sind
2. a Person oder Sache als **Gegenstand einer künstlerischen Abbildung**
(„Er stand ihr Modell“)
2. b **Person, welche Modeschöpfungen** vorführt („Sie arbeitet als Fotomodell“)
3. **Typ von etwas** („Dieses Auto ist das neueste Modell“)

vgl. hierzu Stachowiak (1973) p.129 und Duden (1989)

Der wissenschaftliche Modellbegriff

- Konkretes oder gedankliches
 - **Abbild** eines vorhandenen Gebildes
 - **Vorbild** für ein zu schaffendes Gebilde
- Das Gebilde, welches Abbild oder Vorbild ist, wird **Original** genannt
- Jedes Modell ist durch die Wahrnehmung der modellierenden Person(en) geprägt
 - ⇒ Die **Vorstellung** «**Modell = Ausschnitt der Realität**» greift zu kurz («naiver Realismus»)
- Modelle sind **Abbildung und Konstruktion** der Realität

Konsequenzen

- **Nicht wertneutral**

Modell – Konkretes oder gedankliches Abbild eines vorhandenen Gebildes oder Vorbild für ein zu schaffendes Gebilde **in der Wahrnehmung der beteiligten Personen** für einen bestimmten Verwendungszweck

- Größtmögliche **Ähnlichkeit** zwischen Original und Modell **kein Ziel**

- Bewusste Abstraktion und Gestaltung des Modells
- Ausnahme: Anfertigung von Kopien

- **Validierung erforderlich**

Alle **relevanten Eigenschaften** des Originals müssen **adäquat** und **vollständig** auf Eigenschaften des Modells **abgebildet** sein

2.2 Wozu Modelle?

- Verstehen eines Gebildes
- Kommunizieren über ein Gebilde
- Gedankliches Hilfsmittel zum Gestalten, Bewerten oder Kritisieren eines geplanten Gebildes oder von Varianten davon
- Spezifikation von Anforderungen an ein geplantes Gebilde
- Durchführung von Experimenten, die am Original nicht durchgeführt werden sollen, können oder dürfen
- Aufstellen / Prüfen von Hypothesen über beobachtete oder postulierte Phänomene

Modelle sind insbesondere notwendig

- wenn das modellierte Original...
 - nicht beobachtbar ist
 - zu groß oder zu klein ist
 - zu komplex ist
 - nicht zur Verfügung steht
 - noch nicht existiert

- wenn die Arbeit am Original...
 - zu gefährlich,
 - zu teuer,
 - verboten,
 - nicht möglich ist

Aufgabe 2.2:

Überlegen Sie sich für jeden dieser Punkte eine Beispielsituation

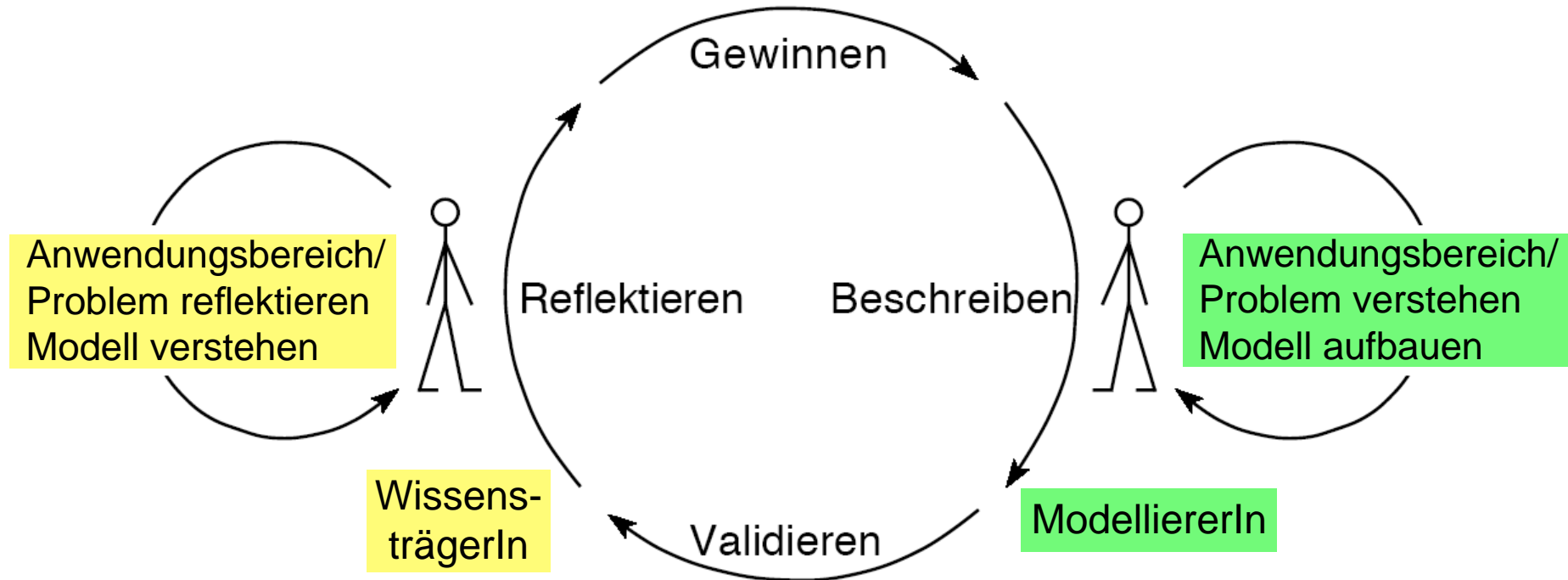
2.3 Modellbildung

- **Modellbildung** – Prozess der Erstellung eines Modells

- Zwei Rollen:
 - **WissensträgerIn** – Person, welche das Wissen über den zu modellierenden Gegenstand bzw. Gegenstandsbereich (das Original im Sinn der Modelltheorie) hat
 - **ModelliererIn** – Person, welche ein Modell erstellt

- In jeder Rolle kann es mehrere reale Personen geben
- Eine Person kann beide Rollen gleichzeitig haben

Prinzipschema der Modellbildung



- Modellbildung ist ein **iterativer** Prozess
- Modellieren bedeutet immer auch **Reflektieren** über das Original – unabhängig ob dieses bereits existiert oder erst zu schaffen ist
- Modellbildung ist auch ein **Verstehens-** und **Konsensbildungsprozess**

Tätigkeiten in der Modellbildung

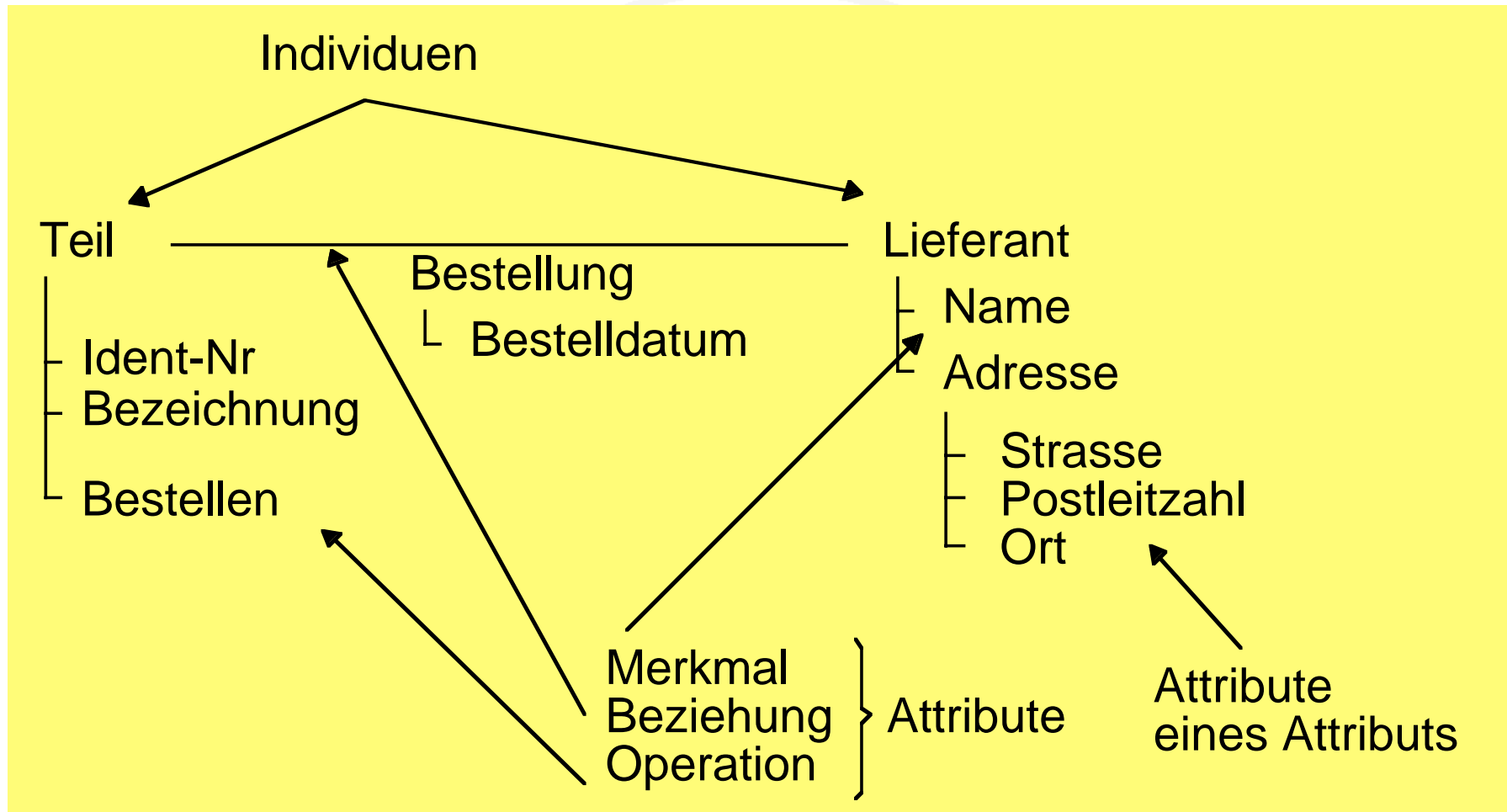
- **Reflektieren** – Überlegen und verstehen, was modelliert werden soll (Pragmatik des Modells, abzubildende/wegzulassende Merkmale, Umfang,...)
- **Gewinnen** – Informationen über das Original und die Intentionen der Wissensträger gewinnen (Diskutieren, lesen, fragen, rückfragen, suchen, analysieren, ...)
- **Beschreiben** – Gewonnene Informationen verstehen, ordnen, strukturieren, bewerten,... und mit geeigneten Mitteln beschreiben
- **Validieren** – Modelle (Zwischenergebnisse und fertiges Modell) durch Wissensträger überprüfen lassen: Ist es das, was sie wollen und brauchen?

2.4 Theoretische Fundierung von Modellen

Betrachtet werden nur Modelle als Abbilder oder Vorbilder (vgl. Kap. 2.1)

- Jedes Modell und jedes modellierte Original wird als Menge von **Individuen** und **Attributen** beschrieben.
 - Ein **Individuum** ist ein individuell erkennbarer, von anderen Individuen eindeutig abgrenzbarer, für sich stehender Gegenstand.
 - **Attribute** sind
 - **Eigenschaften** von Individuen oder von anderen Attributen
 - **Beziehungen** zwischen Individuen oder Attributen
 - **Operationen** auf Individuen oder Attributen.

Beispiel für die Elemente eines Modells



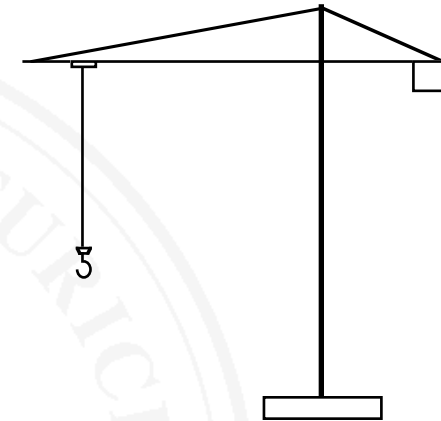
Konstituierende Merkmale eines Modells

- **Abbildungsmerkmal**
Jedes Modell ist **Abbild** oder **Vorbild**
- **Verkürzungsmerkmal**
Jedes Modell **abstrahiert**
- **Pragmatisches Merkmal**
Jedes Modell wird im Hinblick auf einen **Verwendungszweck** geschaffen
(Stachowiak 1973)
- Manchmal werden Modelle als **Abstraktion eines Ausschnitts der Realität** definiert (z.B. Hansen und Neumann (2005), p. 174)
- ⇒ Diese Definition greift zu kurz und **erfasst nur eine Facette** des Modellbegriffs

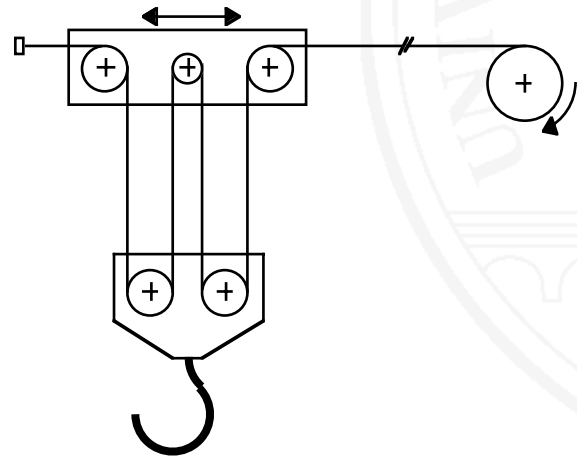
Das Abbildungsmerkmal – 1

„Ein Kran“

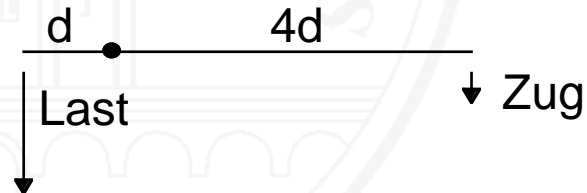
a. Original



b. Ein Modell eines Krans

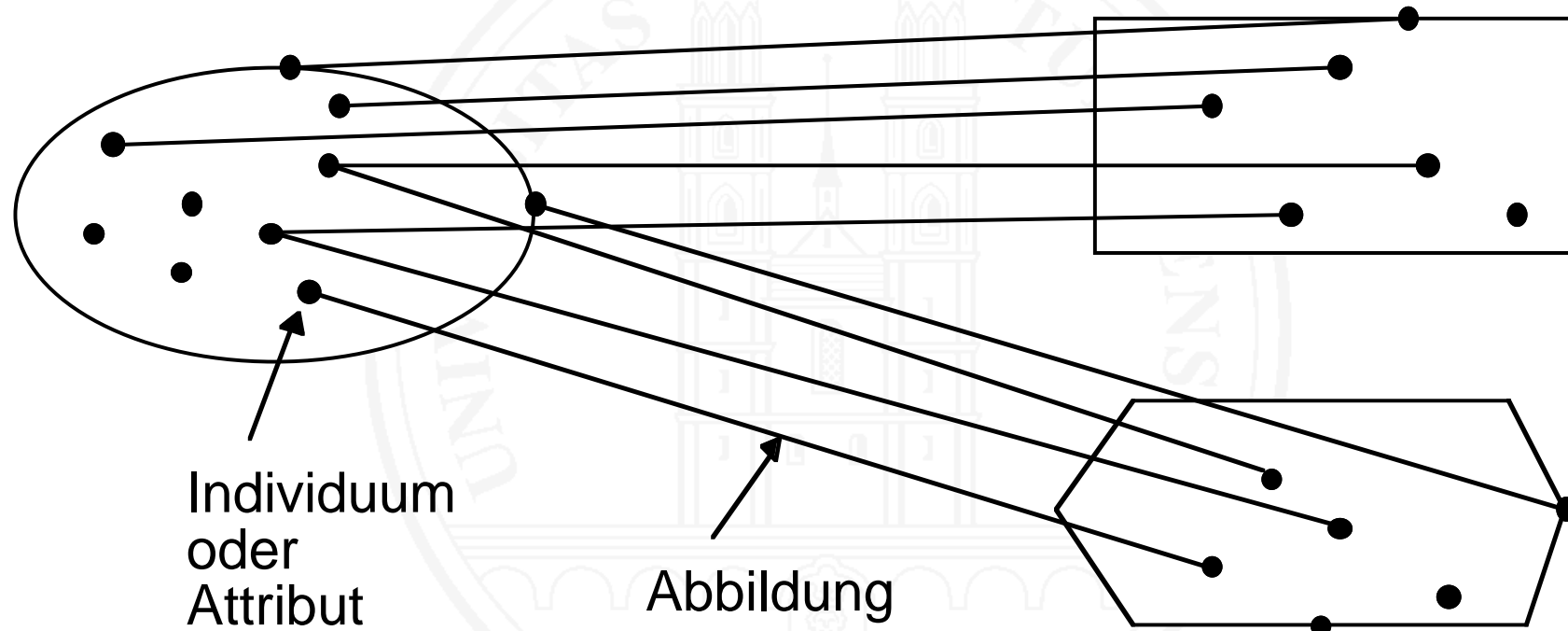


c. Ein anderes Modell eines Krans



d. Ein Modell des Modells c.

Das Abbildungsmerkmal – 2



Das Abbildungsmerkmal – 3

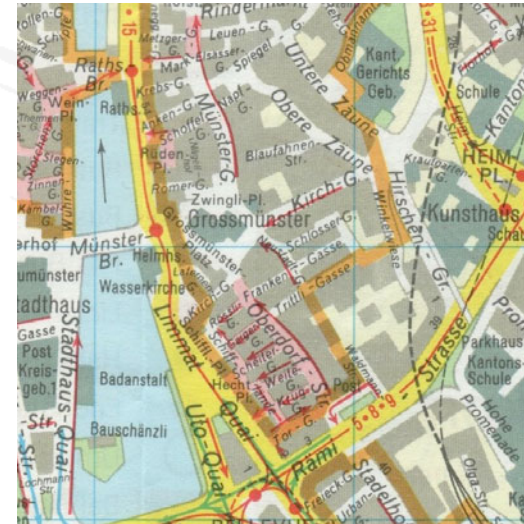
- Modelle sind Abbilder oder Vorbilder eines vorhandenen oder zu schaffenden Originals
- Zu jedem Modell gehört eine **Abbildung**, welche die Individuen und Attribute des Originals auf diejenigen des Modells abbildet
- Das **Original** kann selbst wieder ein **Modell** sein
- Es kann **verschiedene Modelle** des **selben Originals** geben

Das Verkürzungsmerkmal – 1

Original



Modell



- Modelle erfassen meistens nicht alle Individuen und Attribute des Originals
- Es wird nur das modelliert, was den Modellschaffenden wichtig/nützlich/notwendig erscheint
- Das Modell kann Individuen und Attribute enthalten, die keine Entsprechung im Original haben

Das Verkürzungsmerkmal – 2

“A message to mapmakers: highways are not painted red, rivers don't have county lines running down the middle, and you can't see contour lines on a mountain.”

William Kent (1978)

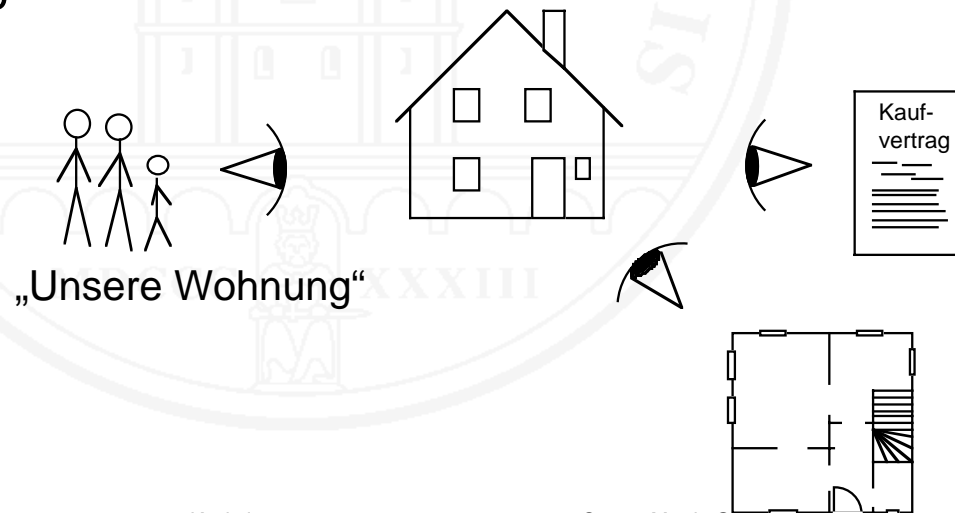
Aufgabe 2.3:

Warum hat es auf topographischen Karten Höhenlinien?



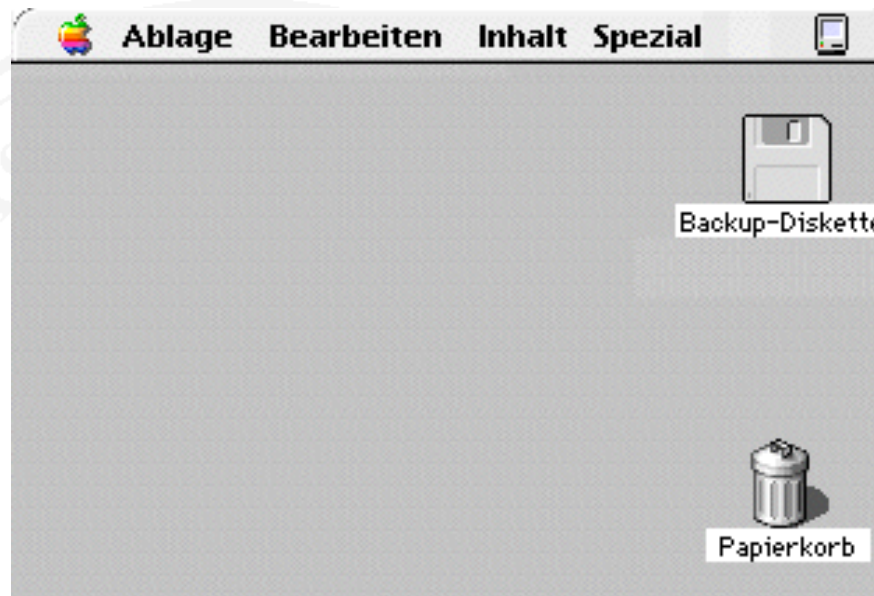
Das pragmatische Merkmal

- Original und Modell(e) sind einander nicht aus sich selbst heraus zugeordnet.
- Jedes Modell ist für einen spezifischen Zeitraum und Verwendungszweck geschaffen
- Es gibt keine a priori richtigen oder falschen Modelle
- Es dürfen keine Modellattribute ausgewertet werden, die keine Entsprechung im Original haben.



Aufgabe 2.4

Gegeben ist folgendes Modell einer Diskette:



Notieren Sie in Stichworten zu dieser Modellbildung:

- (1) Welche Attribute des Originals entsprechen welchen Modellattributen?
- (2) Welche Attribute des Originals sind nicht modelliert?
- (3) Welche Attribute des Modells gibt es im Original nicht?
- (4) Mit welcher Pragmatik wurde dieses Modell erstellt?

2.5 Sprache und Modell

- Modelle, welche nicht aus einem konkreten Material bestehen, benötigen eine **Sprache**, in der sie ausgedrückt werden können
 - Sprache: strukturierte Menge von **Zeichen** und die damit bezeichnete **begriffliche Vorstellung**
 - Zeichen: Laute, Schrift, Symbole, Gebärden,...
 - Modelle: in der Regel mit Schrift und Symbolen ausgedrückt: **Notation**
- Notation** – System von **Schrift- und Symbolzeichen** zur Darstellung eines Modells
- **Explizite Zuordnung** von begrifflicher Vorstellung und Notation
 - Meist **mehrere Notationen** zur gleichen begrifflichen Vorstellung

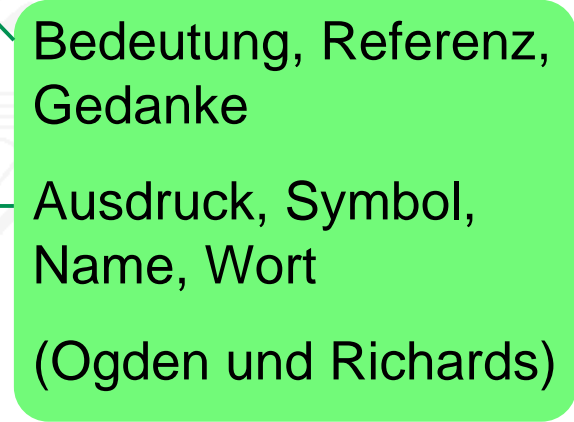
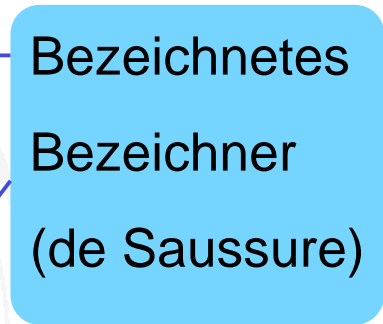
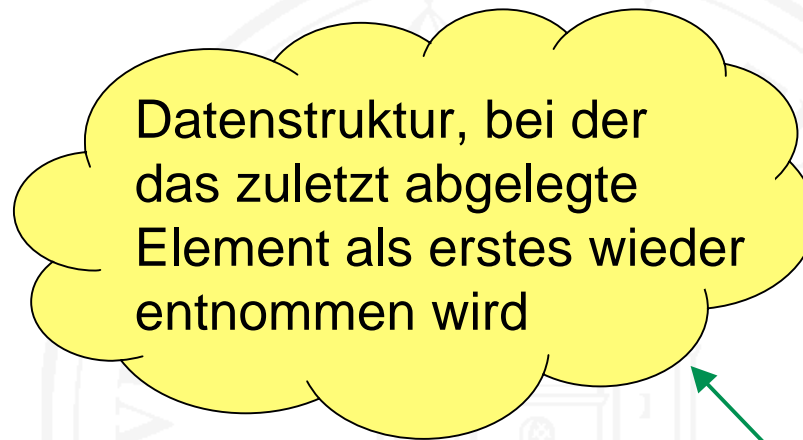
Beispiel

Sprachelement:

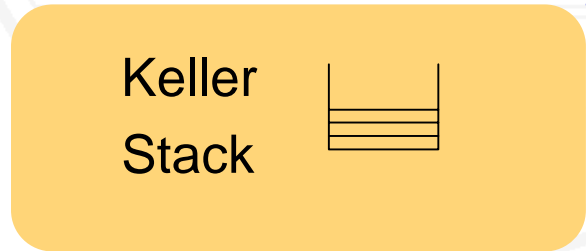
Beispiel:

In der Sprach- und Zeichentheorie:

Begriffliche Vorstellung

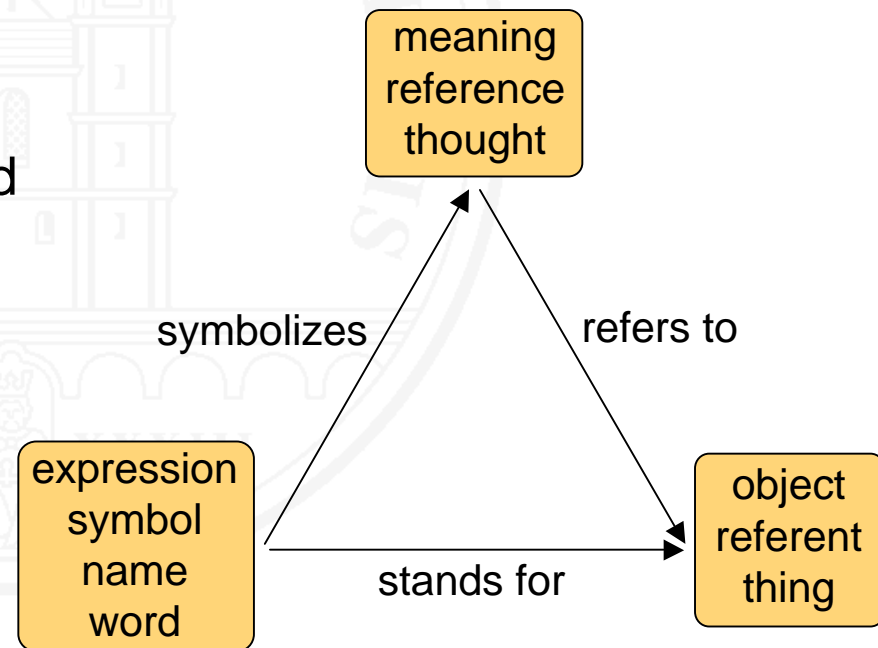


Notation



Exkurs in die Sprach- und Zeichentheorie

- In jeder Sprache sind
 - **Bezeichner** (Schrift- bzw. Klangbild, Symbol) und
 - **Bezeichnetes** (begriffliche Vorstellung)einander explizit (im Prinzip willkürlich) zugeordnet (de Saussure 1916)
- Sprache kann (aber muss nicht!) Dinge der Realität bezeichnen
- **Semiotisches Dreieck** (Ogden und Richards 1923):



Notation und Bedeutungen

- Wenn zwei Partner (Menschen oder Maschinen) kommunizieren, so tauschen sie eine Menge von Zeichen aus
- Erfolgreiche Kommunikation erfordert die Festlegung von
 - Notation
 - gemeinsamer **Zeichenvorrats**
 - Regeln für die Bildung von Zeichenstrukturen (**Syntax**)
 - Bedeutung der Zeichen, d.h. der ihnen zugeordneten begrifflichen Vorstellung (**Semantik**)
- Erfordert v.a. in Fachsprachen explizite Bedeutungsdefinitionen
 - ⇒ **Ontologien**

Ontologie – explizite Bedeutungsdefinitions-Systeme

Ontologie (ontology) –

In der Informatik: die **konzeptuelle Formalisierung** von Wissensbereichen

[Allgemein: die Lehre vom Sein]

- Ontologien sind **formale Modelle einer Anwendungsdomäne**, die dazu dienen, den Austausch und das Teilen von Wissen zu erleichtern
- Damit Menschen über ein **Modell kommunizieren** können, benötigen sie eine **gemeinsame Ontologie** des Anwendungs- und Wissensbereichs, der dem Modell zu Grunde liegt

Beispiel

Anwendungsbereich: **Linienflüge**

Bezeichnetes, begriffliche Vorstellung: **Der für einen Flugschein zu zahlende Betrag**

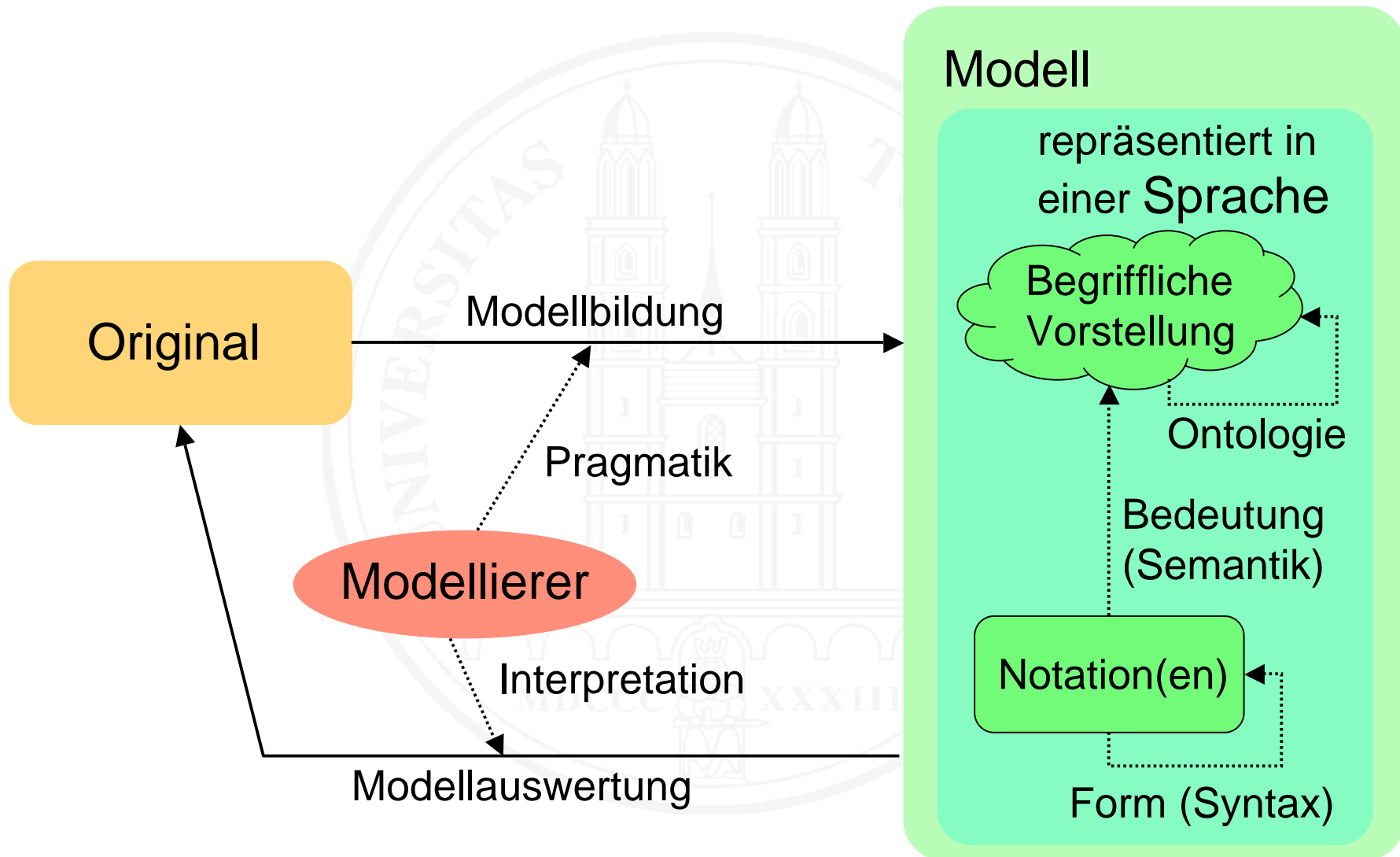
Bezeichner: **Preis**

- ⇒ Nur mit einer Ontologie, welche die Begrifflichkeit von «Preis» exakt bestimmt, werden Angebote verschiedener Fluggesellschaften vergleichbar

Aufgabe 2.3:

Nennen Sie Beispiele möglicher unterschiedlicher Auffassungen von «Preis»

Zusammenhang von Original, Modell und Sprache



Beispiel

Original

Die Beschäftigten im Verkauf der Firma AGP sind Peter Muster, Anna Maier, Fritz Mann und Eva Schütz

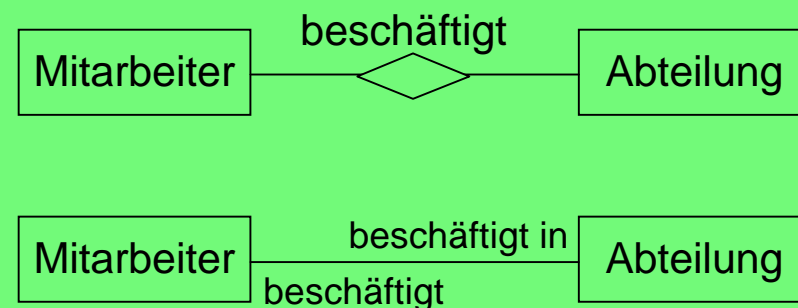
Begriffliche Vorstellung

«Mitarbeiter ist beschäftigt in Abteilung»

Modell

(repräsentiert in einer Sprache)

Notationen

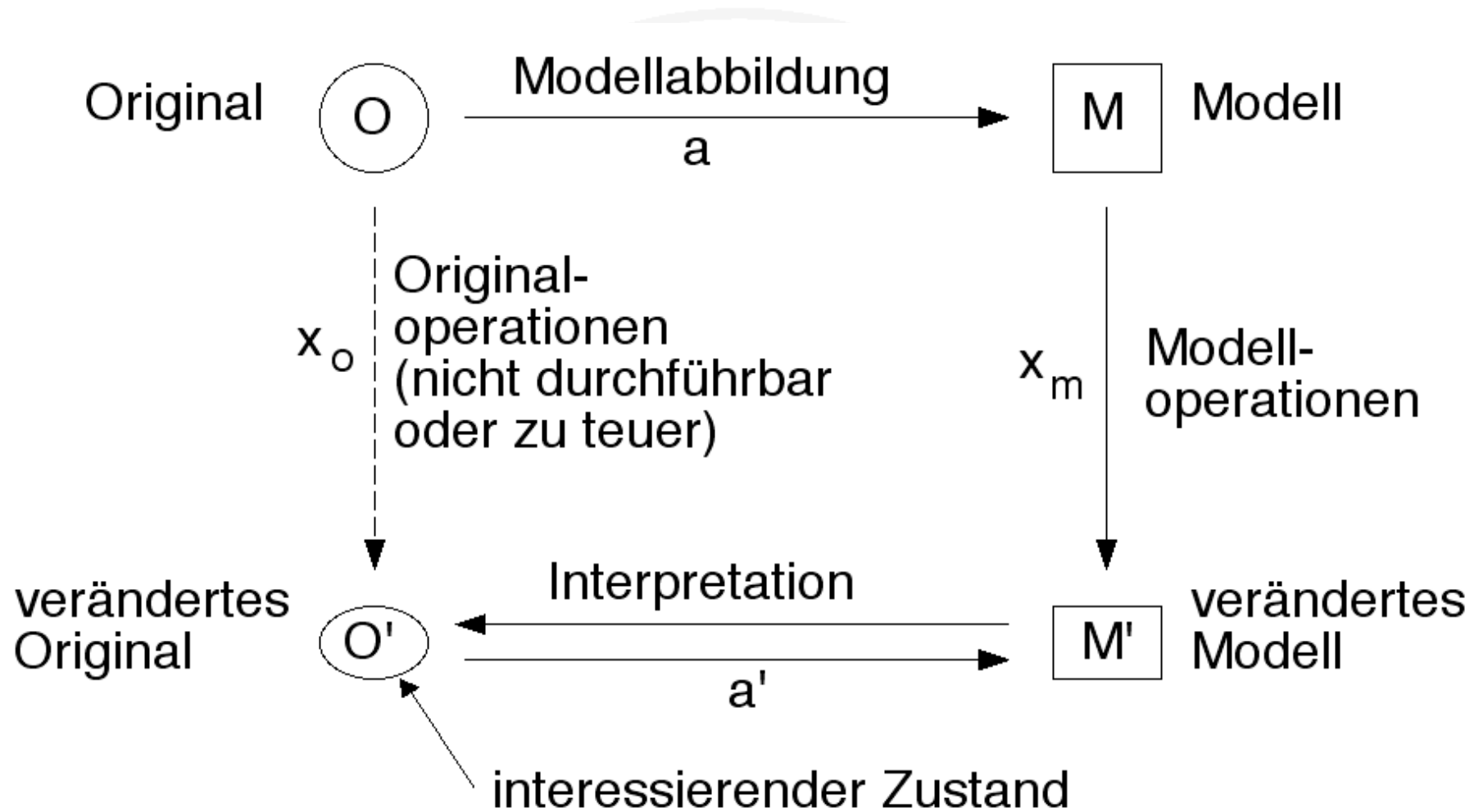


2.6 Operationen auf Modellen

- Problem: Operationen auf Originalen sind manchmal
 - nicht durchführbar oder
 - zu teuer
- ⇒ Operationen auf Modellen:
Aus dem resultierenden Modellzustand Rückschlüsse ziehen, wie sich das Original unter den gleichen Operationen verändert hätte

Beispiel: Wirkung des Zusammenstoßes zweier Fahrzeuge auf menschenähnliche Puppen in diesen Fahrzeugen
- Vorsicht: Nur solche Modelloperationen sind zulässig,
 - zu denen es eine entsprechende Operation auf dem Original gibt
 - deren resultierende Attribute auf entsprechende Attribute des Originals abbildbar sind

Operationen auf Modellen – 2



2.7 Deskriptive und präskriptive Modellbildung

- Modellierung eines **existierenden** Originals
oder
- Modellierung eines **zukünftigen**, aber **nicht gestaltbaren** Originals
- ⇒ **Deskriptive** Modellbildung
Beispiele: Stadtplan, Wettervorhersage, Komponentenstruktur eines im Einsatz befindlichen Informatiksystems
- Modellierung eines zu **schaffenden**, **gestaltbaren** Originals
- ⇒ **Präskriptive** Modellbildung
- ⇒ Beispiele: Konstruktionszeichnung, Anforderungsspezifikation für zu entwickelnde Software

Deskriptive und präskriptive Modellbildung – 2

- Deskriptive Modellbildung muss sich **streng an der Realität orientieren**
- Präskriptive Modellbildung darf **zukünftige Realität gestalten**

- Deskriptiv und präskriptiv sind Eigenschaften der **Modellbildung**, nicht der Modelle selbst:
dasselbe Modell kann deskriptiv bezüglich eines Originals und präskriptiv bezüglich eines anderen Originals sein

Aufgabe 2.4:

Begründen Sie diese Aussagen an Hand von Beispielen

Deskriptive und präskriptive Modellbildung – 3

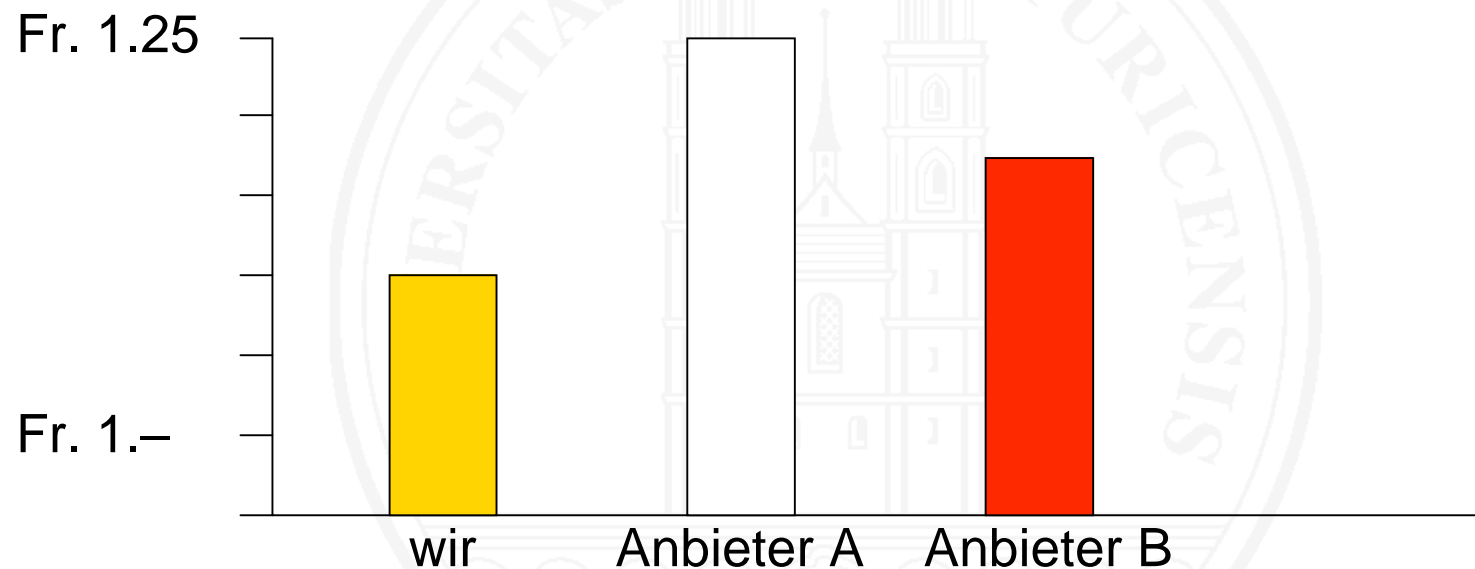
- Vorsicht: auch deskriptive Modellbildung ist nicht wertfrei:
 - zu Grunde liegende Pragmatik
 - gezielte Verkürzung
 - gezielte Wahl der Notation
 - In Werbung und Propaganda häufig anzutreffen

Beispiel: Politische Propaganda

- Eine politische Partei modelliert die Erwerbsquote in der Schweiz deskriptiv wie folgt:
 - 1972: 58,9% der Ausländer sind erwerbstätig
 - 2000: 59,2% der Ausländer sind erwerbstätig
- Die Erwerbsquote der Schweizer ist dabei dem Verkürzungsmerkmal zum Opfer gefallen:
 - 1972: 46,2% der Schweizer sind erwerbstätig
 - 2000: 54,7% der Schweizer sind erwerbstätig
- ⇒ Der erwünschte Propagandaeffekt entsteht durch geeignetes Auswählen bzw. Weglassen von Attributen des Originals bei der Modellbildung

Beispiel: Werbung

Eine Telefongesellschaft modelliert die eigenen Preise und die der Konkurrenz deskriptiv wie folgt:



Aufgabe 2.5:

Was schließen Sie intuitiv aus diesem Modell?

2.8 Philosophische und ethische Aspekte

Was sind Originale?

- Existieren Dinge a priori und objektiv?
- Existiert nur, was erkennbar ist?
- Gibt es objektive Erkenntnis?

- ⇒ Erkenntnis ist intersubjektiv
- ⇒ Erkenntnis ist Modellbildung

Verantwortung, Modelle und Realität

- Modelle in der Informatik beschreiben Gegenstände und/oder Prozesse eines in der Regel realen Problembereichs
- Jedes Modell stellt das Original aus einer bestimmten Sicht heraus dar und **verändert** damit die Wahrnehmung des Originals
- Das gemäß einem Modell konstruierte System wird durch seinen Einsatz selbst ein **Teil der Realität** und **beeinflusst/verändert** den modellierten Problembereich
- ⇒ Modellierung ist ein Stück weit **Realitätskonstruktion**
- ⇒ Die Erstellung von Modellen ist **keine wertfreie Tätigkeit**
- ⇒ Alle Beteiligten tragen die **Verantwortung** für die durch das Modell bewirkten Interpretationen und Veränderungen des Originals

Literatur

De Saussure, F. (1916). *Cours de linguistique générale* (Herausgegeben von C. Bally und A. Sechehaye unter Mitarbeit von A. Riedlinger). Lausanne-Paris: Payot.

Duden (1989). *Duden Deutsches Universalwörterbuch*. 2. Auflage. Mannheim, Wien, Zürich: Dudenverlag.

Ludewig, J. (2003). Models in Software Engineering – An Introduction. *Software and Systems Modeling* **2**, 1.

Kent, W. (1978). *Data and Reality*. Amsterdam etc.: North-Holland.

Mädche, A., Staab, S., Studer, R. (2001). Ontologien. *Wirtschaftsinformatik* **43**, 4 (August 2001). 393-396.

Ogden, C. K. & Richards, I.A. (1923). *The Meaning of Meaning. A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*. London: Routledge & Kegan Paul.

Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer.

Wedekind, H., G. Görz, R. Kötter, R. Inhetveen (1998). Modellierung, Simulation, Visualisierung: Zu aktuellen Aufgaben der Informatik. *Informatik-Spektrum* **21**, 5 (Okt. 1998). 265-272.