

Martin Glinz

# Informatik für Ökonomen II: Modellierung von Informatiksystemen

## 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 – 1

---



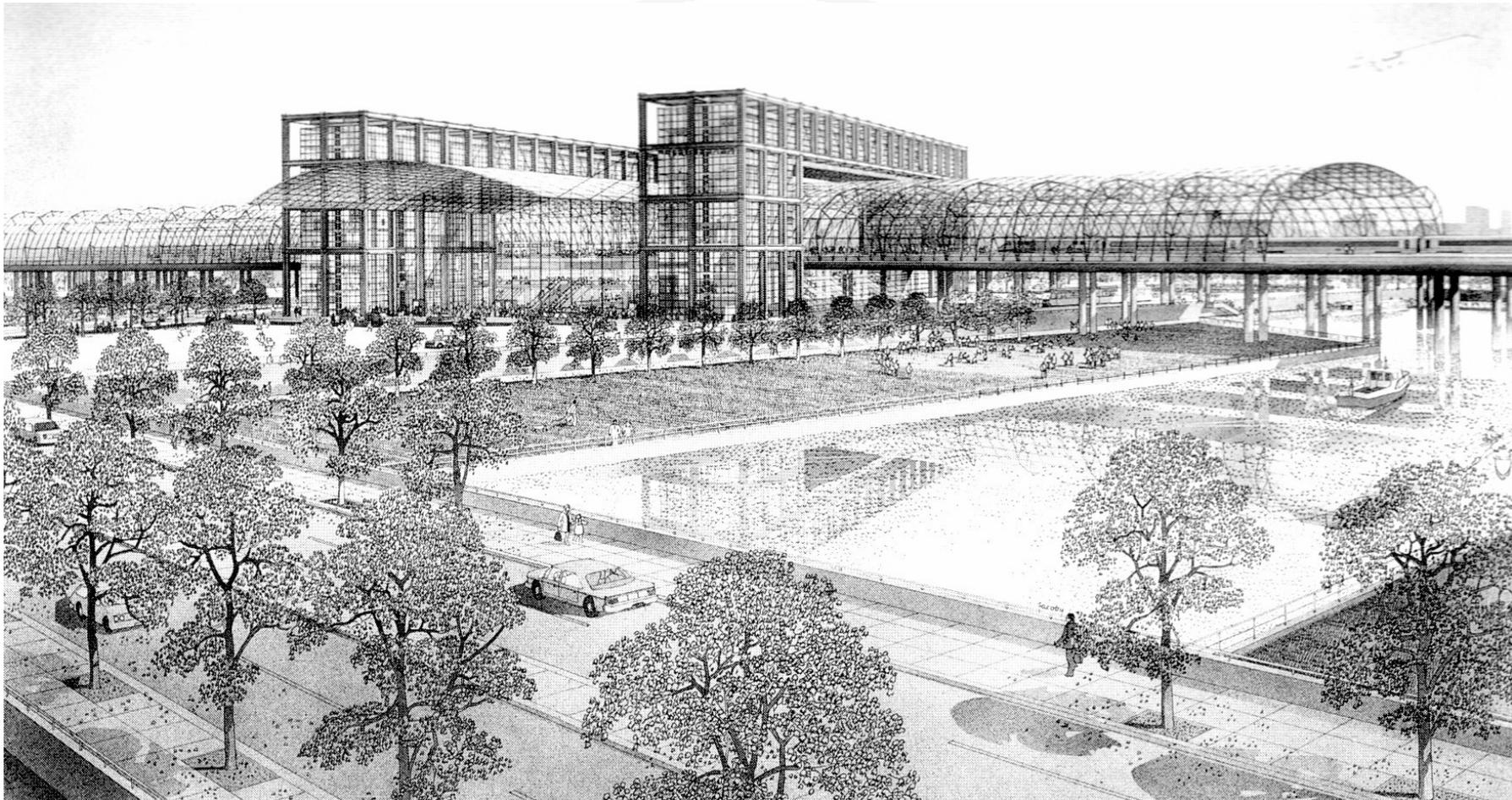
# Zum Modellbegriff – 2.1

---



# Zum Modellbegriff – 2.2

---



# Zum Modellbegriff – 2.3

---



# Zum Modellbegriff – 2.4

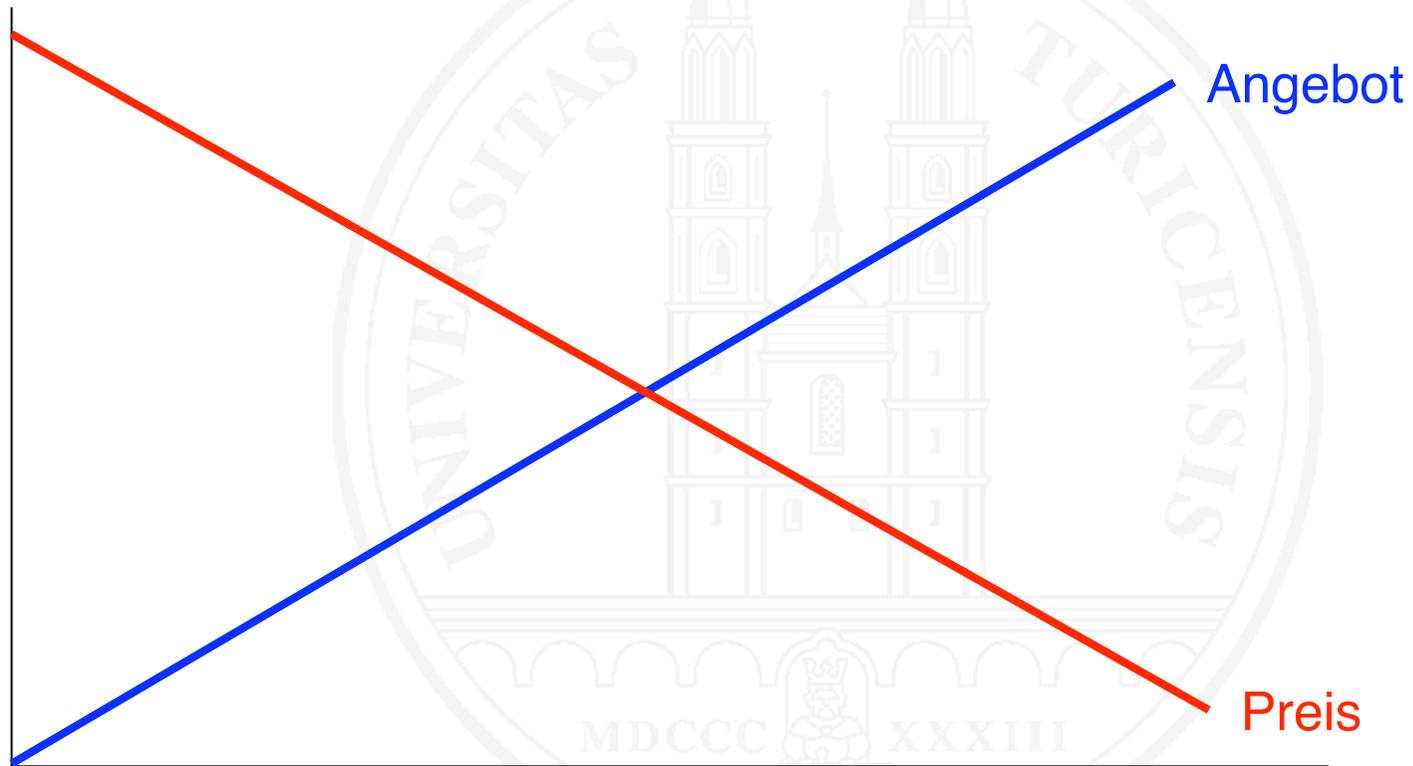
---



# Zum Modellbegriff – 3

---

Ein einfaches volkswirtschaftliches Modell



Reduktion auf das Wesentliche: **Abstraktion**

# Zum Modellbegriff – 4



Informatik für Ökonomen II: Modellierung von Informatiksystemen

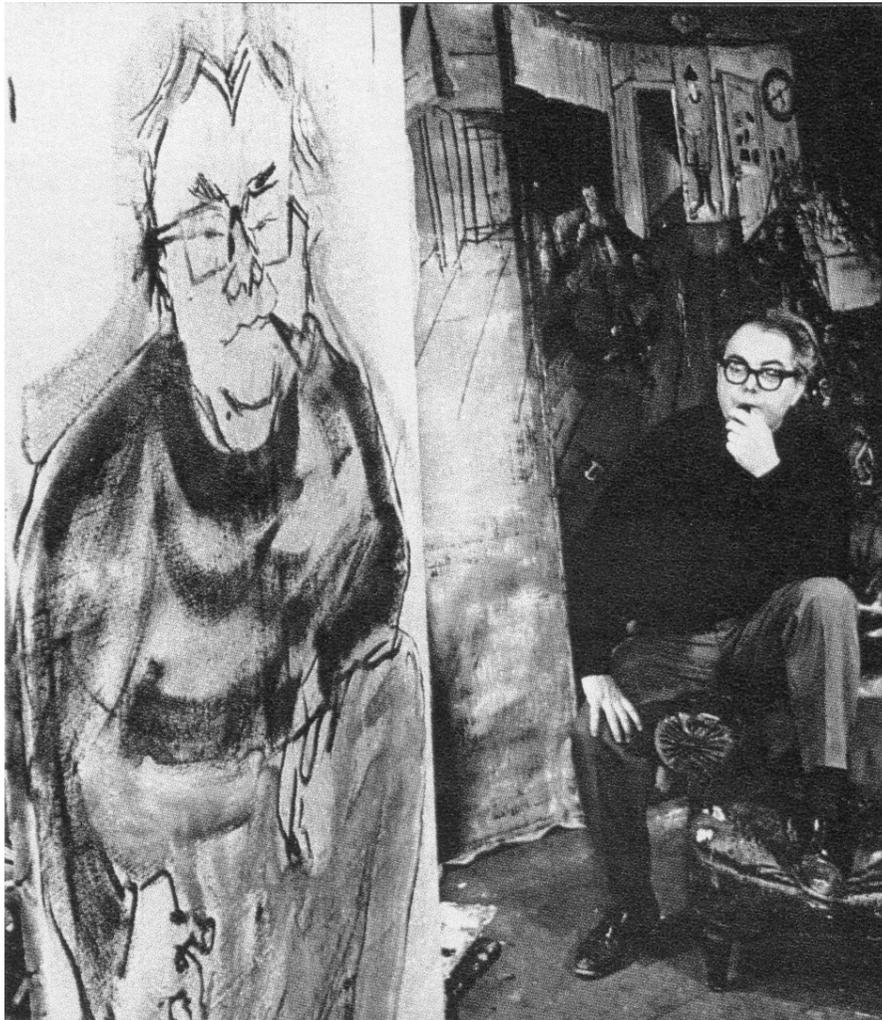


Kapitel 2

© 2005 Martin Glinz

# Zum Modellbegriff – 5

---



# Zum Modellbegriff – 6.1

---

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 – 6.2

---

## 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

# Zum Modellbegriff – 7

---



# 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
- Immer mit **Abstraktion** verbunden
- 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

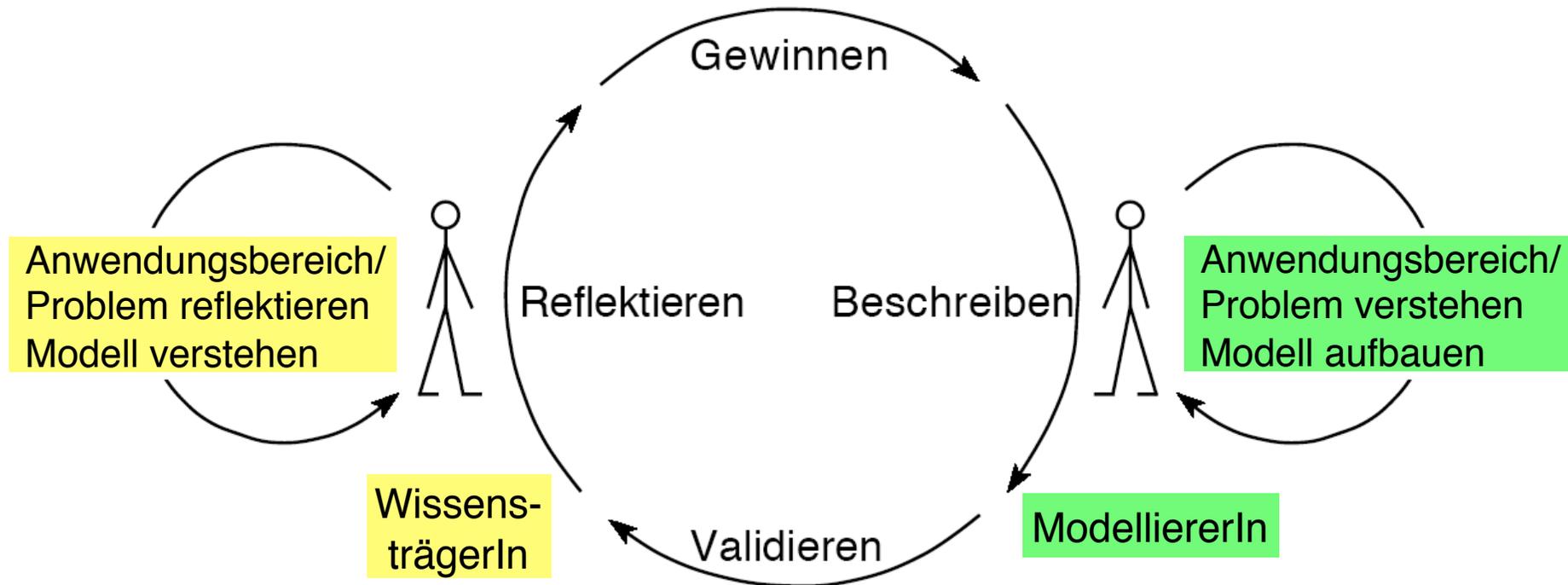
## 2.3 Modellbildung

---

- **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?

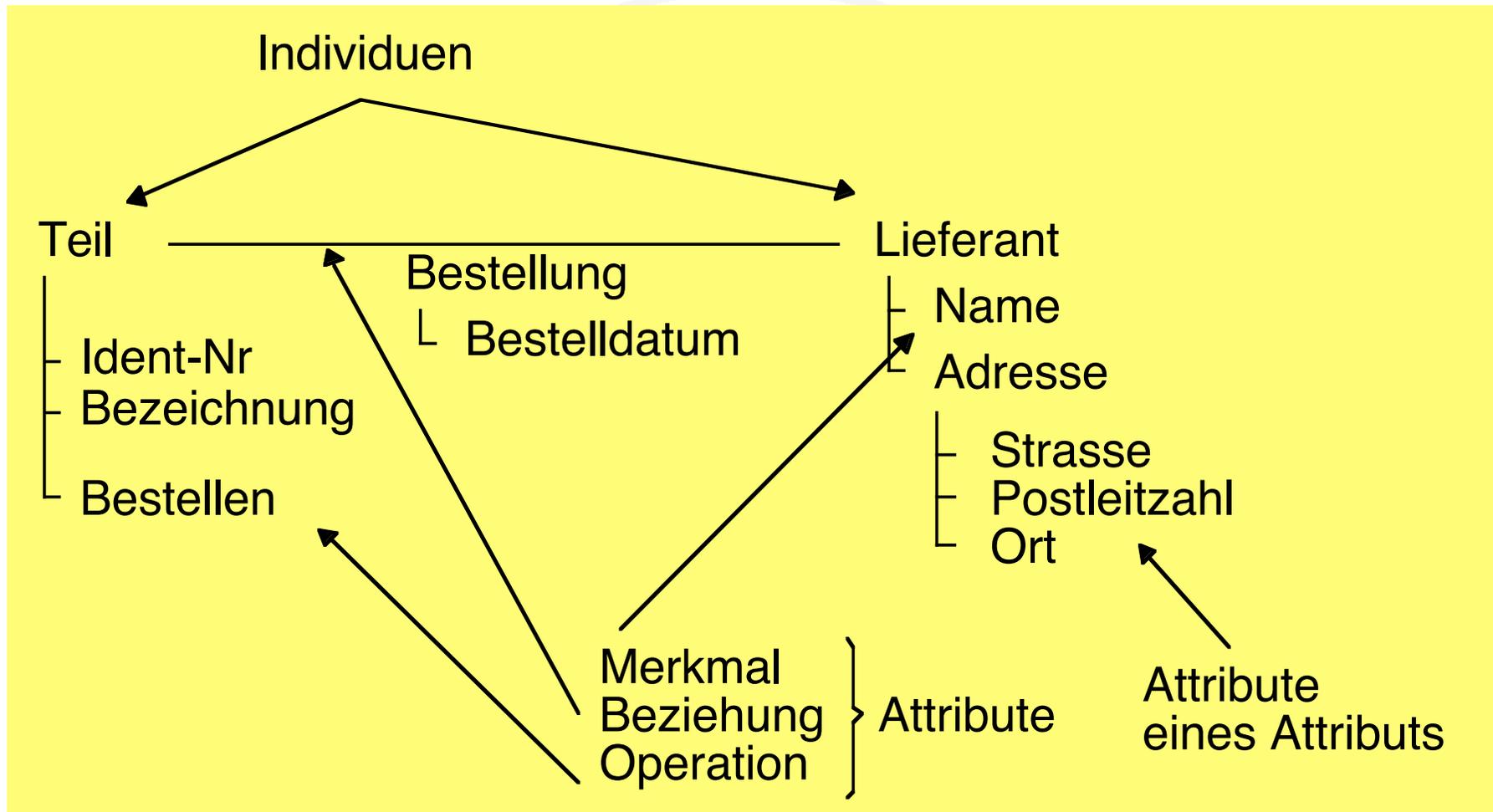
## 2.4 Theoretische Fundierung von Modellen

---

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

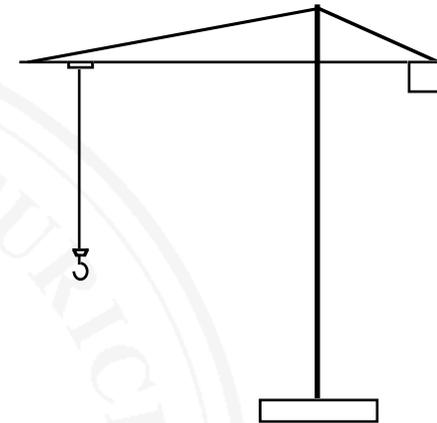
---

- **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

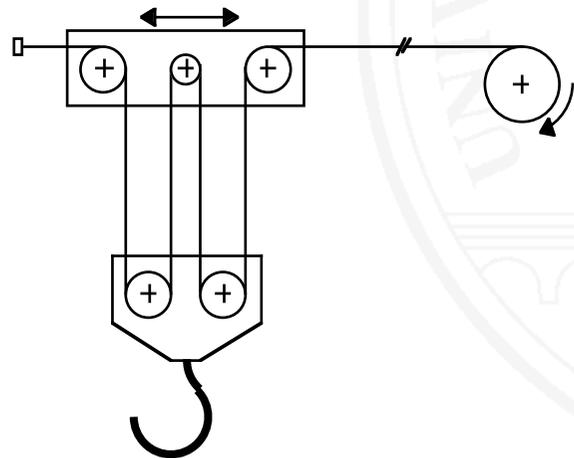
# Das Abbildungsmerkmal – 1

!Ein Kran“

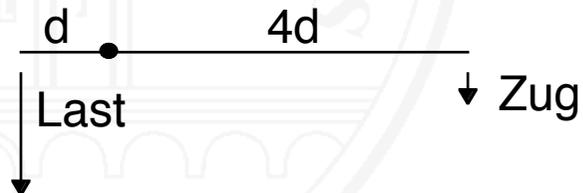
a. Original



b. Ein Modell eines Krans



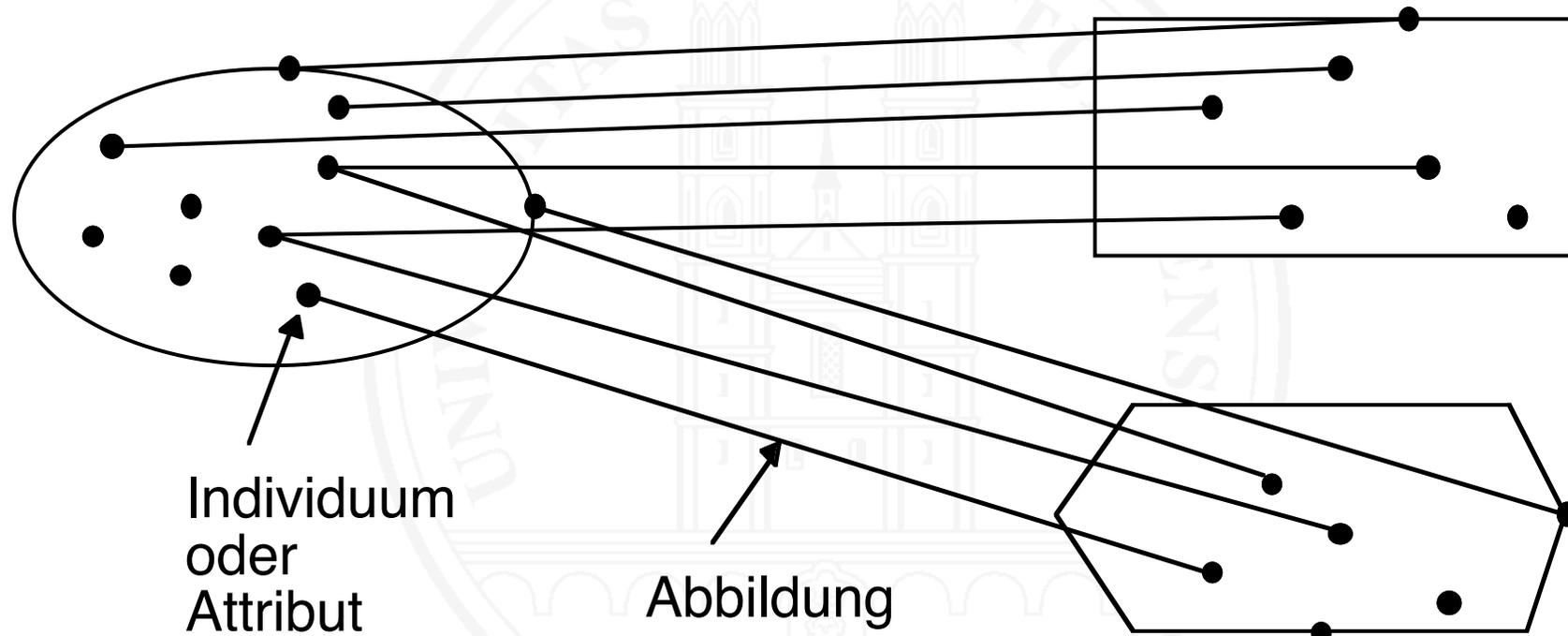
c. Ein anderes Modell eines Krans



d. Ein Modell des Modells c.

# Das Abbildungsmerkmal – 2

---



# Das Abbildungsmerkmal – 3

---

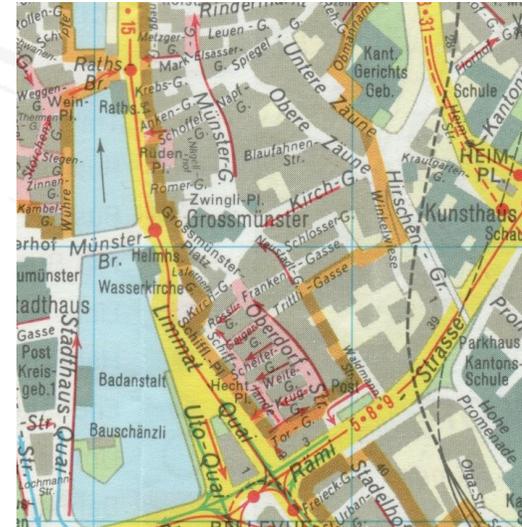
- Modelle sind Abbilder oder Vorbilder eines vorhandenen oder zu schaffenden Originals
- Zu jedem Modell gehört eine **Abbildung**, welche die Individuen und Attribute des Originals auf diejenigen des Modells abbildet
- Das **Original** kann selbst wieder ein **Modell** sein
- Es kann **verschiedene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

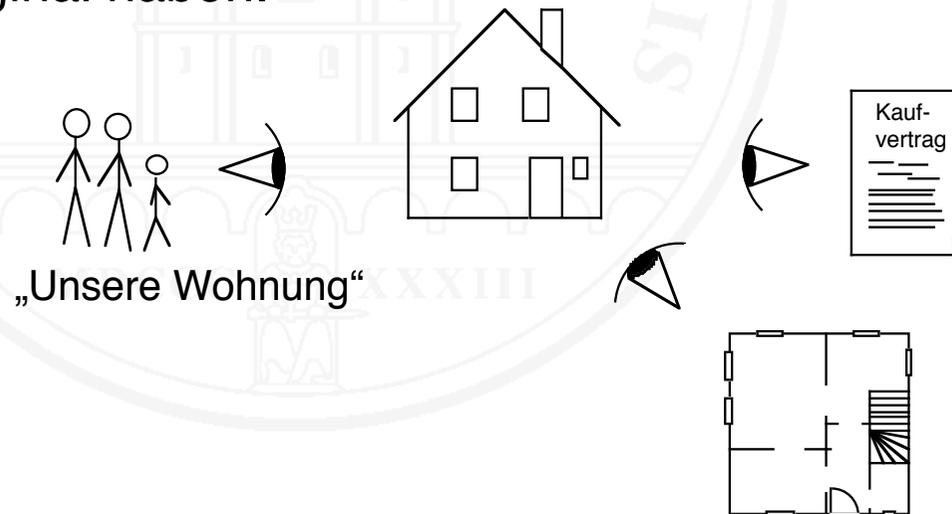
Warum hat es auf topographischen Karten Höhenlinien?



# Das pragmatische Merkmal

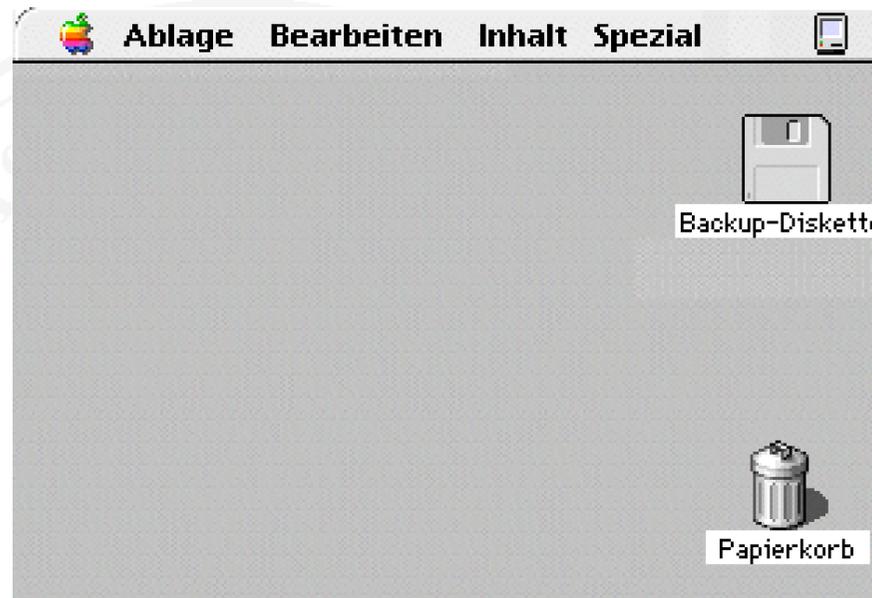
---

- 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

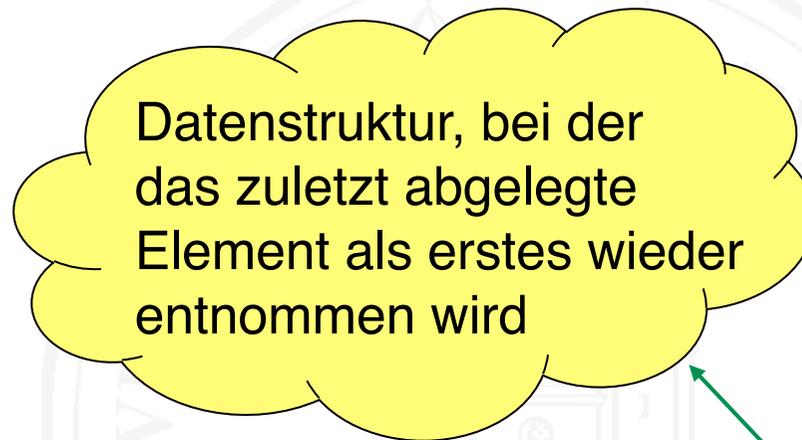
# Beispiel

Sprachelement:

Beispiel:

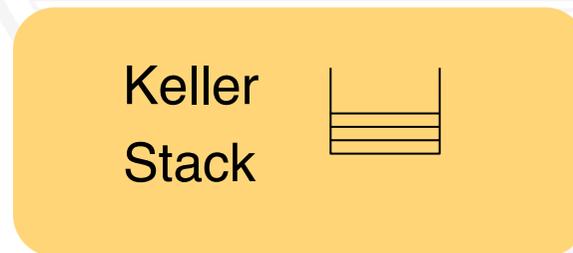
In der Sprach- und Zeichentheorie:

Begriffliche Vorstellung



Bezeichnetes  
Bezeichner  
(de Saussure)

Notation



Bedeutung, Referenz,  
Gedanke

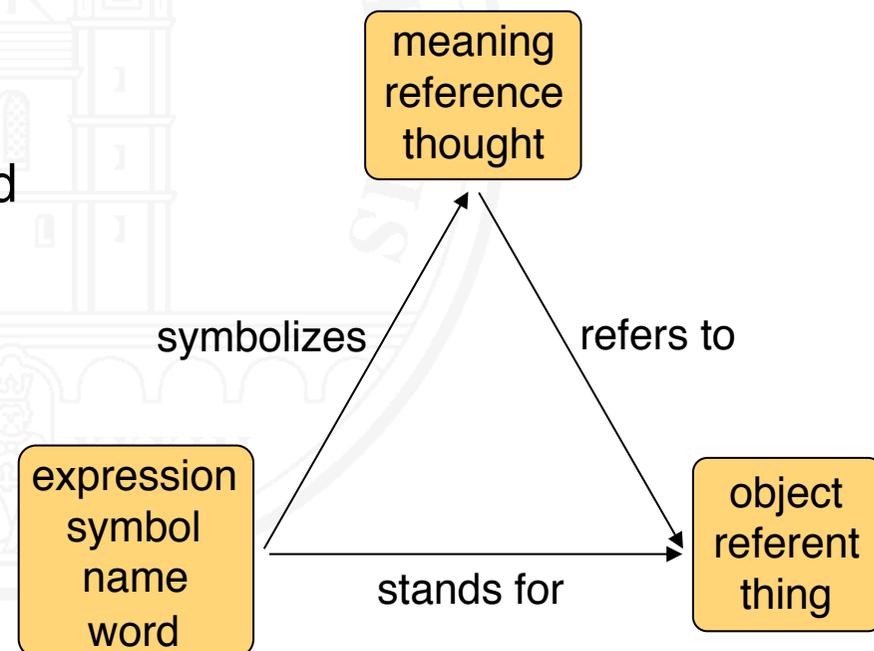
Ausdruck, Symbol,  
Name, Wort

(Ogden und Richards)

# 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 **Zeichenvorrat**
    - 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**

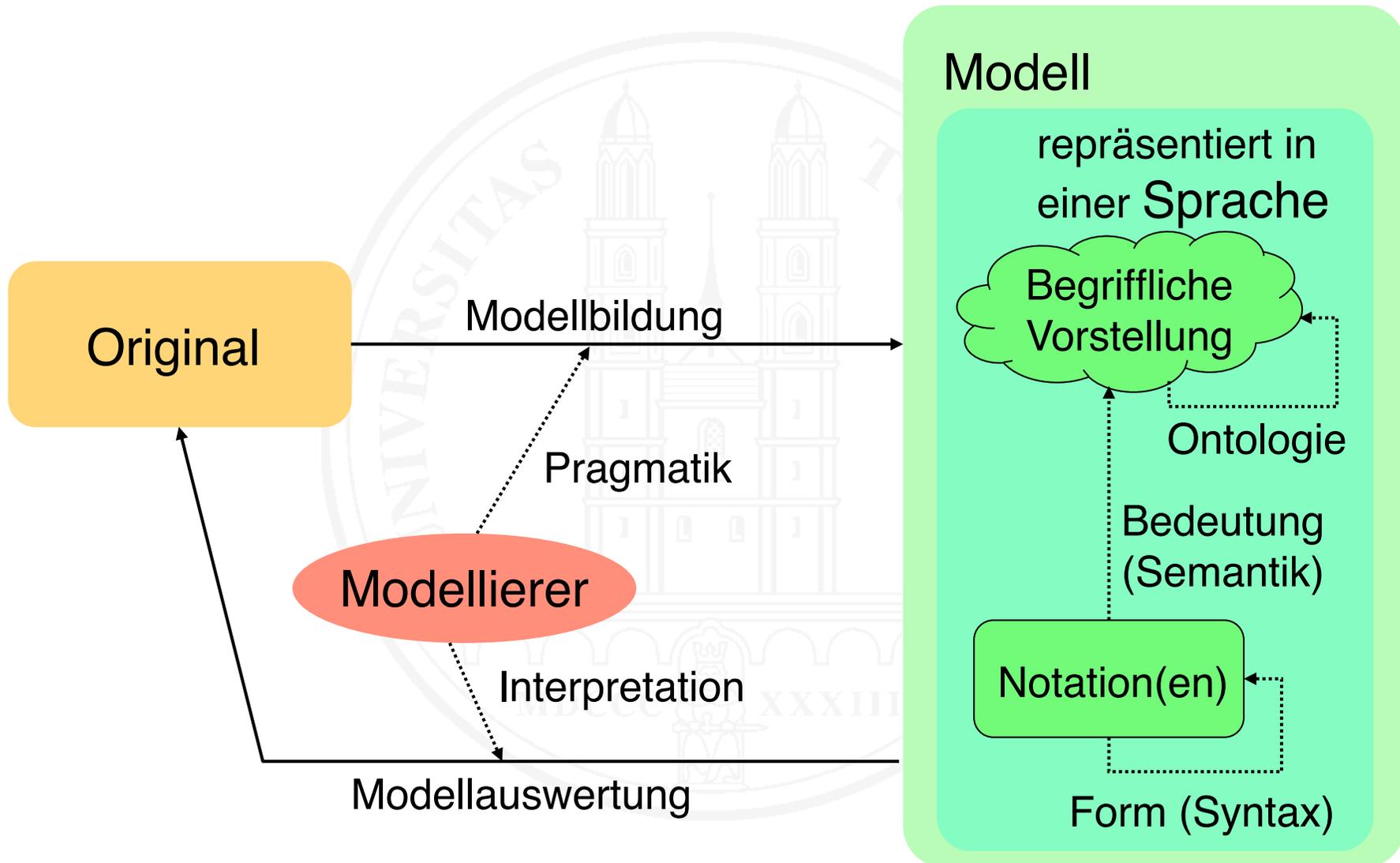
Bezeichner: **Preis**

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

## Aufgabe 2.5:

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

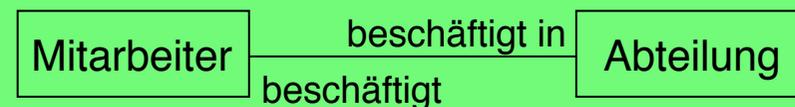
## Begriffliche Vorstellung

«Mitarbeiter ist beschäftigt in Abteilung»

## Modell

(repräsentiert in einer Sprache)

## Notationen



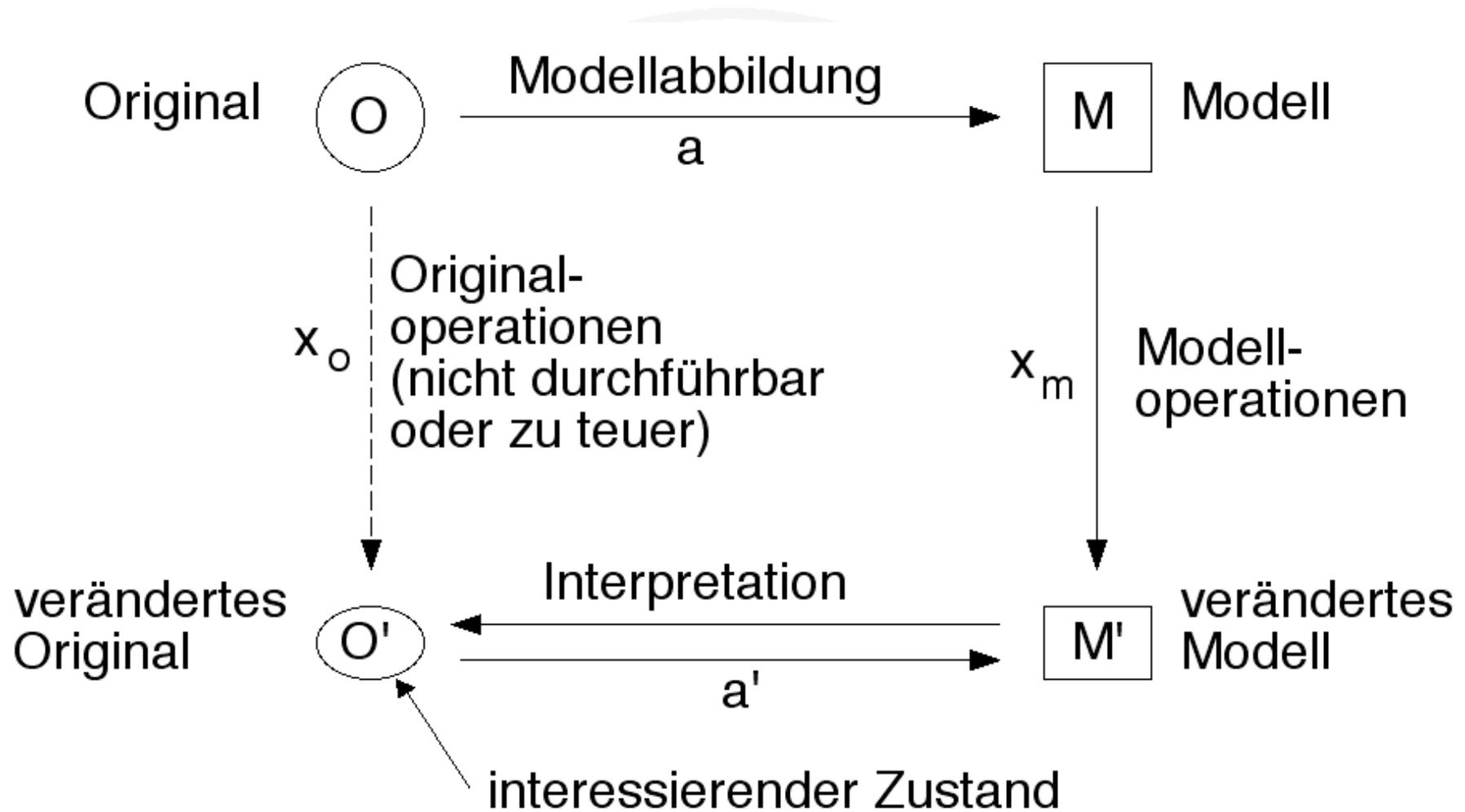
## 2.6 Operationen auf Modellen

---

- 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 2.6:

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

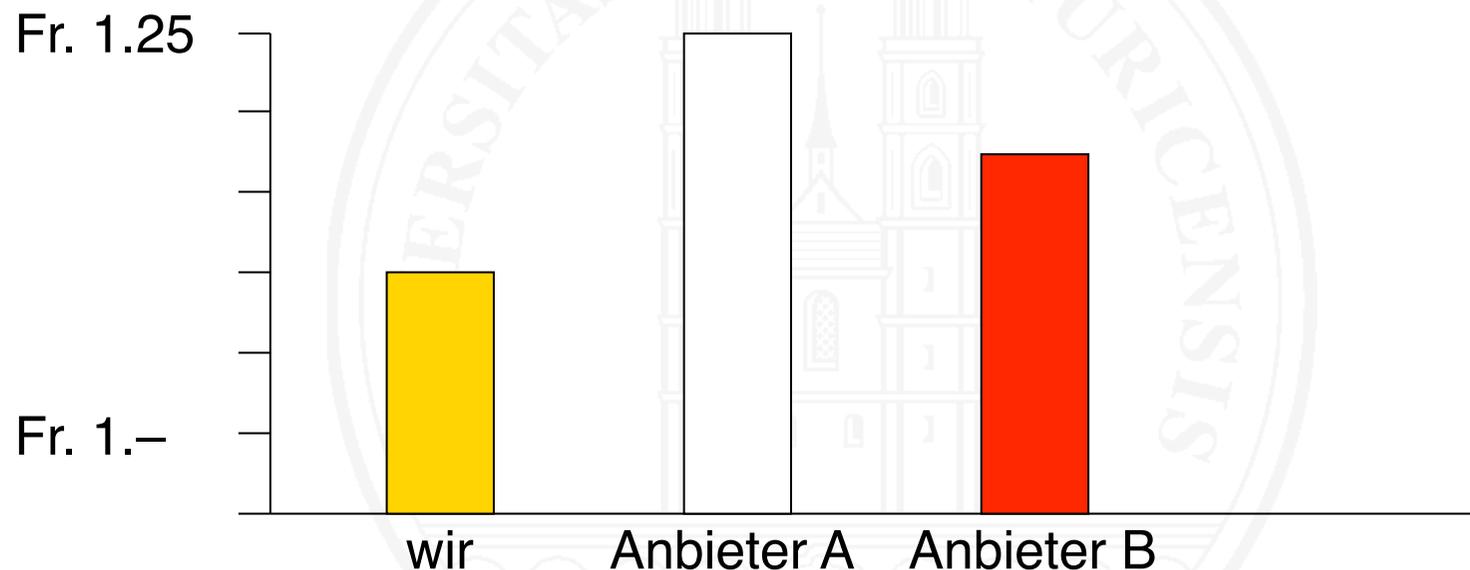
---

- 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 2.7:

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.
- Hansen, H.R. und G. Neumann (2005). *Wirtschaftsinformatik 1: Grundlagen und Anwendungen*, 9. Auflage. Stuttgart: Lucius & Lucius.
- 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.