

Informatik II: Modellierung

Prof. Dr. Martin Glinz

Kapitel 1

# Einführung in die Modellierung



Universität Zürich  
Institut für Informatik

---

# 1.1 Der Modellbegriff

---

## Aufgabe 1.1:

Was verstehen Sie intuitiv unter «Modell»?

Notieren Sie eine oder mehrere Bedeutungen in Stichworten.

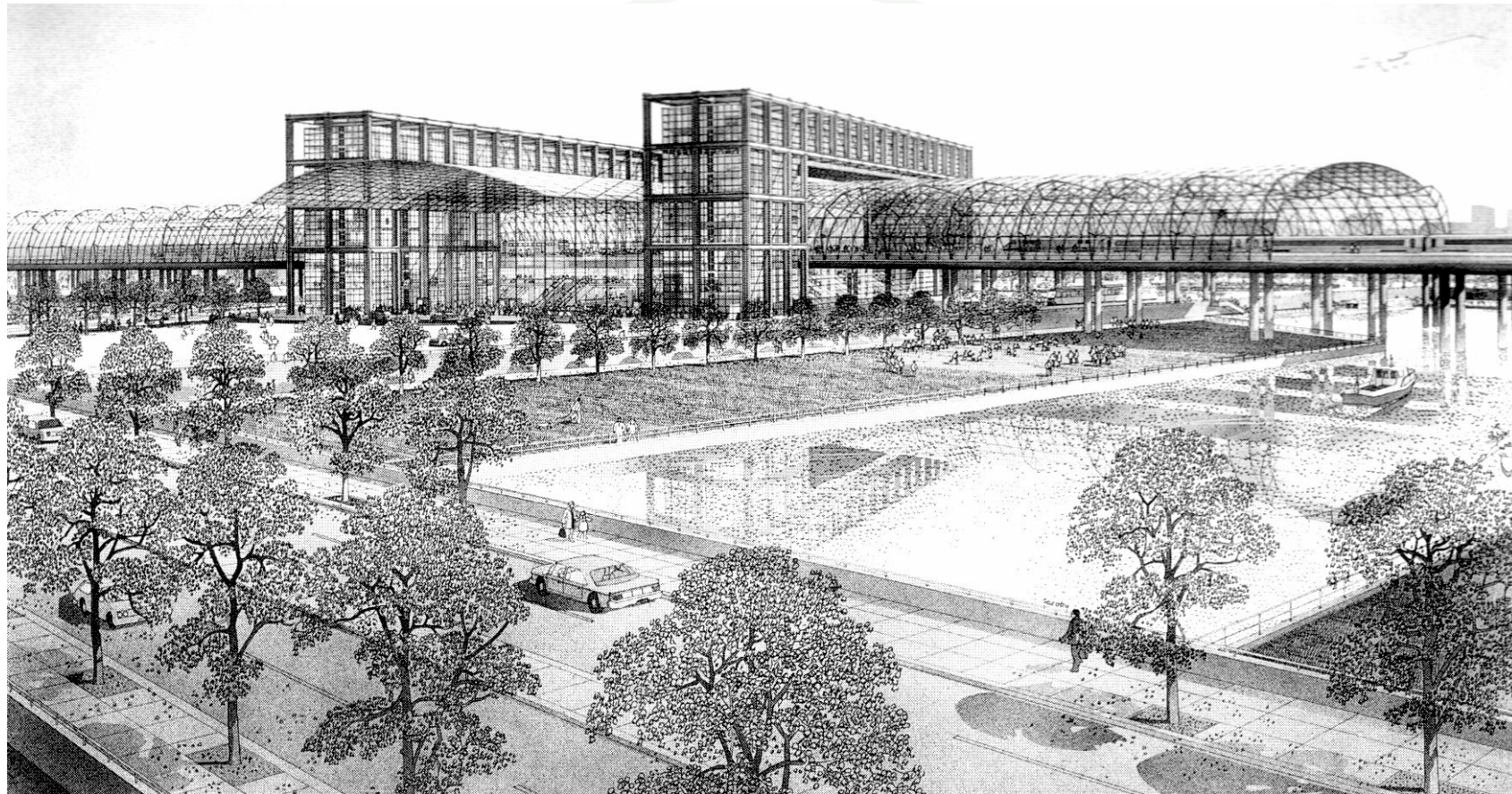
# Zum Modellbegriff: Ein Abbild

---



# 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

## 1.2 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 1.2:

Überlegen Sie sich für jeden dieser Punkte eine Beispielsituation

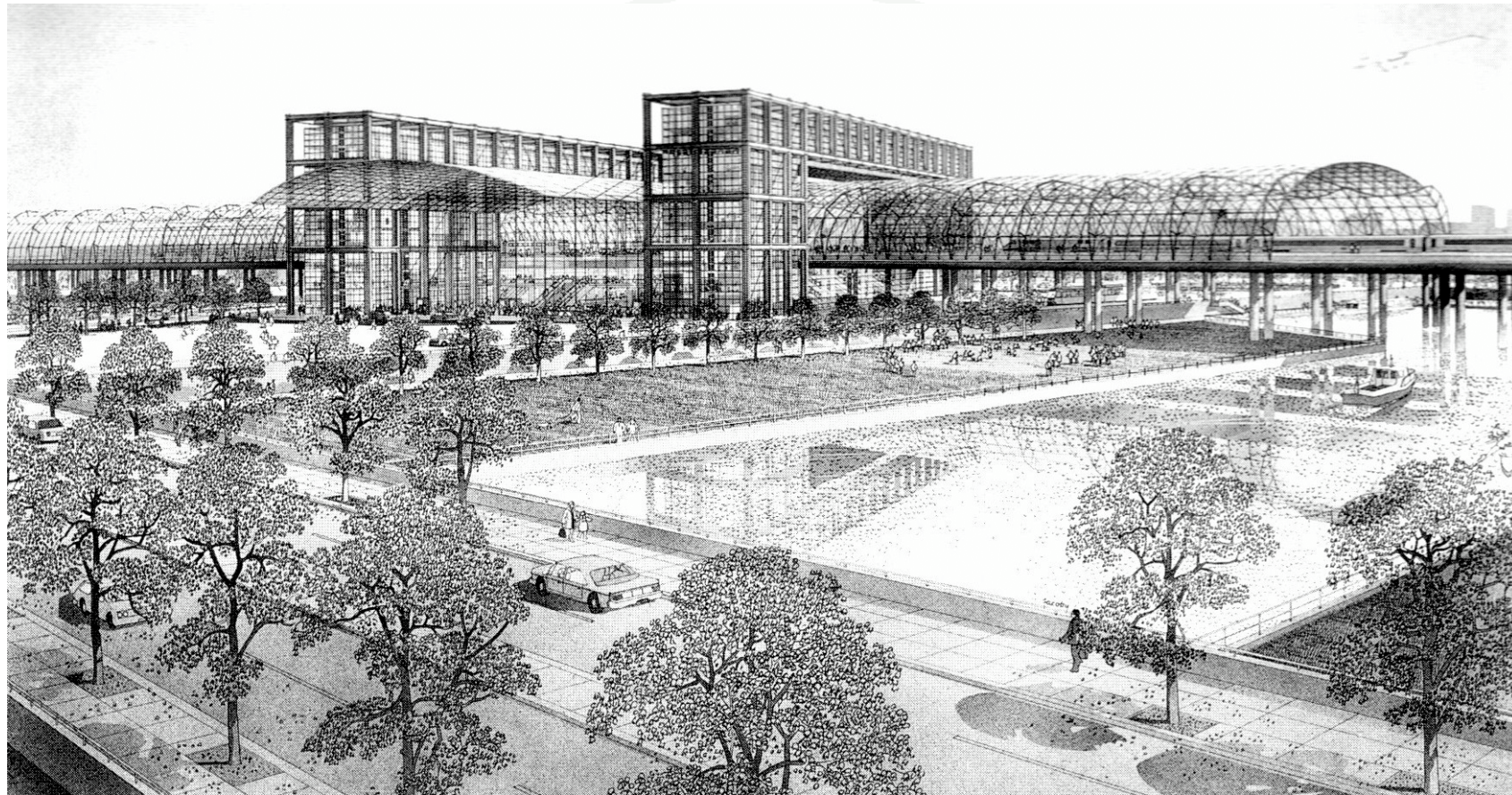
## 1.3 Modelle in der Informatik

---

- Umsetzung von Modellen eines Problembereichs mit Mitteln der Informatik (zum Beispiel Berechnung von Klimamodellen)
- ☞ Nicht Gegenstand dieser Vorlesung
  
- Modelle als Hilfsmittel für die Konstruktion und die Einsatzplanung von Informatiksystemen
  - **Abbilder** der Vorstellungen der Auftraggeber («Kunden», «Stakeholder»)
  - **Vorbilder** für zu konstruierende Informatiksysteme
  
- Starke Analogie zu Modellen in der Architektur von Bauwerken

# Modell eines Bauwerks

---

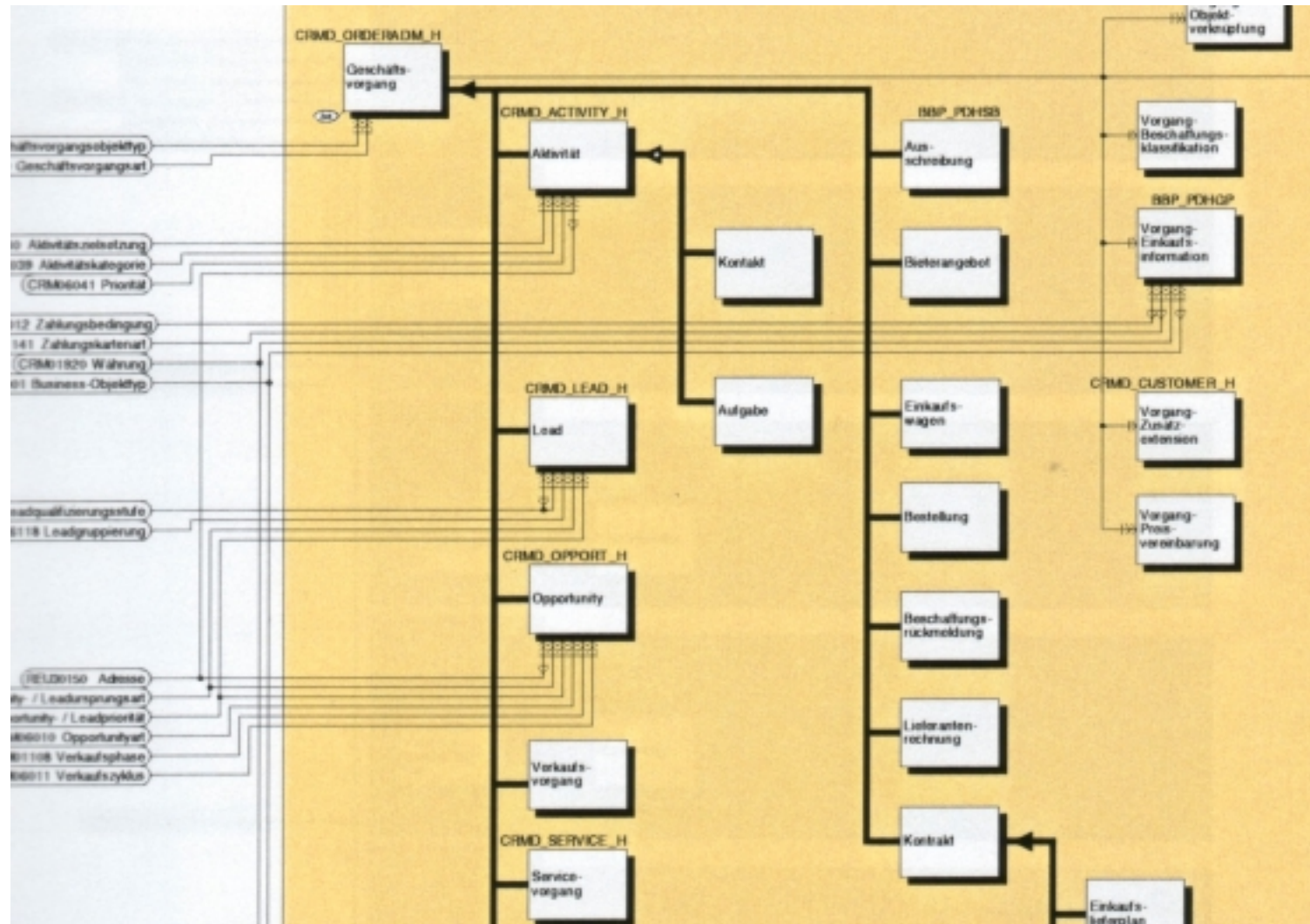


# Informatikmodelle sind abstrakt

---

- Die Analogie zu Modellen in der Architektur von Bauwerken trifft zu,  
aber:
- Informatikmodelle sind **wesentlich abstrakter:**  
**Software kann man nicht anfassen.**

# Ein Modell eines Informatiksystems



# Modellierte Gebilde in der Informatik

---

- Bei der Konstruktion und/oder Einsatzplanung von Informatiksystemen können modelliert werden:
  - **Anwendungsbereiche** (sogenannte Domänen oder Domains)
  - **Arbeitsprozesse**
  - **technische Prozesse**
  - **Struktur und Aufbau von**
    - **Informatiksystemen**
    - **Systemen mit Informatikanteil**
  - **Mensch-Rechner-Interaktion**
- als **Ganzes** oder in interessierenden **Ausschnitten**



# Unterschiedlicher Fokus möglich

---

- **Problemorientiert** – **Modellierung von Problemen** ohne Berücksichtigung möglicher Informatiklösungen
- **Lösungsorientiert - konzeptionell** – **Modellierung** von Informatik-Lösungskonzepten
- **Lösungsorientiert - physisch** – **Modellierung konkreter** Informatiklösungen

# 1.4 Kleine Einführung in die Modelltheorie

---

- Grundannahmen
- Hauptmerkmale eines Modells
- Operationen auf Modellen
- Modelle und Notation
- Deskriptive und präskriptive Modellbildung

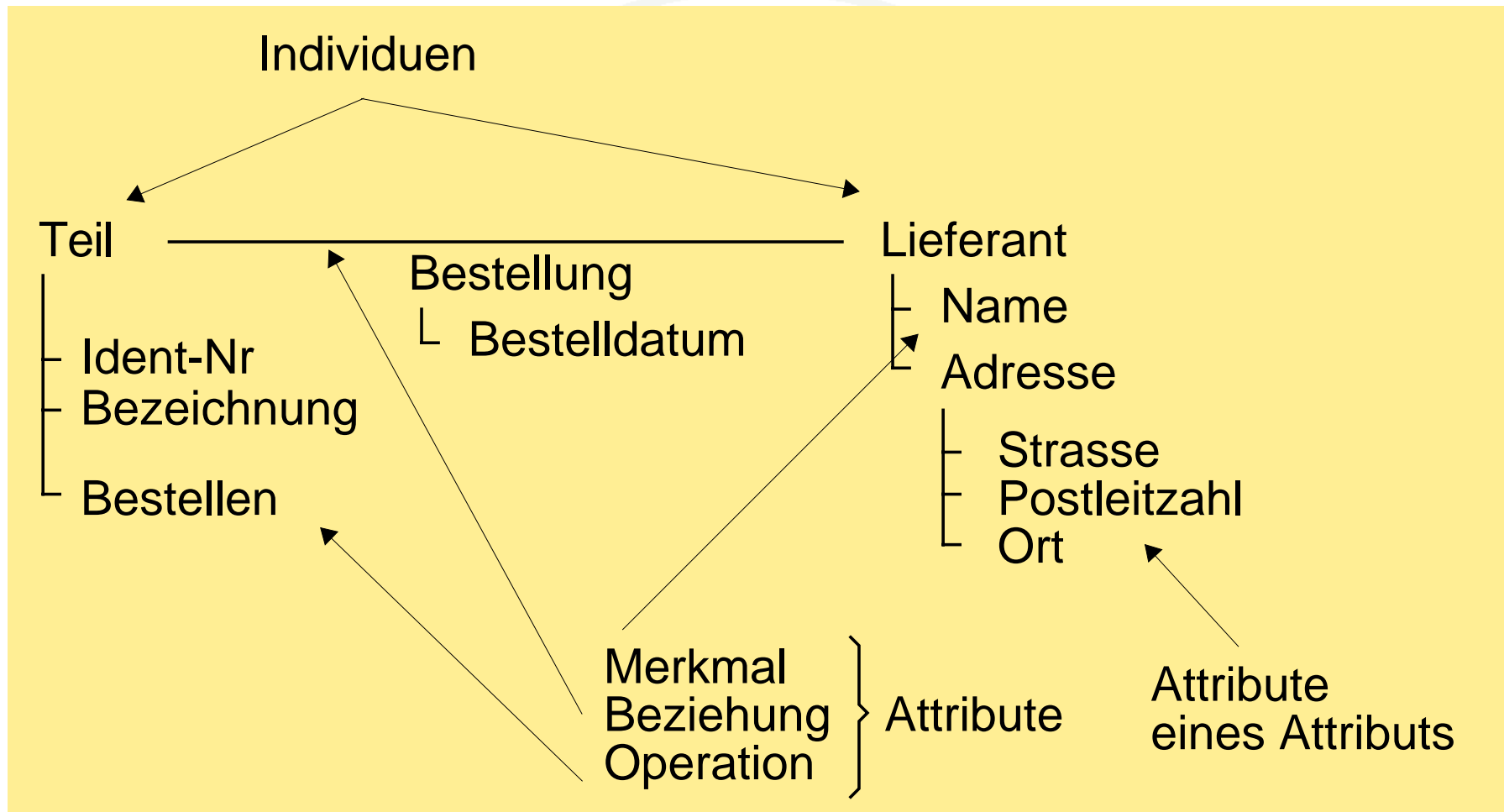
# Grundannahmen

---

Betrachtet werden nur Modelle als Abbilder oder Vorbilder (vgl. 1.1)

- 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



# Hauptmerkmale eines Modells

---

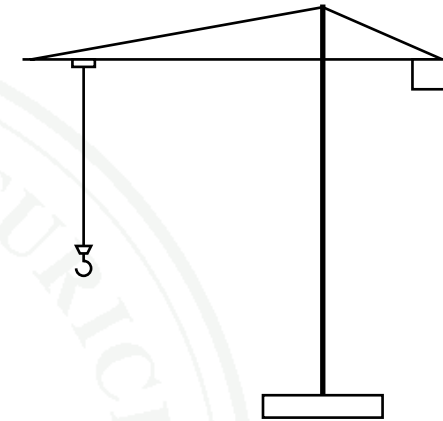
- **Abbildungsmerkmal**  
Jedes Modell ist **Abbild** oder **Vorbild**
- **Verkürzungsmerkmal**  
Jedes Modell **abstrahiert**
- **Pragmatisches Merkmal**  
Jedes Modell wird im Hinblick auf einen **Verwendungszweck** geschaffen

(Stachowiak 1973)

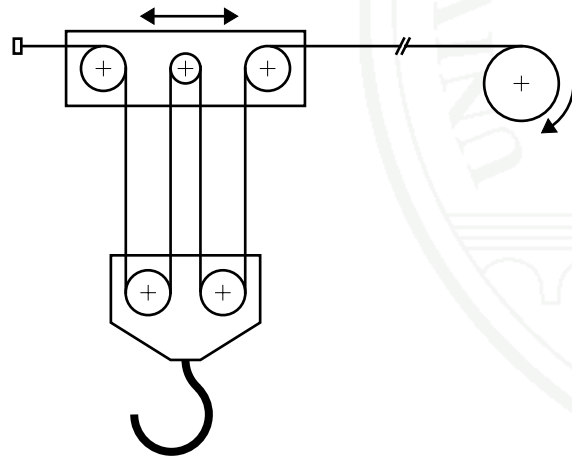
# Das Abbildungsmerkmal – 1

„Ein Kran“

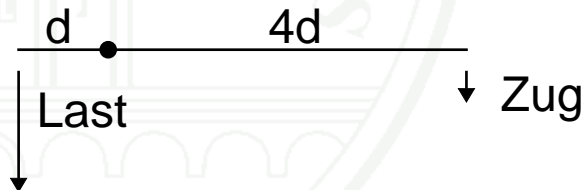
a. Original



b. Ein Modell eines Krans



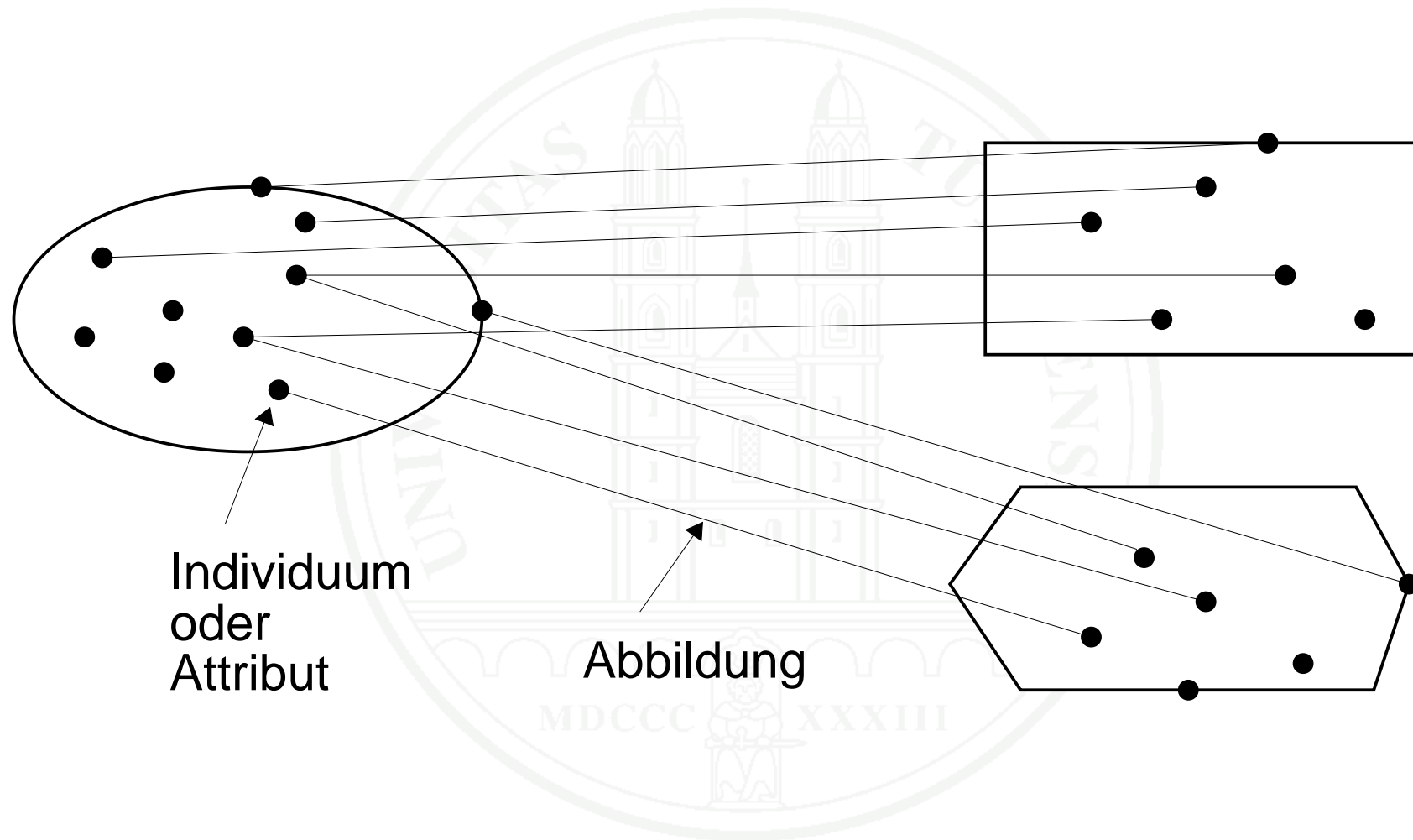
c. Ein anderes Modell eines Krans



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 1.3:

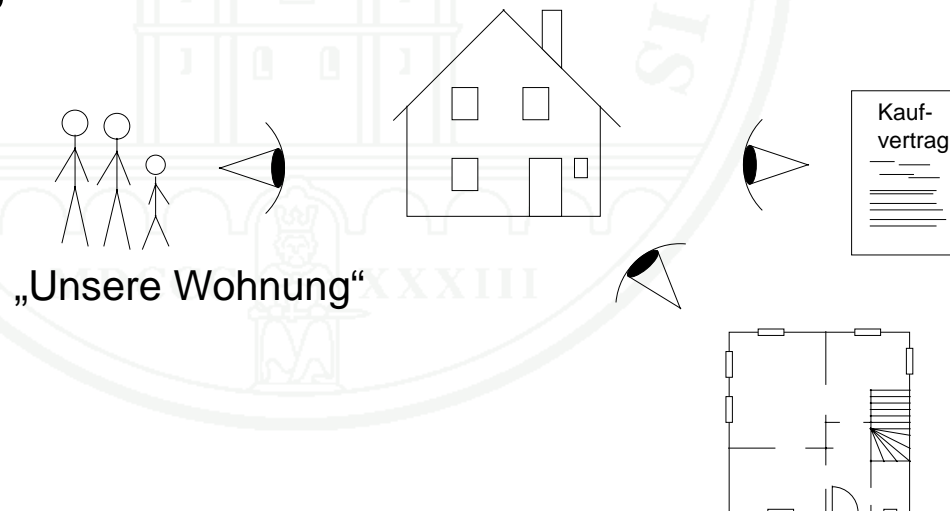
Warum hat es auf topographischen Karten Höhenlinien?



# Das pragmatische Merkmal

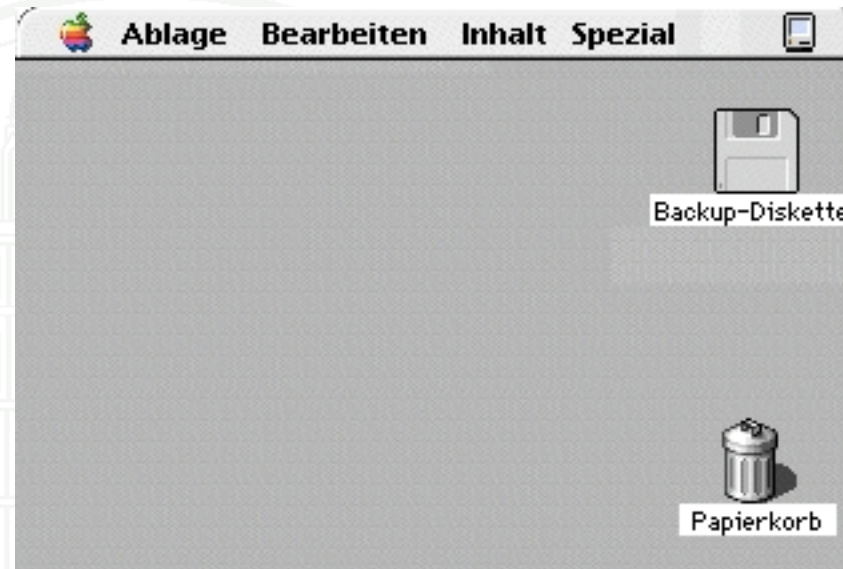
---

- 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 1.4

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?

# Modell und Notation

---

**Notation** – System von Zeichen zur Darstellung eines Modells

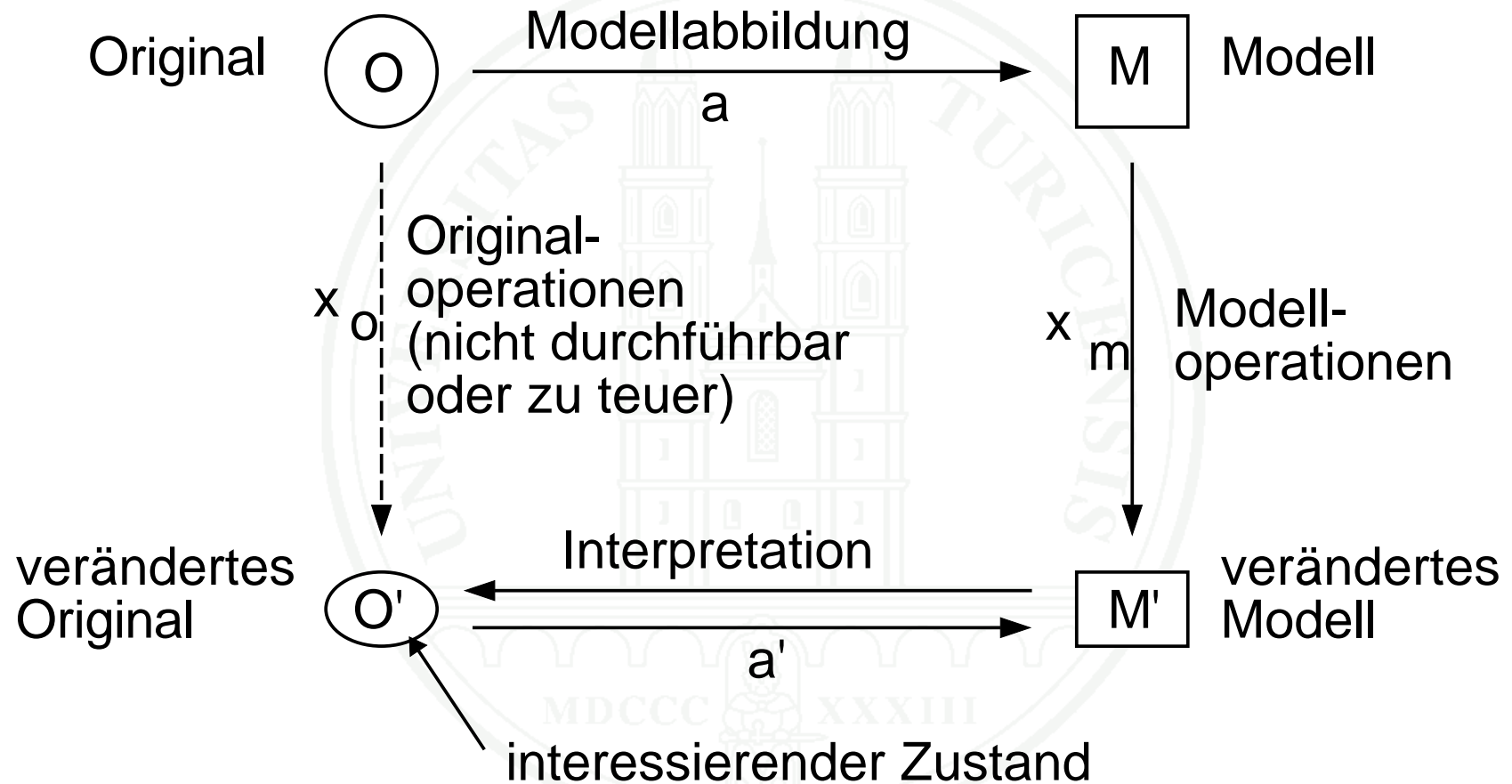
- Personen, die ein Modell erstellen und/oder verwenden, müssen sich einigen über
  - einen Zeichenvorrat
  - die Regeln für die Bildung von Zeichenstrukturen (Syntax)
  - die Bedeutungen der Zeichen bzw.. Zeichenstrukturen (Semantik)
- Notationen werden auch Sprachen genannt

# 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



# Deskriptive und präskriptive Modellbildung

---

- Modellierung eines **existierenden** Originals  
oder
- Modellierung eines **zukünftigen**, aber **nicht gestaltbaren** Originals

⇒ **Deskriptive** Modellierung

Beispiele: Stadtplan, Wettervorhersage, Komponentenstruktur eines im Einsatz befindlichen Informatiksystems

- Modellierung eines zu **schaffenden**, **gestaltbaren** Originals

⇒ **Präskriptive** Modellierung

- ⇒ Beispiele: Konstruktionszeichnung, Anforderungsspezifikation für zu entwickelnde Software



# Deskriptive und präskriptive Modellbildung – 2

---

- Deskriptive Modelle müssen sich **streng an der Realität orientieren**
- Präskriptive Modelle dürfen **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 1.5:

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

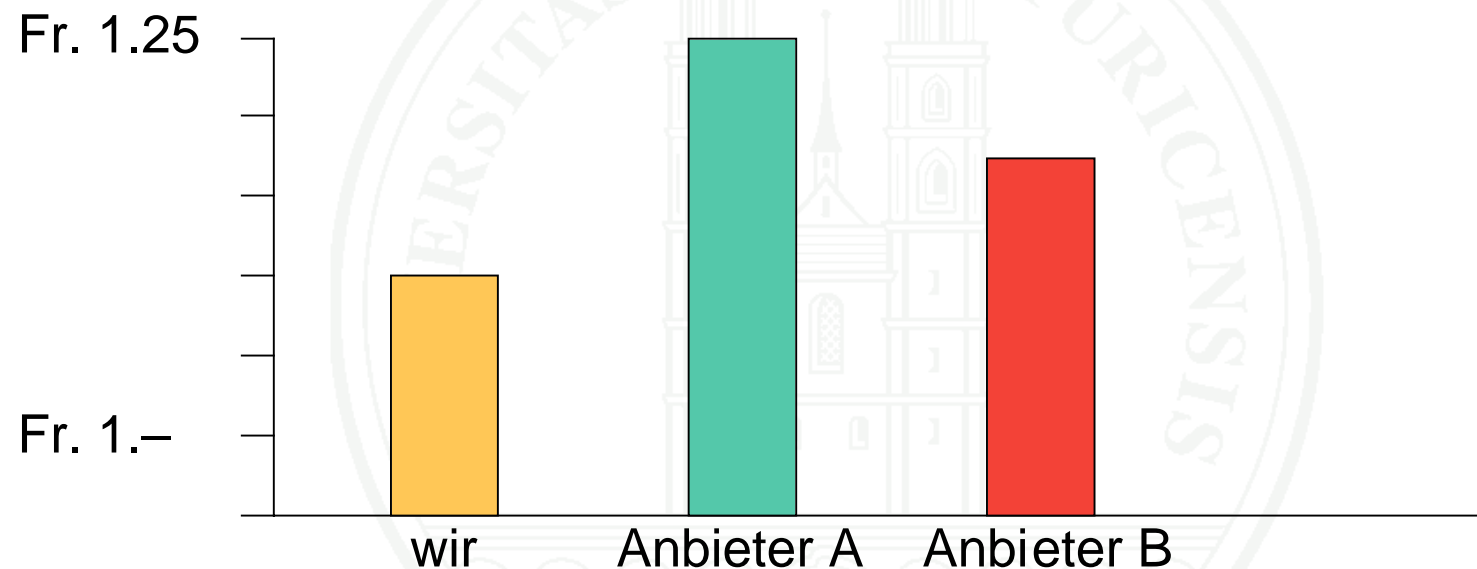
---

- Eine politische Partei erstellt folgendes deskriptive Modell der Erwerbsquote in der Schweiz:
  - 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 erstellt folgendes deskriptive Modell der eigenen Preise und derer der Konkurrenz:



⇒ Durch geschickte Wahl der Notation werden falsche Schlüsse aus einem deskriptiven Modell suggeriert

## 1.5 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

---

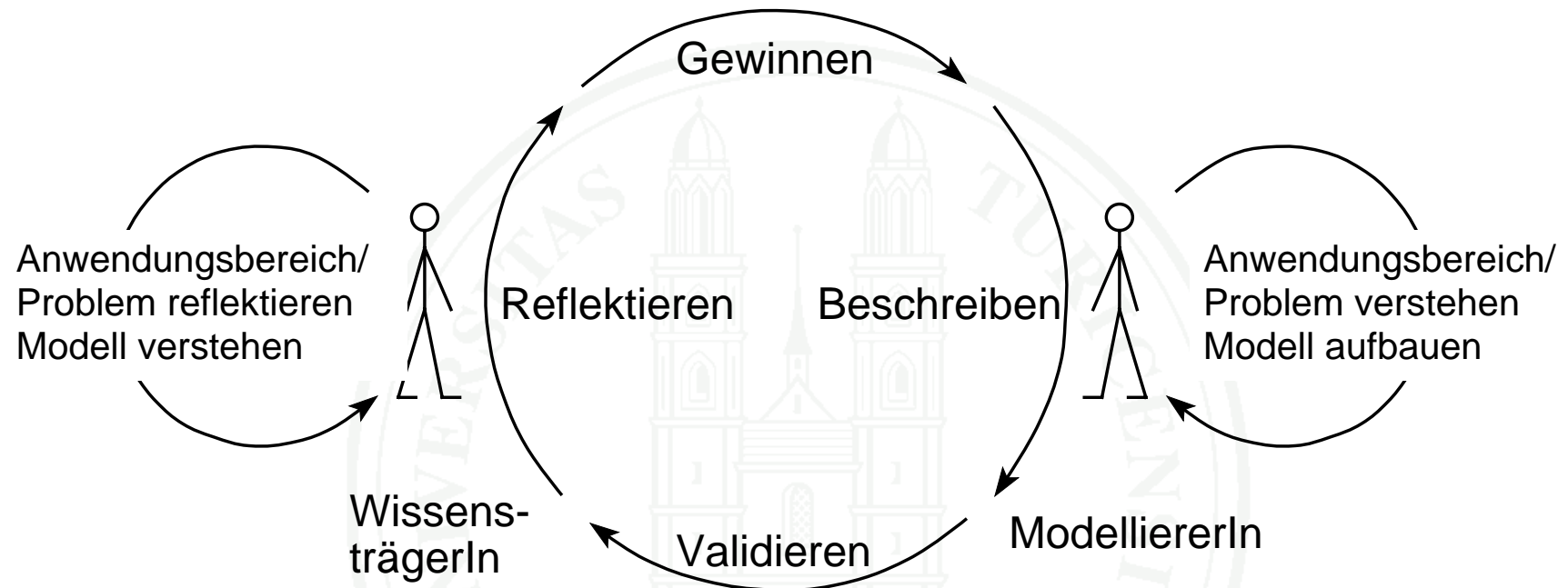
- Modelle in der Informatik beschreiben Gegenstände und/oder Prozesse eines in der Regel realen Problembereichs
- Jedes Modell stellt das Original aus einer bestimmten Sicht heraus dar und **verändert** damit die Wahrnehmung des Originals
- Das gemäß einem Modell konstruierte System wird durch seinen 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

## 1.6 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?

## 1.7 Modelle in der Entwicklung von Software

---

**Anforderungsmodelle** – Beschreibung von Anforderungen durch ein problemorientiertes Modell des zu schaffenden Systems

**Architekturmodelle** – Beschreibung einer Systemarchitektur durch ein lösungsorientiertes, konzeptionelles Modell

**Interaktionsmodelle** – Beschreibung der Mensch - Rechner-Interaktion (problem- oder lösungsorientiert)

**Entwurfs- und Codiermodelle** – Lösungsorientierte Beschreibungen der Strukturen von Daten und Programmen

# Modelle in der Entwicklung von Software – 2

---

**Prüfmodelle** – Auf Fehlermodellen basierende Prüfkonzeppte

**Prozessmodelle** – Beschreibung von Arbeitsschritten, verwendeten Materialien und verantwortlichen Personen für die Entwicklung von Software

**Qualitätsmodelle** – Beschreibung von Qualitätszielen und von Konzepten zur Messung und Erreichung dieser Ziele

**Systemmetaphern** – Modelle als Leitbilder für den strukturellen Aufbau eines Systems, seine Arbeitsweise und/oder den Umgang mit ihm

# Welcher Modelltyp für welchen Zweck?

---

## Interessierender Aspekt

Statische Struktur des Aufgabenbereichs, Struktur und Zusammenhänge der Daten eines Systems

Funktionen und Datentransformationen, Funktionalität eines Systems

Dynamisches Systemverhalten

Struktur und Verhalten eines Systems in seinem Aufgabenumfeld

Interaktion zwischen Menschen und Informatiksystemen

Leitbilder für Systemstrukturen und den Umgang mit Systemen

## Modelltyp

Datenmodelle

Funktionsmodelle

Verhaltensmodelle

Objekt- und Klassenmodelle

Interaktionsmodelle

Systemmetaphern

# Literatur

---

Boman, M., J.A. Bubenko, P. Johannesson, B. Wangler (1997). *Conceptual Modelling*. London, etc.: Prentice Hall.

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.

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.