

Vorlesung/Seminar: Modellierung dynamischer und adaptiver Systeme, Wintersemester 2011/12

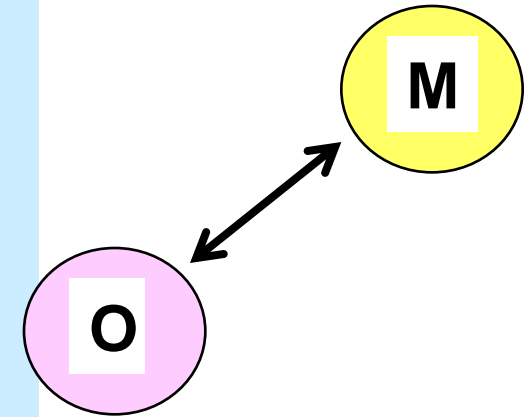
Kap. 2: Modelle und Grundlagen der Modellierung

- **Modellieren – wozu?**
- **Modelle: Definitionen**
- **Modell und Original**
- **Modelle und ihre Darstellung**
- **Modelle als Vor- und Nachbilder**
- **Ansätze und Konzepte dynamischer Modellierung**
- **Vorgehen bei der Modellbildung und Simulation**
- **Literatur**

Modelle

Modellieren - wozu?

- Menschliche kreative Tätigkeit: ohne Modelle *undenkbar*.
- Reale Welt steckt voller *komplexer* Zusammenhänge
- Modell erlaubt, *vereinfachende, reduzierende Sicht* auf einen Teil davon (das "*Original*") herzustellen und sich daran zu orientieren.



- Komplexe geistige Aufgaben - nur lösbar, wenn man sich nacheinander auf *ausgewählte Aspekte* konzentrieren kann.
- Modelle ermöglichen *Überblick* über sonst unüberschaubare, komplexe Strukturen.
- Anhand von Modellen kann man Informationen und Erfahrungen sammeln, Schlüsse ziehen, Vergleiche anstellen, Alternativen bewerten, Entscheidungen treffen, Strategien entwickeln, etc. - die *für die Bearbeitung des Originals von Nutzen* sind und sich an diesem selbst nicht (so leicht) vollziehen lassen.

Zum Modellbegriff: Definitionsversuche

Model: A semantically closed abstraction of a system (cf. [UML 99], Glossary)

Vorsicht: "semantically closed" ist nicht näher definiert, sehr vager "Semantik"begriff
Gemeint (?): eine gewisse Kohärenz des Modells.

Model: An abstraction of a physical system with a certain purpose (cf. [UML 03], Glossary)

Vorsicht: Muss es immer "*physical*" sein? Immer ein „*System*“? Ist „*Abstraktion*“ einziges Merkmal?

Modell: Idealisierte, vereinfachte, in gewisser Hinsicht ähnliche Darstellung eines Gegenstands, Systems oder sonstigen Weltausschnitts mit dem Ziel, daran bestimmte Eigenschaften des Vorbilds besser studieren zu können. (vgl. [HBB 94])

Achtung! "Vorbild" ist dabei *nicht zeitlich* zu verstehen. Modelle können sowohl *nach einem Vorbild* oder *als Vorbild* für ein zu erstellendes Produkt oder System gebildet werden (vgl.unten).

Modellbegriff / Merkmale

Herkunft des Modellbegriffs:

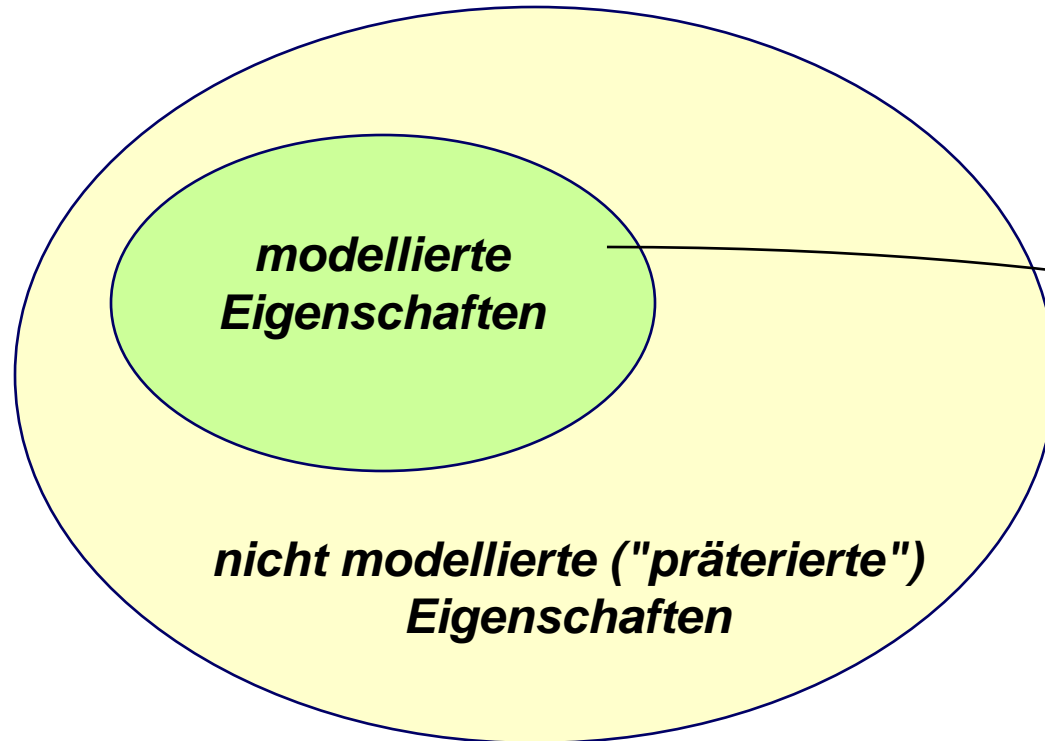
modulus (lat): Maß, Regel, Form, Muster, Vorbild

Merkmale von Modellen (n. Stachowiak, [Sta 93], vgl. auch: [Lud 02]):

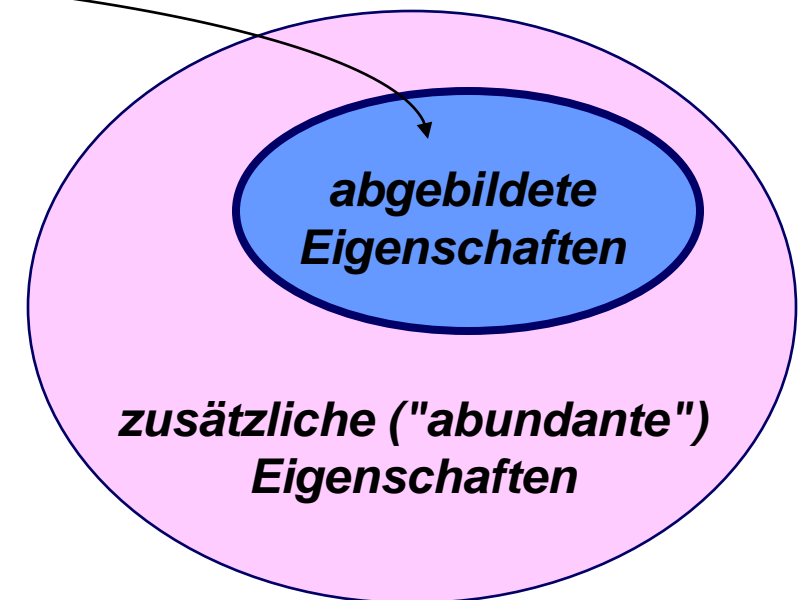
- (A) *Abbildungsmerkmal***: Ein Modell steht immer für etwas anderes, das "Original" - ohne Original kein Modell
- (R) *Reduktionsmerkmal***: Ein Modell weist nicht alle Eigenschaften des Originals auf, sondern nur einige - und auch die möglicherweise in veränderter, "ähnlicher" Form
- (P) *Pragmatisches Merkmal***: Ein Modell hat den Zweck, unter bestimmten Bedingungen und bezüglich bestimmter Fragestellungen das Original zu ersetzen.

Original und Modell (n. Stachowiak)

Original:

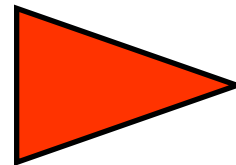


Modell:

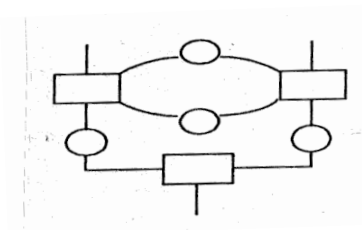


System / Modell / Original

Original (System)



Modell



Relation $O \triangleright M$

- "System" ... oder besser: "*Original*"?
(\Rightarrow Stachowiak)
- "System" setzt bestimmte Eigenschaften voraus, "*Original*" bezeichnet dagegen eine *Rolle*.

- Ein "*Modell*" repräsentiert immer ein Original
 - als Stellvertreter
 - mit seinen abgebildeten Eigenschaften

Modell und Original

.. sind vielleicht "ähnlich", aber oft in vielerlei Hinsicht sehr unterschiedlich!

Beispiel: *Person* ► *Photo*

- Modelle betonen bestimmte Aspekte der Realität und stellen andere in den Hintergrund: ein Modell kann die Realität nie vollständig erfassen.
- Ein Modell arbeitet mit Annahmen und Vereinfachungen.
- Modelle sind häufig nicht eindeutig (in Bezug auf das modellierte Original)



Weiteres Beispiel: *Landschaft* ► *Landkarte*

- Eine Landkarte kann als Modell (= Vereinfachung) nie alle Aspekte der abgebildeten Landschaft enthalten.

Original und Modell: Eigenschaften

- Das Original existiert möglicherweise nicht in der (konkreten, materiellen) Realität → *fiktives* Original.

Beispiel: Modell der Stadt Entenhausen

- Ein Modell kann selbst wieder Original für ein (weiteres) Modell sein → *Modellketten* oder - *kaskaden, Metamodelle*

Beispiel: UML-Metamodell (für die Kategorien von UML-Modellelementen)

- Eigenschaften des Originals finden sich entweder (möglicherweise in veränderter Form) im Modell wieder - oder werden unterdrückt ("abstrahiert") → *nicht modellierte ("präterierte") Eigenschaften*

Beispiel: Puppe - ohne "Fleisch und Blut"

- Eigenschaften des Modells sind entweder (möglicherweise in veränderter Form) aus dem Original abgeleitet - oder treten neu hinzu → *zusätzliche ("abundante") Eigenschaften*

Beispiel: Gebäudemodell - Klebstoff

Beispiele von Modellen

außerhalb der Informatik:

- Land-, See-, Himmelskarten
- Blaupausen, Modelle für Gebäude u. andere Bauwerke
- Mathematische Modelle: Graphen, Verbände, Algebr. Strukturen
- Physik. /chem. Modelle: Atomium, Molekularstrukturen, Molekularbewegung
- Biologie: DNS-Struktur, Doppel-Helix
- Spielzeug (Eisenbahnen, Autos, Puppenhäuser, ..)
- Mode / Unterhaltung: Ersatzperson
- ...

in der Informatik:

- Daten- und Prozessmodelle
- Architekturmodelle
- Analyse- und Entwurfsmuster
- ...

Modellmethode

Die **Modellmethode** vollzieht **sich in vier Schritten**:

- (1) **Auswahl**: Herstellung eines dem Original entsprechenden Modells
- (2) **Bearbeitung** des Modells, um neue Informationen über Original und Modell zu gewinnen (Modellversuch)
- (3) **Schluss** auf Informationen über das Original (meist Analogieschluss)
- (4) (ggf.) **Durchführung** der Aufgabe am Original.

Abweichendes Verständnis in der **mathematischen Logik**:

Modell = Interpretation eines Axiomensystems, bei der alle Axiome dieses Systems wahre Aussagen darstellen.

n. Meyers Neues Lexikon (1993), zit. nach [K-K 05]

Zum Modellbegriff: Verwandte Begriffe

System: Schwerpunkt liegt mehr auf System-Eigenschaften (z.B. Komponenten-Struktur, Emergenz)

Theorie: stützt sich i.A. auf ein oder mehrere Modell(e), macht hypothetische Aussagen über den modellierten Bereich

Vergleich, Analogie, Metapher: Modell will mehr: für das Original stehen und wichtige Eigenschaften repräsentieren

Zeichen, Symbol: Modell ist mehr: stellt nicht nur dar, sondern dient dazu, Eigenschaften zu untersuchen, Voraussagen abzuleiten etc.

Werkzeug: Ein Modell kann (mit) als Werkzeug bei einem Projekt eingesetzt werden, ist aber nicht notwendigerweise eines. Ein Werkzeug kann auf einer bestimmten Modellvorstellung aufbauen - ist aber i.A. selbst kein Modell.

--> vgl. auch Ludewig [Lud 02]

Abgrenzung des Modellbegriffs

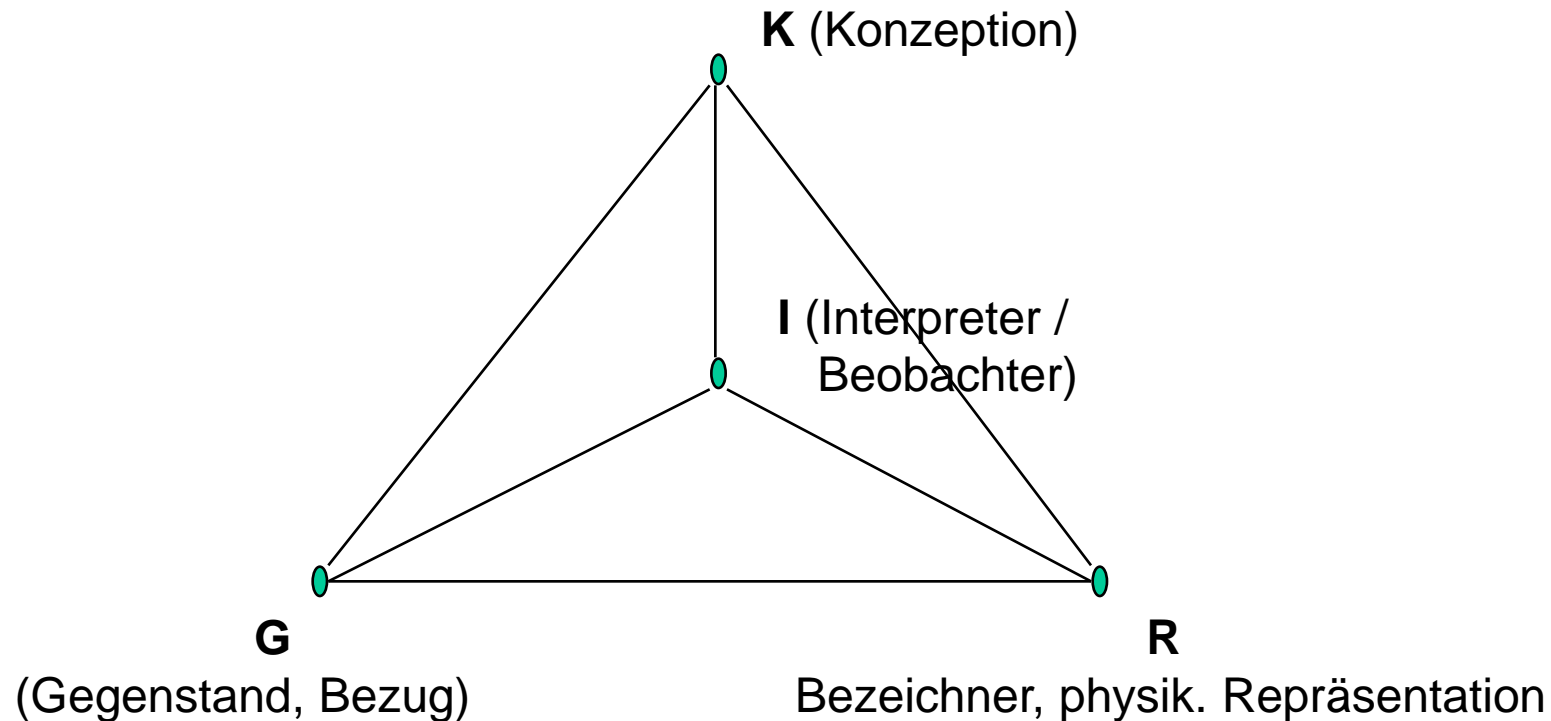
Modell vs. Darstellung

- Problem: Nicht-Unterscheidung zwischen (kognitiven) Modell und seiner Darstellung, z.B. werden Diagramme als "Modelle" bezeichnet.
- Mögliche Lösung: unterscheiden zwischen *kognitiven* Modell (als struktureller Vorstellung) und seiner Darstellung ("*Modell-Repräsentation*")

Modell vs. Sprache

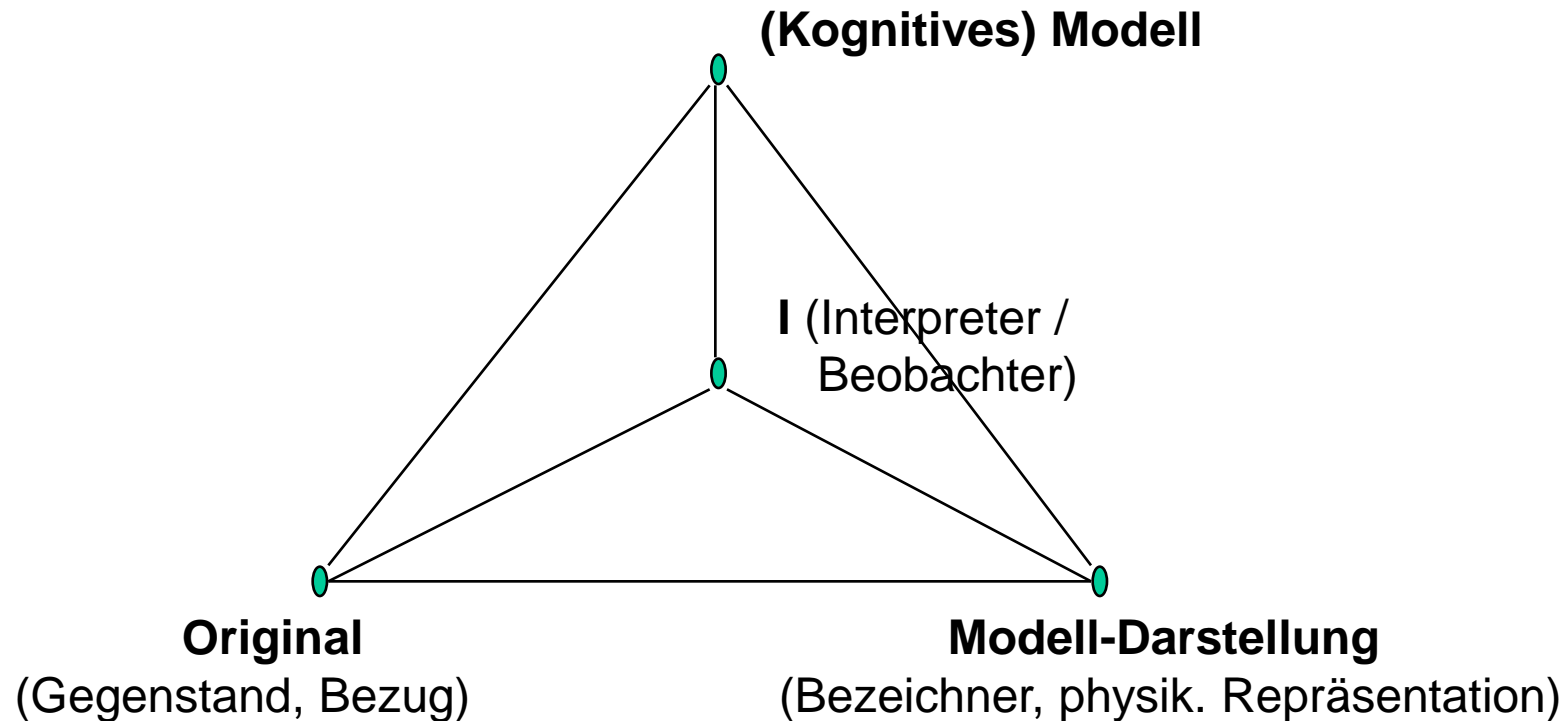
- Problem: Nicht-Unterscheidung zwischen Beschreibungs*mittel* (= Sprache) bzw. Beschreibungs*muster* und dem, *was* damit beschrieben wird. Z.B. werden die E/R-Diagrammtechnik oder das hierarchische bzw. relationale Muster für die Struktur von Datenbanken als "Modelle" bezeichnet.
- Lösung: Modellbegriff einschränken auf das, *was* man mit Hilfe solcher Mittel repräsentieren kann (Artefakte).

Einschub: Semiotischer Tetraeder *nach FRISCO*



-
- **FRISCO: Framework of Information System Concepts** basiert auf **Semiotik** (vgl. [FHL+ 98]).

Original - Modell - Repräsentation



-
- **FRISCO: Framework of Information System Concepts** basiert auf **Semiotik** (vgl. [FHL+98]).

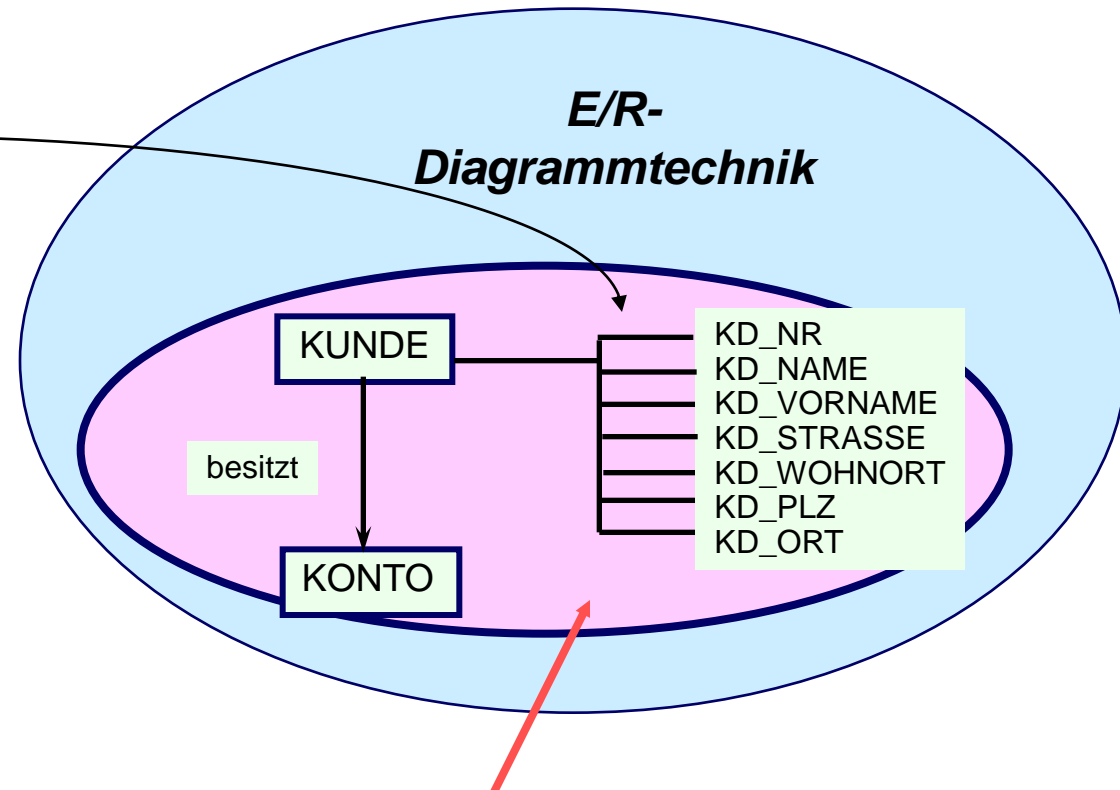
Modelle und ihre Darstellung



- **Entität Kunde, charakterisiert durch**
- **Attribute Kunden-Nr., Name, Vorname, Adresse, ...**
- **Entität Konto, charakterisiert durch**
- **...**

(Kognitives) Modell
("im Kopf des Betrachters")

(Modellierungs-) Sprache



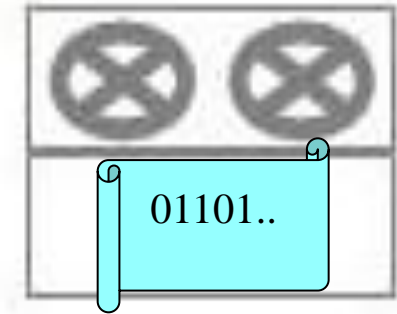
Modell (-Repräsentation)

Modelle als Vor- und Nachbilder



Anwendung
(Original 1)

Software-
System
(Original 2)

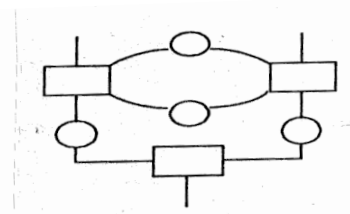
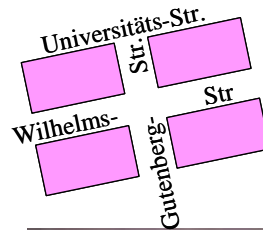


Vorbild

Nachbild

Modell(e)

Nachbild
(Modell ist
deskriptiv)



Vorbild
(Modell ist
präskriptiv)

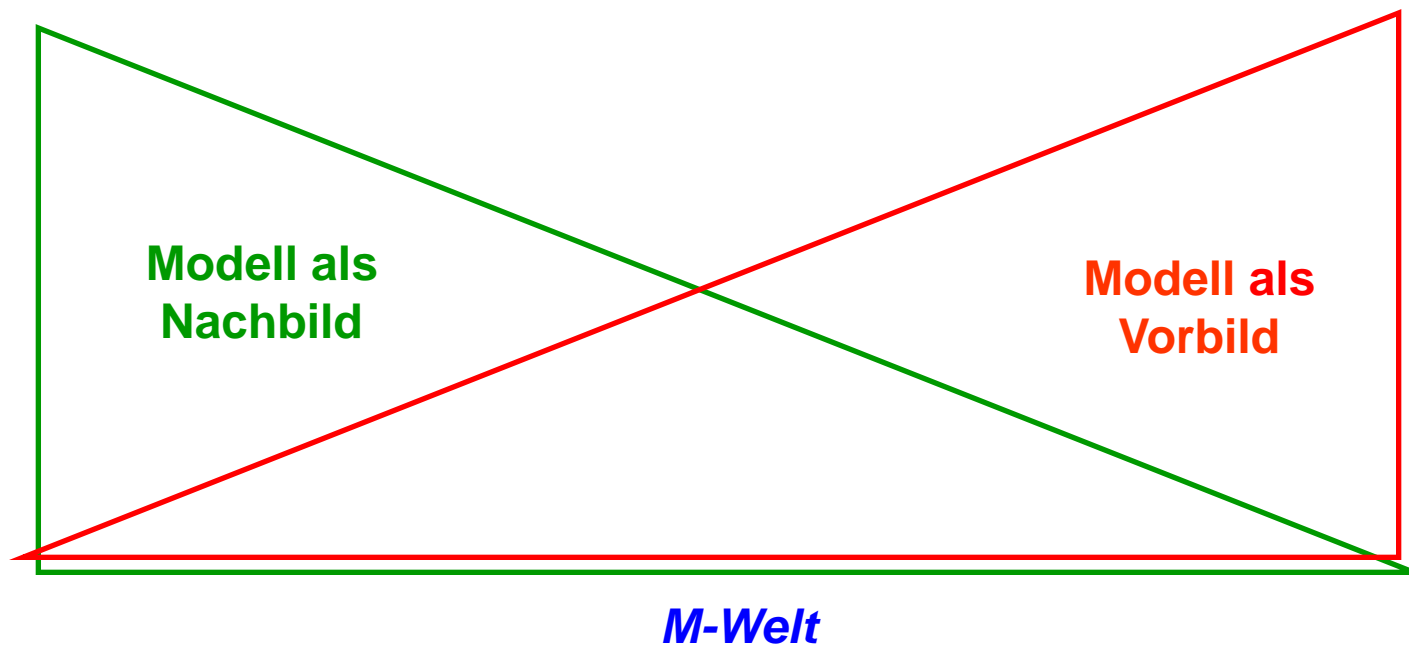
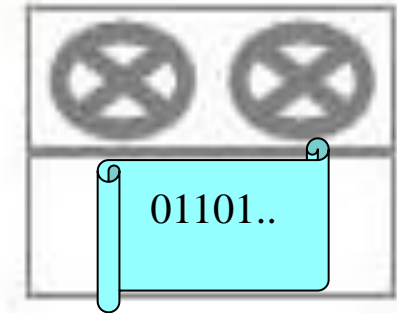


Vor- und Nachbild-Anteil der Modelle

A-Welt



S-Welt



Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme – wozu?

- Dynamische Systeme neigen zu hoher *Komplexität*, Systemverhalten ist i.a. schwer vorhersehbar.
- Vom *Systemverhalten* kann viel abhängen: Stabilität von Bauwerken, Fahrzeugen, Auswirkungen sozialer Bewegungen und Prozesse, Stadt- und Bevölkerungsentwicklung, Umwelt- und Klimaveränderung etc..
- *Simulation* kann aussagekräftige und hilfreiche Aussagen über die zukünftige Entwicklung wichtiger System-Parameter liefern. Sie ist i.a. viel kostengünstiger, schneller und weniger risikobehaftet bzw. gefährlich als andere Vorgehen – z.B. Experimente.
- Voraussetzung für Simulation ist *Modellbildung*. Modelle müssen das Systemverhalten möglichst realitätsnah beschreiben und die System-Parameter, Ein- und Ausgabegrößen miteinander in Beziehung setzen.

Ansätze zur dynamischen Modellierung

Mathematischer Ansatz:

- Funktionen (S_p / t), Differentialgleichungen ($\Delta S_p / \Delta t$) (S_p : Systemparameter)
Darstellung: Formeln, Gleichungen, (Funktions-) Graphen

Automaten-Ansatz:

- Definition von Zuständen, Zustandsübergängen, Ereignissen, ausgelösten Aktionen
Darstellung: Automaten-Tabellen, Zustandsdiagramme

Kausaler Ansatz:

- Definition von Bedingungen, Ereignissen, Abhängigkeiten, ausgelösten Aktionen
Darstellung: Entscheidungstabellen, (Wirkungs-) Graphen, Aktivitätsdiagramme, EPK's

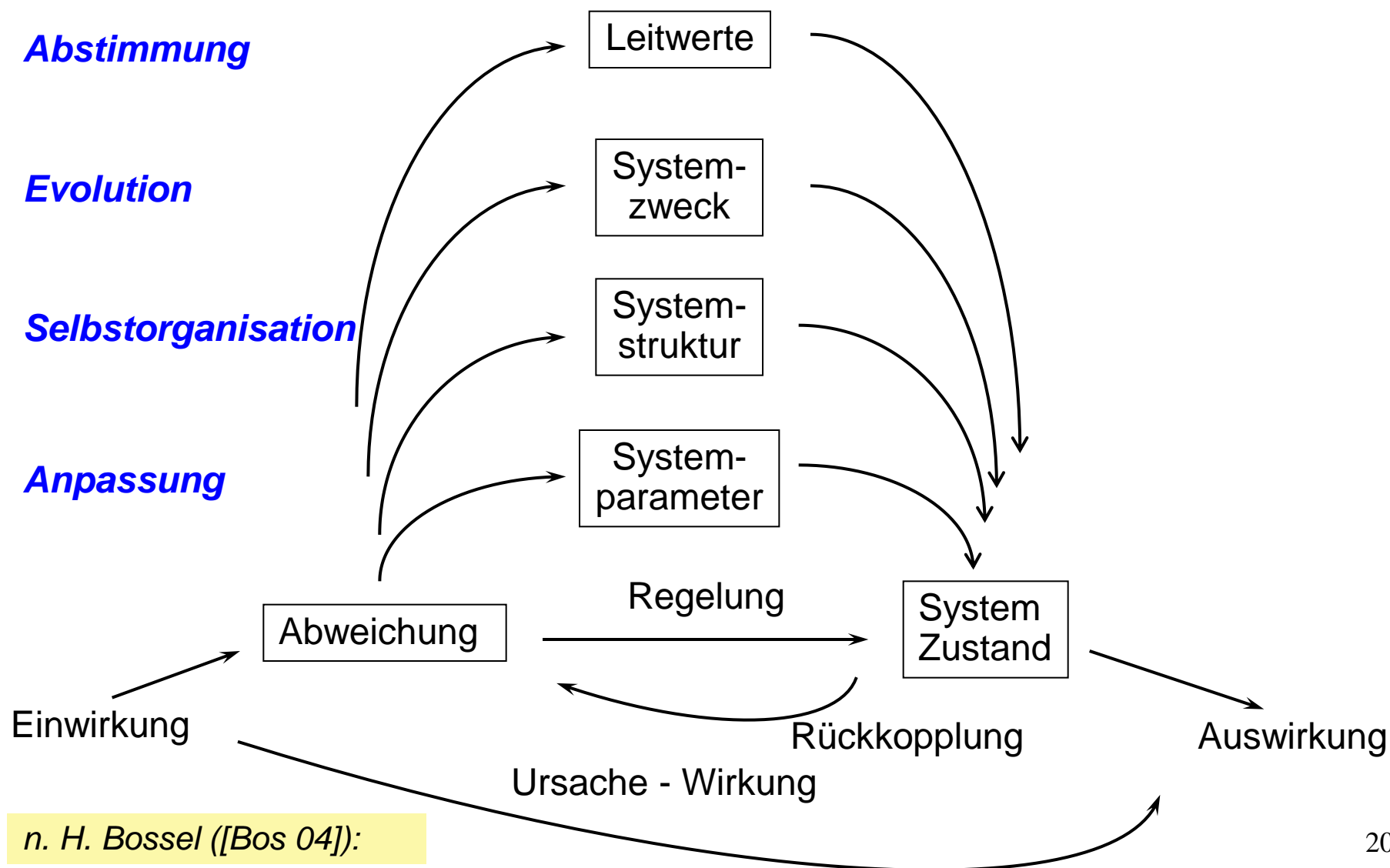
Ansatz der temporalen / modalen Logik:

- Definition logischer, zeitbehafteter Abhängigkeiten
Darstellung: Formeln, Axiome, Regeln mit temporalen / modalen Junktoren bzw. Quantoren

Naiver Ansatz:

- Beschreibung zeitlicher und kausaler Abhängigkeiten
Darstellung: Wenn-Dann-Regeln, Tabellen, Graphen, Natürliche Sprache

Verhalten komplexer Systeme



Spektrum der dynamischen Modellierung

H. Bossel umreißt das Spektrum verschiedener Ansätze durch eine Liste von Dichotomien (vgl. [Bos 04]):

- *systemerklärend* \Leftrightarrow *verhaltensbeschreibend*
- *real (messbare) Parameter* \Leftrightarrow *(zur Modellbildung) angepasste Parameter*
- *konstante Parameter* \Leftrightarrow *zeitvariante Parameter*
- *deterministisch* \Leftrightarrow *zufallsbehaftet / stochastisch*
- *linear* \Leftrightarrow *nicht-linear*
- *(Zeit-) kontinuierlich* \Leftrightarrow *(Zeit-) diskret*
- *(Raum-) kontinuierlich* \Leftrightarrow *(Raum-) diskret*
- *Autonom (geschlossen)* \Leftrightarrow *exogen getrieben / treibend (offen)*
- *numerisch* \Leftrightarrow *nicht-numerisch*
- *aggregiertes Verhalten* \Leftrightarrow *individuelles Verhalten*

Konzepte dynamischer Modellierung

- **Zeit**

Relativ oder absolut? Explizit oder implizit?

- **Zustand**

(System-) global oder lokal? Komplex (mit Unter-Zuständen) oder nicht? Mit ausgelösten Aktionen vor / während / nach .. oder nicht?

- **Zustandsübergang**

Mit ausgelösten Aktionen vor / während / nach .. oder nicht? Wie abgegrenzt von *Ereignis*?

- **Ereignis**

Zeitbehaftet oder nicht? Wie abgegrenzt von *Zustand* / *Z.-übergang* / *Bedingung*?

- **Bedingung**

Zeitbehaftet oder nicht? Wie abgegrenzt von *Ereignis*?

- **Aktivität / Aktion**

Unterschiedliche Konzepte? Zeitbehaftet oder nicht? Wie verankert im Zustandsmodell?

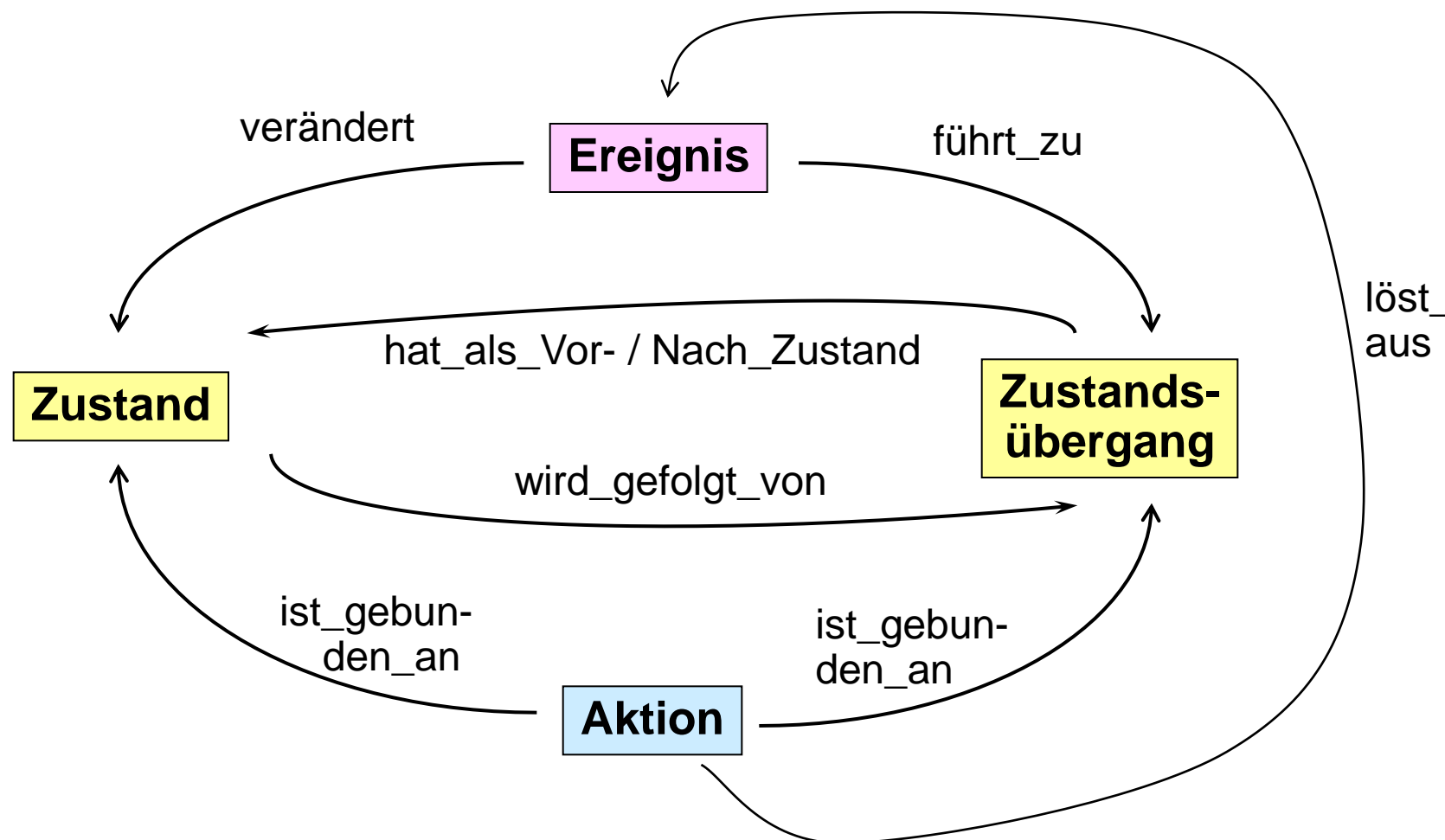
- **Abhängigkeit**

Wie formalisierbar? In welcher Beziehung (kausal, temporal, logisch, funktional, ..)

Dynamische Modellierung: Wichtige Begriffe

- **Zustand** (*state*): Beschreibung einer Situation, in der ein Objekt bezüglich bestimmter ausgewählter Eigenschaften unverändert bleibt. Solche Eigenschaften werden mit Hilfe von sog. *Zustandsvariablen* beschrieben. Damit lassen sich Zustände als *Bedingungen* über den Zustandsvariablen definieren: Das Objekt befindet sich im Zustand, so lange die Bedingung gilt. Zustände haben i.a. eine begrenzte zeitliche Dauer.
- **Zustandsübergang** (*state transition*): Veränderung an einem Objekt, die dieses von einem Zustand in einen anderen überführt. D.h. ein Zustandsübergang tritt ein, wenn die Zustandsvariablen so verändert werden, dass die an den betroffenen Zustand geknüpften *Bedingungen* nicht mehr erfüllt sind. Zustandsübergänge werden i.a. durch *Ereignisse* ausgelöst.
- **Ereignis** (*event*): Geschehen, das in einem gegebenen Kontext eine Bedeutung hat und das sich räumlich und zeitlich lokalisieren lässt. Ein Ereignis führt zur Veränderung von Zustandsvariablen und damit in der Regel zu einem oder mehreren *Zustandsübergang(en)* von betroffenen Objekten.
- **Aktion** (*action*): beinhaltet die Ausführung einer oder mehrere Operationen und kann entweder an einen Zustand oder an einen Zustandsübergang gebunden sein. Bem.: Statt "Aktion" wird in UML 1.x zuweilen auch der Begriff "Aktivität" verwendet.

Dynamische Konzepte und ihre Zusammenhänge



Vorgehen bei der Modellbildung und Simulation

Nach H. Bossel durchläuft der Systemanalyse-Prozess die folgenden Schritte (vgl. [Bos 04]):

- **Modellkonzept entwickeln**

Maßgeblich dafür: Modellzweck, Abgrenzung, Systemkonzept ("Wortmodell"), Wirkungsstruktur, Qualitative Analyse

- **Simulationsmodell entwickeln**

Dimensionale Analyse (der Elemente der Wirkungsstruktur), Ermittlung funktionaler Beziehungen, Quantifizierung der Beziehungen, Darstellung im Simulationsdiagramm,

- **Systemverhalten simulieren**

Auswahl der Simulations-Software, Bestimmung von System- und Laufzeitparametern, Programmierung, Ergebnisdarstellung, Gültigkeitsprüfung

- **System entwerfen und Eingriffe planen**

Eingriffsplanung, Systemänderung und Optimierung, Stabilisierung durch Parameter- und Strukturänderungen

- **Modell und System weiter analysieren, ggf. anpassen**

(u.a.) Ermittlung von Gleichgewichtspunkten, Linearisierung, Parameter-Variation

Literatur

- [BHKL 89] G. Barkow, W. Hesse, H.-B. Kittlaus, A.L. Luft, G. Scheschonk, A. v. Stülpnagel: Begriffliche Grundlagen für die frühen Phasen der Software Entwicklung, Information Management 4/89, pp. 54-60 (1989)
- [DIN 82] DIN 44300: Informationsverarbeitung -Begriffe. Beuth-Verlag, Berlin 1982
- [FHL+98] E. Falkenberg, W. Hesse, P. Lindgreen, B.E. Nilsson, J.L.H. Oei, C. Rolland, R.K. Stamper, F.J.M. Van Assche, A.A. Verrijn-Stuart, K. Voss: FRISCO - A Framework of Information System Concepts - The FRISCO Report. IFIP WG 8.1 Task Group FRISCO. Web version: <ftp://ftp.leidenuniv.nl/pub/rul/fri-full.zip> (1998)
- [Hes 06] W. Hesse: Modelle - Janusköpfe der Software-Entwicklung - oder: Mit Janus von der A- zur S-Klasse. Proc. Modellierung 2006, pp. 99-113. Springer LNI P-82 (2006)
- [H-M 08] W. Hesse, H.C. Mayr: Modellierung in der Softwaretechnik: eine Bestandsaufnahme Informatik-Spektrum 31.5, pp. 377-393 (2008)
- [Hes 08] W. Hesse: Engineers discovering the "real world" – From Model-driven to Ontology-based Software Engineering (Invited Talk). Proc. 7th Int. Conf. on Information Systems Technology and e-Business Technologies, UNISCON 2008; Springer LNBIP 5, pp. 136-147 (2008)

Literatur (Forts.)

- [K-K 05] U. Kastens, H. Kleine Büning: Modellierung – Grundlagen und formale Methoden. Hanser 2005
- [Lud 02] J. Ludewig: Modelle im Software Engineering - eine Einführung und Kritik. In: M. Glinz et. al (Hrsg.): Proc. Modellierung 2002. LNI P-12 Koellen-Verlag 2003
- [Scn 97] H.J. Schneider (Hrsg.): Lexikon Informatik und Datenverarbeitung, Version 4.0, Oldenbourg 1997
- [Sta 73] H.Stachowiak: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien 1973
- [UML 97/ 99/ 03] OMG *Unified Modelling Language Specification*, verschiedene Versionen, insb. Version 1.5, 2003. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>
- [UML 06] OMG *Unified Modelling Language Specification* Version 2.0, 2006
<http://www.uml.org/#UML2.0>