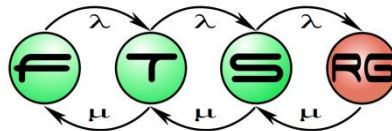


Systemmodellierung

Dr. PATARICZA András
HUSZERL Gábor

Budapest University of Technology and Economics
Fault Tolerant Systems Research Group



Die Lehrveranstaltung

- Lehrveranstaltung
 - 3 in 1 (auf ungarisch/deutsch/englisch)
- Dr. PATARICZA András
 - Verantwortlicher Professor
- GÖNCZY László
 - Operative Leitung, Organisatorische Fragen
- HUSZERL Gábor (huszerl@mit.bme.hu)
 - deutschsprachige Vorlesung/Übung/...
- SOMOGYI Gábor
 - HiWi

Die Lehrveranstaltung

- 14 Vorlesungen
 - Mittwochs 10-12 Uhr, Ort?
- 6 Übungen
 - Freitags 10-12 Uhr (in geraden Wochen), I.B413
 - Tests (keine Eingangstests!)
 - Es lebe der 1. Mai!
- 1 Hausaufgabe
 - mit mündlicher Verteidigung
- 2 Klausuren
 - 8. und 14. Woche, Donnerstag früh
 - mit Eingangstest

Bewertung

- Klausuren (mit Eingangstest): 35%+35% der Endnote
- Hausaufgabe (mit Verteidigung): 30% der Endnote
 - alle drei Teile mit mindestens 40% der Punkte
 - eine Klausur und die Hausaufgabe kann nachgeholt werden
- Optionale Zusatzpunkte:
 - Teilnahme an den Übungen (mind. 5 aus den 6): +5%
 - Übungsvorbereitungen (mind. 5 Tests aus den 6): +5%
 - optionale Zusatzaufgaben für zusätzliche Punkte

Thematik

1-2 Grundlagen der Modellierung

Von der textuellen Spezifikation
zum Modell

3-4 Strukturelle Modelle,
Datenmodellierung

Modellierung von Datenschemata

5-6 Zustandsmodellierung

Zustandsmodellierung

7-8 Verhaltenmodellierung

Dynamische Systemmodelle

9-10 Entwicklung der Modelle

Entwicklung der Modelle

11 Visuelle Datenanalyse

12 Performance Modellierung

Performance Modellierung

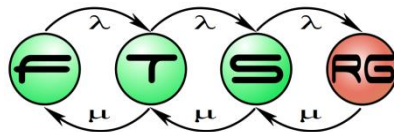
13-14 Zugabe:
konstruktive Modellierung

Grundlagen der Modellierung

Dr. PATARICZA András

HUSZERL Gábor

**Budapest University of Technology and Economics
Fault Tolerant Systems Research Group**



Inhalt

Modelle und
Modellierung

Wofür werden Modelle
benutzt?

Grundbegriffe

Illustrative
Beispiele

Inhalt

Modelle und
Modellierung

Wofür werden Modelle
benutzt?

Grundbegriffe

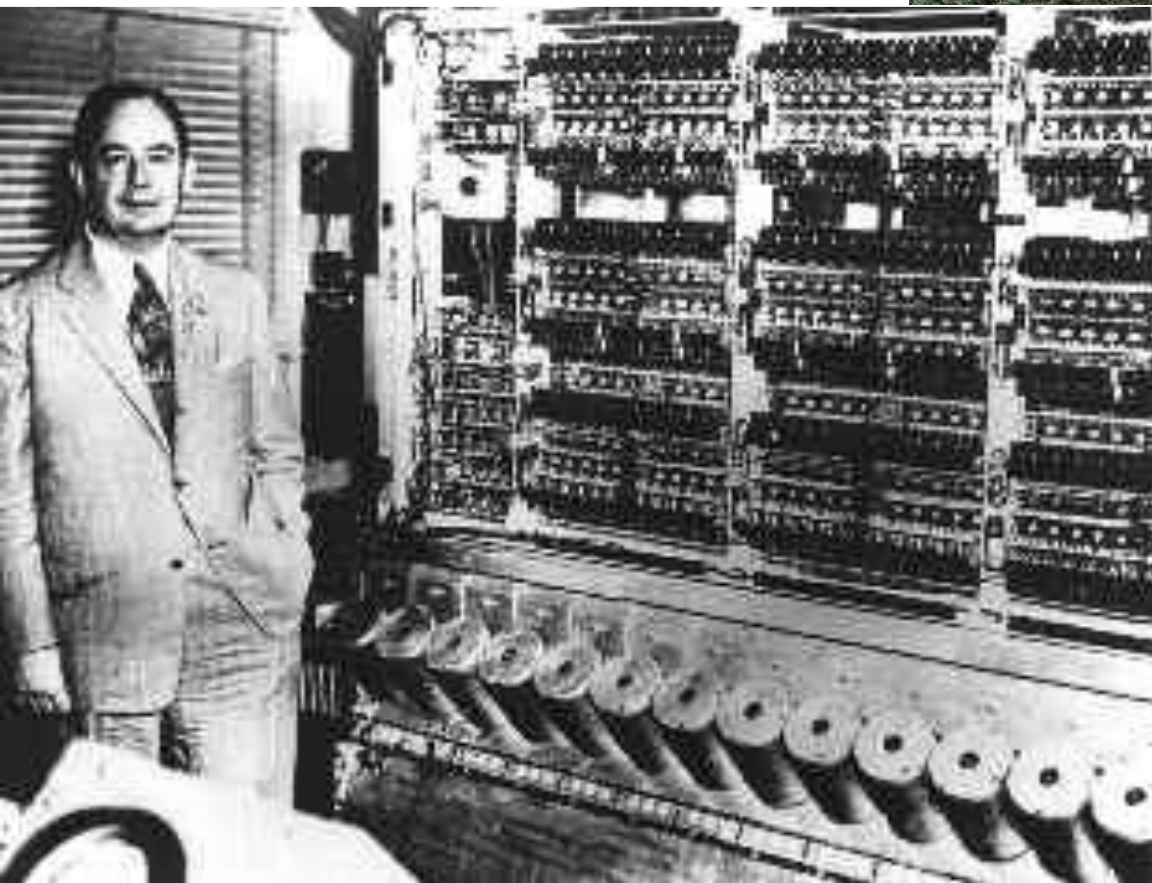
Illustrative
Beispiele

Modelle und Modellierung

Was ist ein Modell?

- "The sciences
 - do not try to explain,
 - they hardly even try to interpret,
 - they mainly make models.
- By a model is meant
 - a mathematical construct which,
 - with the addition of certain verbal interpretations,
 - describes observed phenomena.
- The justification of such a mathematical construct is solely and precisely that it is expected to work.,,

János von Neumann



E HÁZBAN SZÜLETETT
ÉS ÉLT 18 ÉVES KORÁIG
NEUMANN JÁNOS
1903 — 1957

A XX. SZÁZAD EGYIK LEGKIVÁLÓBB
MATEMATIKUSA,
AKI 1951 — 1952 — BEN
AZ AMERIKAI MATEMATIKAI
TÁRSULAT ELNÖKE VOLT.
AZ EMLÉKTÁBLÁT SZÜLETÉSÉNEK
100. ÉVFORDULÓJÁRA
A BOLYAI JÁNOS MATEMATIKAI
TÁRSULAT ÉS
AZ AMERIKAI MATEMATIKAI
TÁRSULAT KÖZÖSEN ÁLLÍTOTTA.



IN THIS HOUSE WAS BORN
AND LIVED UNTIL HE WAS 18
JOHN VON NEUMANN
1903 — 1957

ONE OF THE MOST OUTSTANDING
MATEMATICIANS OF THE 20TH
CENTURY. PRESIDENT OF THE
AMERICAN MATHEMATICAL
SOCIETY IN 1951 — 1952.

THIS MEMORIAL PLAQUE WAS
ERECTED JOINTLY BY THE
JÁNOS BOLYAI MATHEMATICAL
SOCIETY AND THE AMERICAN
MATHEMATICAL SOCIETY ON THE
100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH.

Was ist ein Modell?

- **Vereinfachtes Bild** eines **Teiles** einer realen oder hypothetischen Welt („des Systems“), das das System in bestimmten Überlegungen **ersetzen kann**
- Entscheidungen:
 - **Welches Teil der Welt?**
 - **Was wird vernachlässigen?**
 - **Wie kann es der Welt entsprechend gemacht werden?**
- Vorteile
 - kleiner (endlich)
 - übersichtlicher

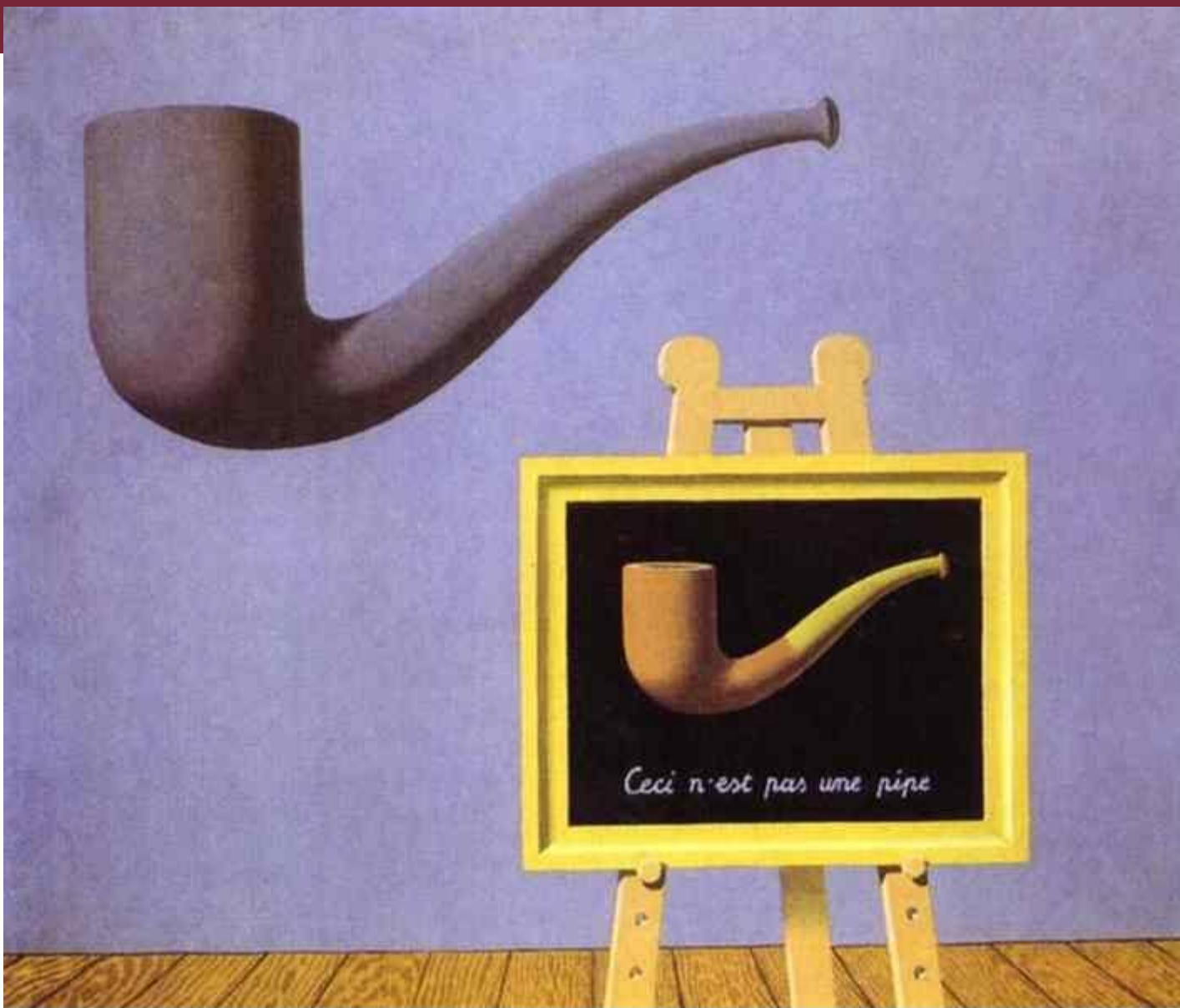
Wann kann es verwendet werden und wann lohnt es sich?

Was ist KEIN Modell?

- Das Modell ist nicht die Wirklichkeit!



- Das Modell ist nicht das Diagramm
 - nur eine Sicht



abcgallery.com - Internet's biggest art collection

Modell vs. Wirklichkeit



Mathematisches Modell vs. Wirklichkeit

- Jedes Modell:
eine geschlossene Welt
 - Effekte, Faktoren
 - Parameter
 - Gültigkeit
- Das Modell funktioniert
außer dieser Welt unsicher
- Nicht alles kann im Voraus
ausgedrückt werden
 - *menschliche Entscheidung*
 - *generierte Modelle*
- *Validation der Lösung*

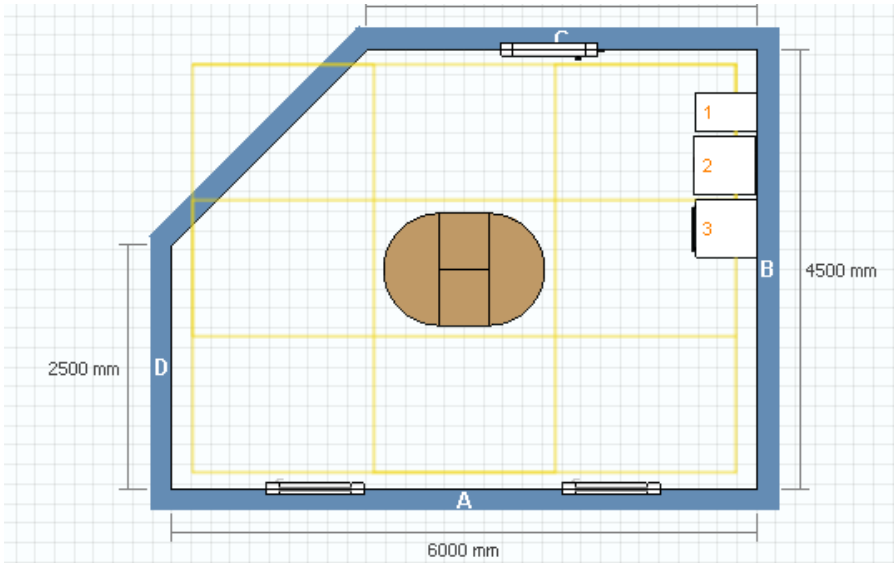
- Normale Funktion
 - Randbedingungen
 - Genug Material steht zur Verfügung
 - **Jede** Bestellung termingerecht
 - Zielfunktion:
 - Kosteneffizienz
- Außerordentlicher Fall
 - Randbedingung
 - Materialmangel
 - Zielfunktion:
 1. **Möglichst viele** Bestellung termingerecht
 2. Kosteneffizienz

Welchen Sinn hat die Modellierung?

- Ich schreibe Software. Soll ich auch modellieren?
 - Du machst es schon!
 - (Der Quellencode der Software ist auch ein Modell)
 - Was wichtiger sind: **mentale Modelle**
- Wann müssen die Modelle ausdrücklich *dokumentiert* werden?
 - Hauptfunktion der Modelle: **Kommunikation**
 - Mensch → Mensch
 - Mensch → Maschine
 - Maschine → Maschine
 - Mensch → er selbst, wenig später
 - z. B. sollte man sich jahrelang auf die Gründe der Entwurfsentscheidungen erinnern

Modellierung in der praktischen Welt?

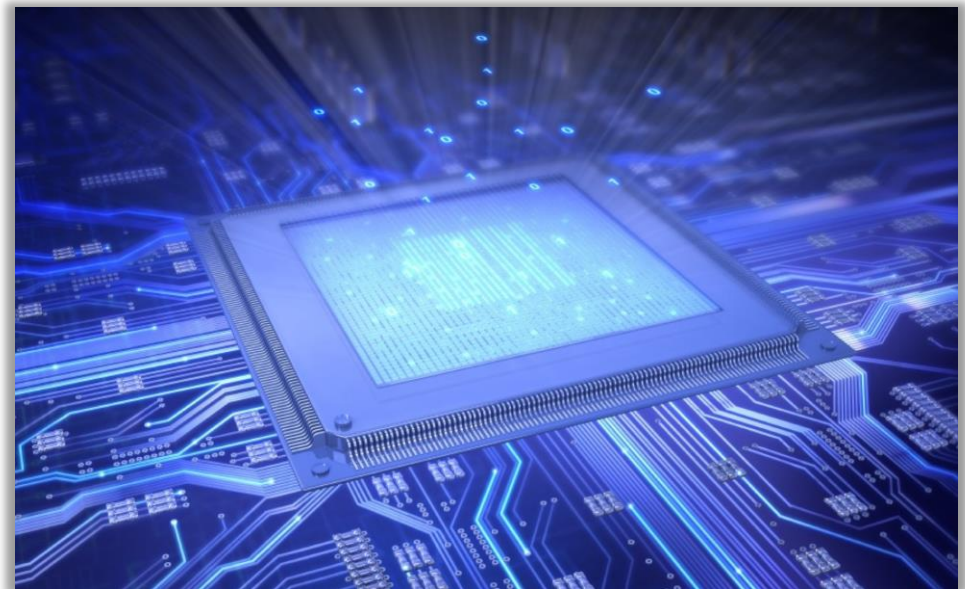
zB.: [schwedische Firma] webbasierter Küchenplaner



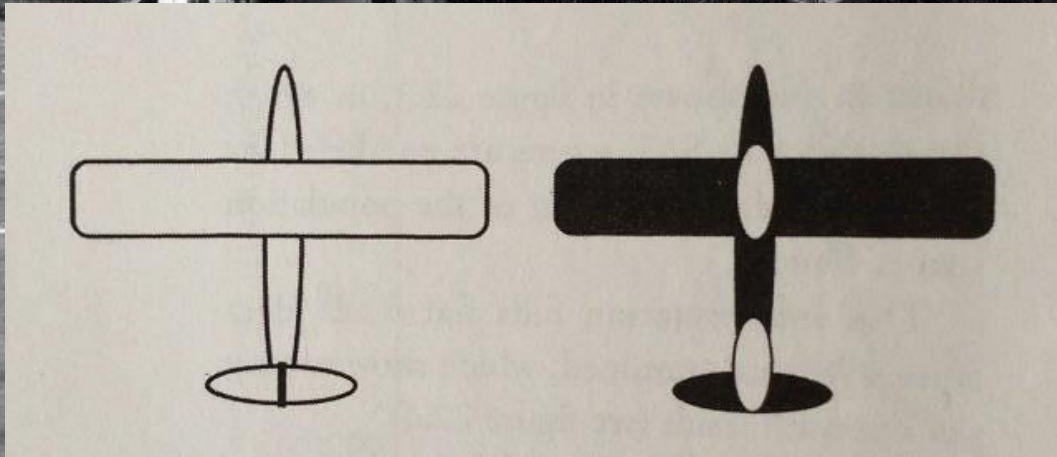
Auch das ist eine Modellierungssprache! 😊

- VHDL, Verilog – Fachgebieten-spezifische Hardwarebeschreibungssprachen

```
1
2 ...
3 ARCHITECTURE Struct OF MyLogic IS
4
5     COMPONENT And2 IS
6         PORT (x, y: IN std_logic;
7             f: OUT std_logic);
8     END COMPONENT;
9
10    COMPONENT CustomHW IS
11        PORT (x: IN std_logic;
12            f: OUT std_logic);
13    END COMPONENT;
14
15    SIGNAL n1, n2: std_logic;
16
17 BEGIN
18     And2_1: And2 PORT MAP ( , , );
19     And2_2: And2 PORT MAP ( , , );
20     CustHW: CustomHW PORT MAP ( , , );
21 END Struct;
22
```



Wald Ábrahám



Modellierungssprachen

- Das Ziel ist die Kommunikation
 - Verständnis des Modells ist nötig
 - **Modellierungssprachen**
- Syntax
 - „mathematische Struktur“: abstrakte Syntax
 - Darstellung: konkrete Syntax
 - graphische Symbole / Textformat
- Semantik
- Randbedingungen, Einschränkungen
 - Syntaktische Korrektheit, Wohlgeformtheit
 - Entwurfskonventionen (jede Gruppe hat ihre eigene)

Inhalt

Modelle und
Modellierung

Wofür werden Modelle
benutzt?

Grundbegriffe

Illustrative
Beispiele

**WOFÜR WERDEN MODELLE
BENUTZT?**

Systemplanung als Prozess

Management

- Besorgung, Versorgung
- Planung, Führung, Bewertung

ANSI/EIA 632
Standard

System-
planung

- Definition der Anforderungen
- Definition der Lösung

Ingenieuraufgaben

Produkt
Herstellung

- Implementation
- Benutzbarkeit

Diese werden
typischerweise
mit Modellen
unterstützt

Auswertung

- Systemanalyse
- Anforderungsvvalidation
- Systemsverifikation
- Endproduktvalidation

Systemplanung als Prozess - Analogie



Management

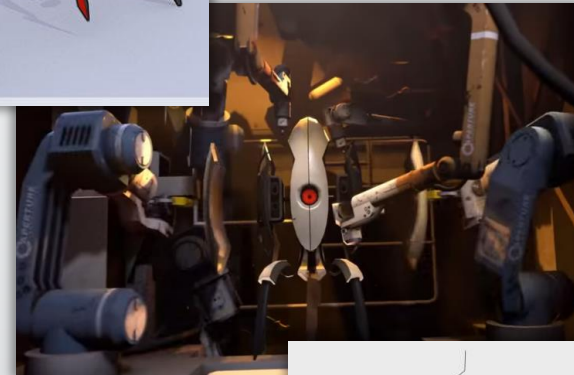
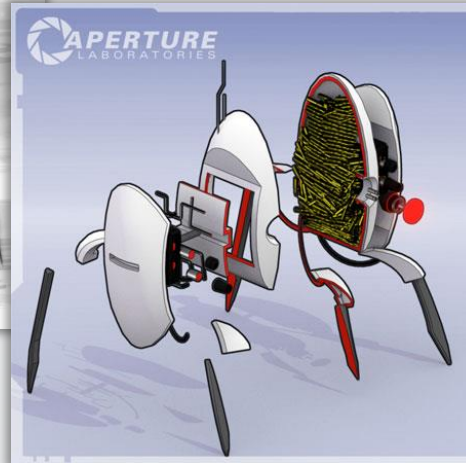
System-
planung

Herstellung
der Produkt

Verifikation:
Entsprechung den
Anforderungen

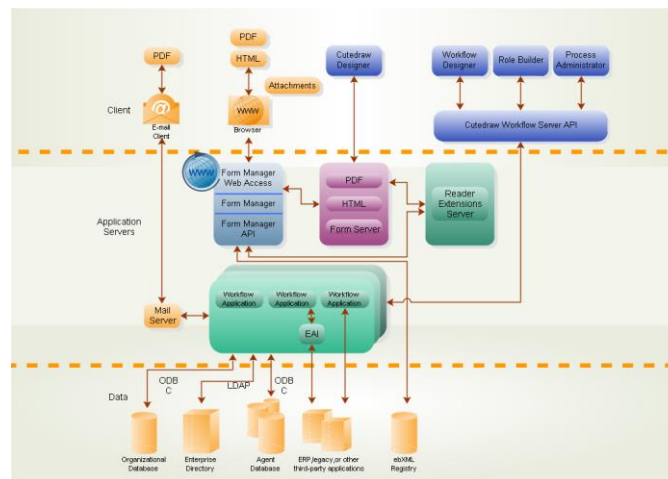
Auswertung

Ingenieuraufgaben



Anwendung – Dokumentation

- Das Modell ist einfacher
 - leichter kommunizierbar, als die ganze Wirklichkeit
 - ständig verfeinerbar (siehe später ...)
- Kommunikation, Veranschaulichung
 - Demonstration (siehe später ...)
 - verständliche textuelle Sprache
 - anschauliches Diagramm
- Überlegungen, Unterstützung der Planung
 - die Aspekte sind ähnlich
 - „Selbstkommunikation“



Anwendung – Ableitung

- Manuell oder (teilweise) automatisiert
- Ergebnis
 - Generierung von Programmcode, analysierbarer Sprache, usw.
 - Anderes Modell
 - Verfeinerung, nächste Entwurfsphase
 - Teilaspekte
 - Integration der Modelle
- Es kann eigenschaftserhaltend sein

Anwendung – Simulation

- Validation
 - „Habe ich es richtig erbaut?“
- Demonstration
 - Als Mittel der Kommunikation
- Experiment
 - zur Analyse von Eigenschaften
 - Messungen
 - in der Wirklichkeit nur kostspielig ausprobierbar
 - auf theoretischem Weg nicht im Voraus bestimmbar

Inhalt

Modelle und
Modellierung

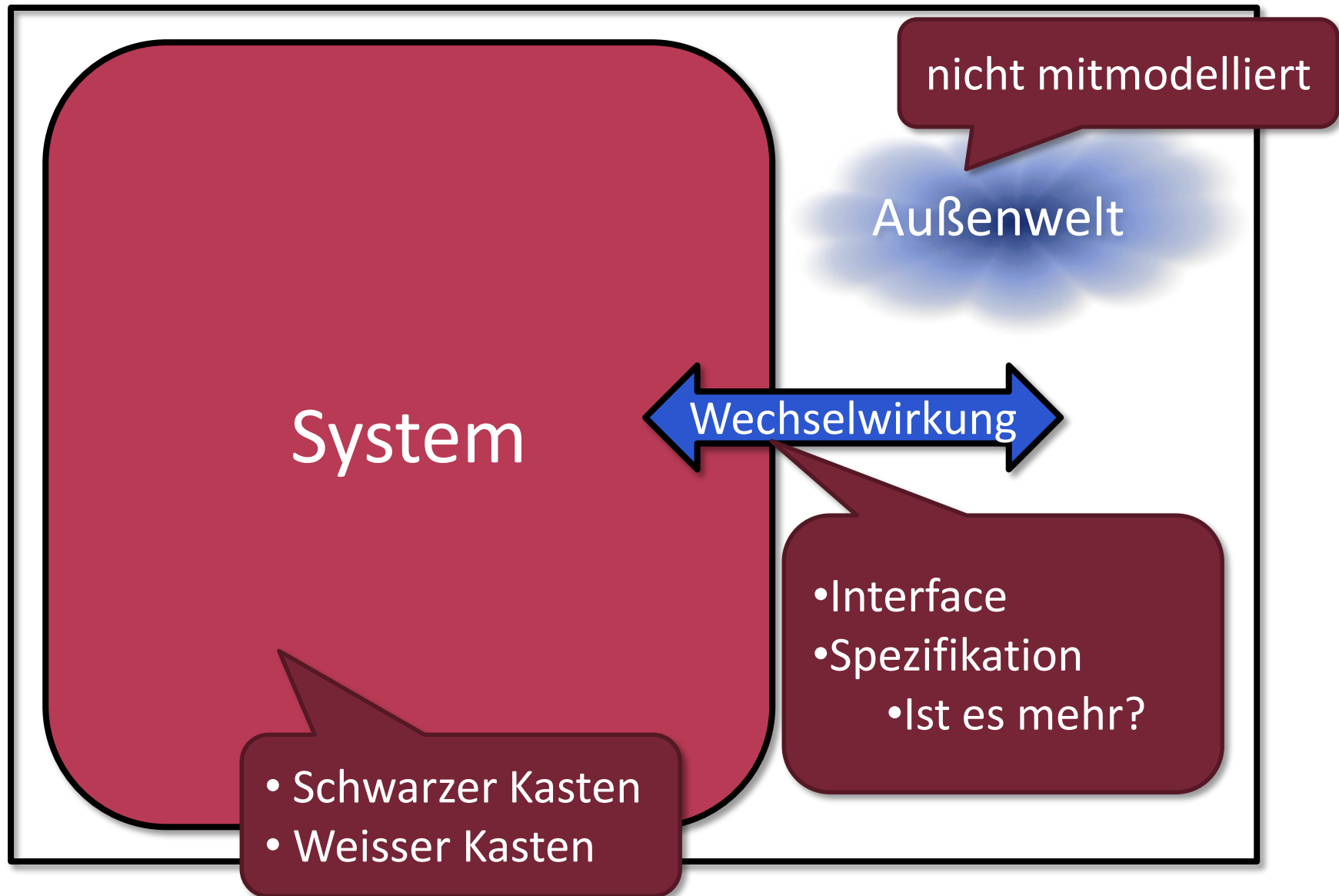
Wofür werden Modelle
benutzt?

Grundbegriffe

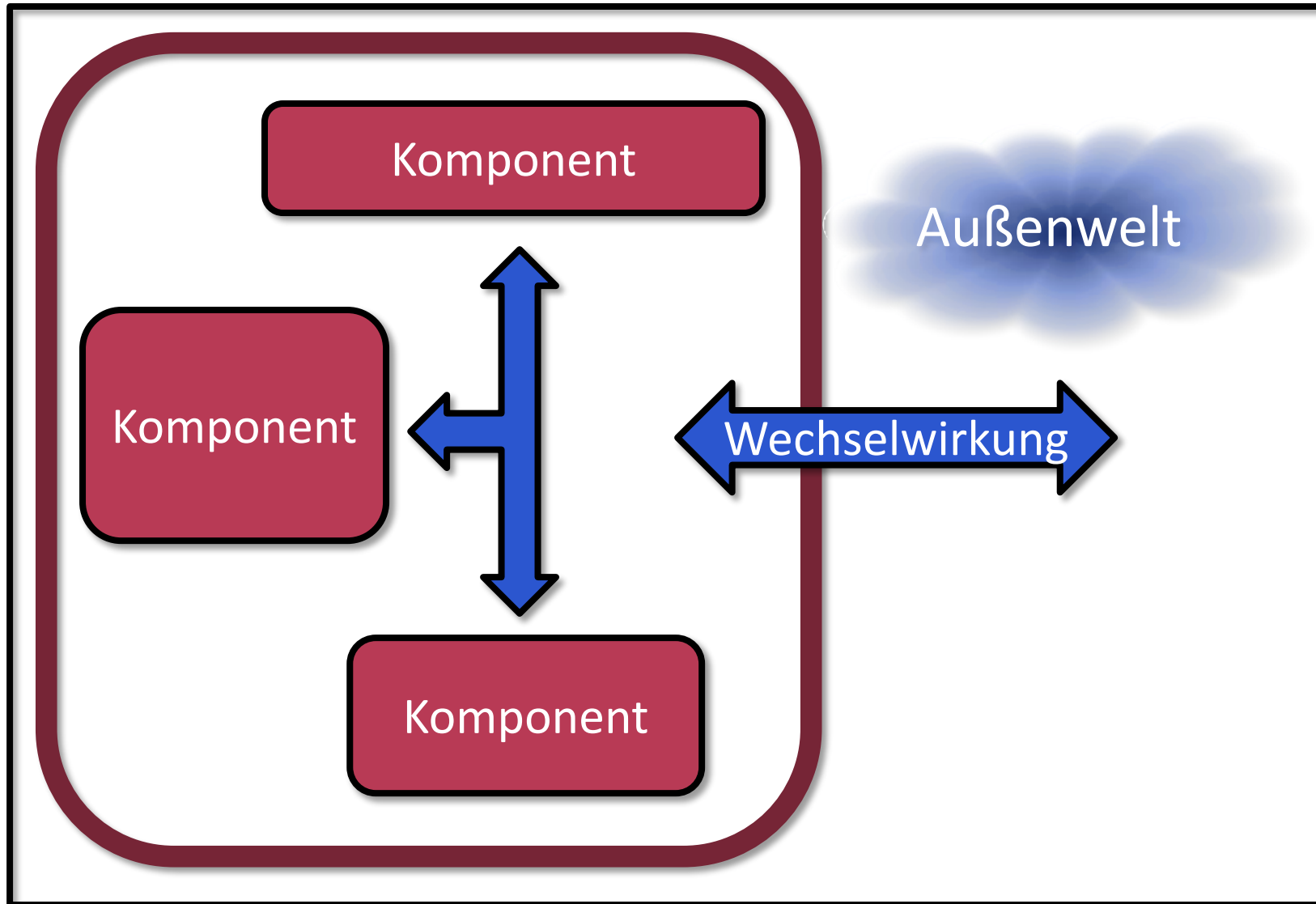
Illustrative
Beispiele

Grundbegriffe der Modellierung

Grundbegriffe – System und Außenwelt



Grundbegriffe – System und Außenwelt



Grundbegriffe – Verfeinerung/Abstraktion

■ *Verfeinerung:*

Bereicherung des Modells mit Einzelheiten

- ... so dass die originale Modellabstraktion erhalten bleibt
- Auf die vorigen Folie wurde eine *hierarchische Verfeinerung*
 - „Kasten auspacken“

■ *(vertikale) Abstraktion:* Inverse der Verfeinerung

■ Nicht nur die Struktur kann verfeinert werden ...

- z.B. Mengenverfeinerung: Wertemengen von Variablen
 - anstatt **gut** / **schlecht**
 - **schnell** / **durchschnittlich** / **langsam** / **mangelhaft** / **gefährlich**

Grundbegriffe – Verfeinerung

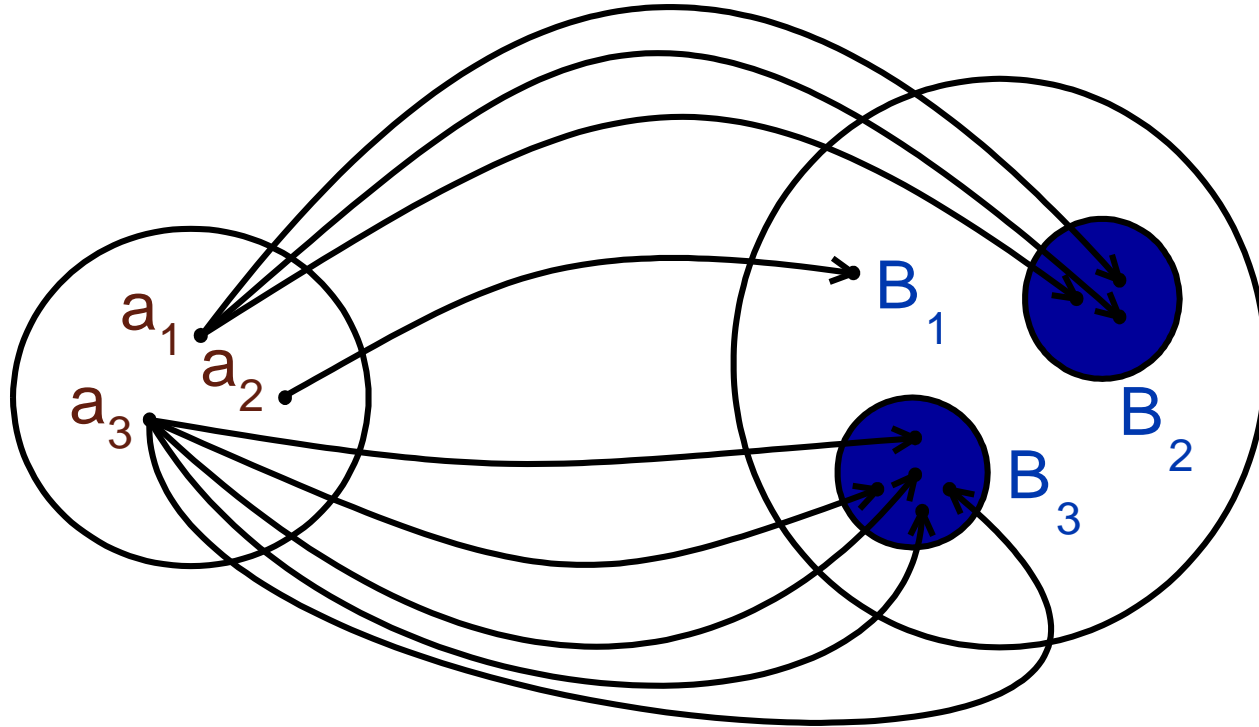


Grundbegriffe – Verfeinerung



Mengenverfeinerung

Zuordnung disjunkter Teilmengen zu den Elementen



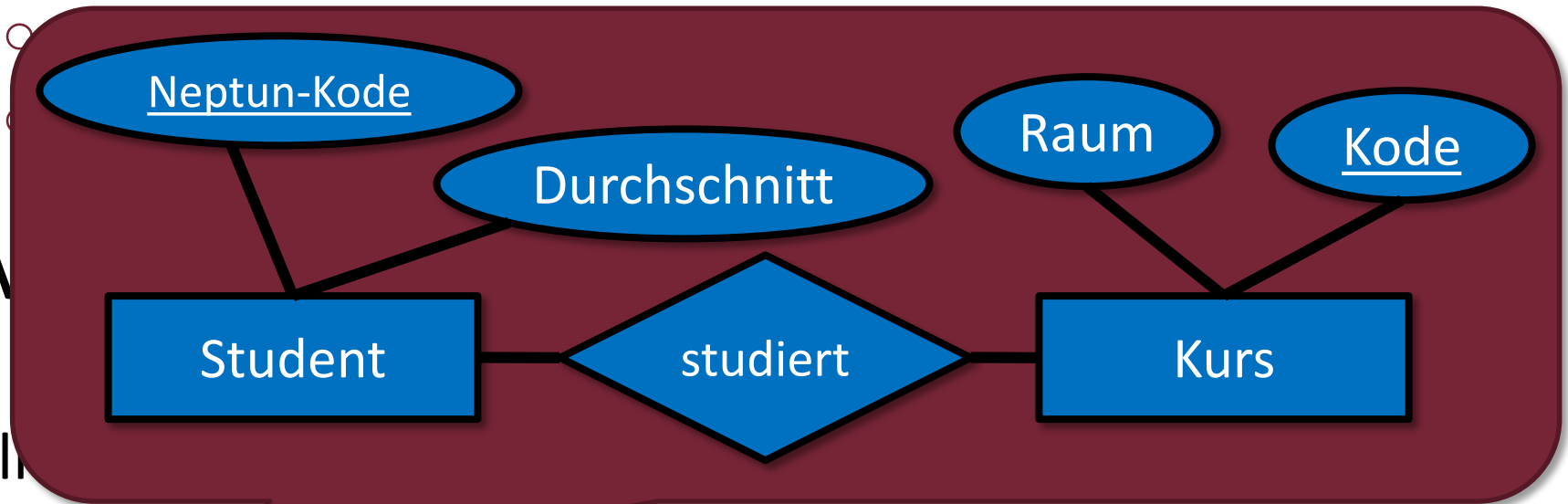
$\forall a_i \in A, R(a_i) \subset B$ so, dass $R(a_i) \cap R(a_j) = \emptyset \quad \forall i, j$

Grundbegriffe - Metamodellierung

- Modellierungssprache: welche Elementarten gibt es?
 - ... was für Relationen kann es unter diesen Elementen geben?
 - ... wie sind die Relationen zwischen diesen Elementarten?
- **Metamodell** = das Modell einer Modellierungssprache
- Illustrationen, die Alle kennt
 - Individuum-Verbindung (ER) Modell
 - UML Class Diagramm → Klassendiagramm
 - Datenbankplatte → Datenbankschema mit Relationen
 - XML Dokument → XML Schema (oder DTD)
 - ...

Grundbegriffe - Metamodellierung

- Modellierungssprache: welche Elementarten gibt es?



- M
- III
- Individuelle Verbindung (ER) Modell
- UML Object Diagramm → Klassendiagramm
- Datenbankplatte → Datenbankschema mit Relationen
- XML Dokument → XML Schema (oder DTD)
- ...

Inhalt

Modelle und
Modellierung

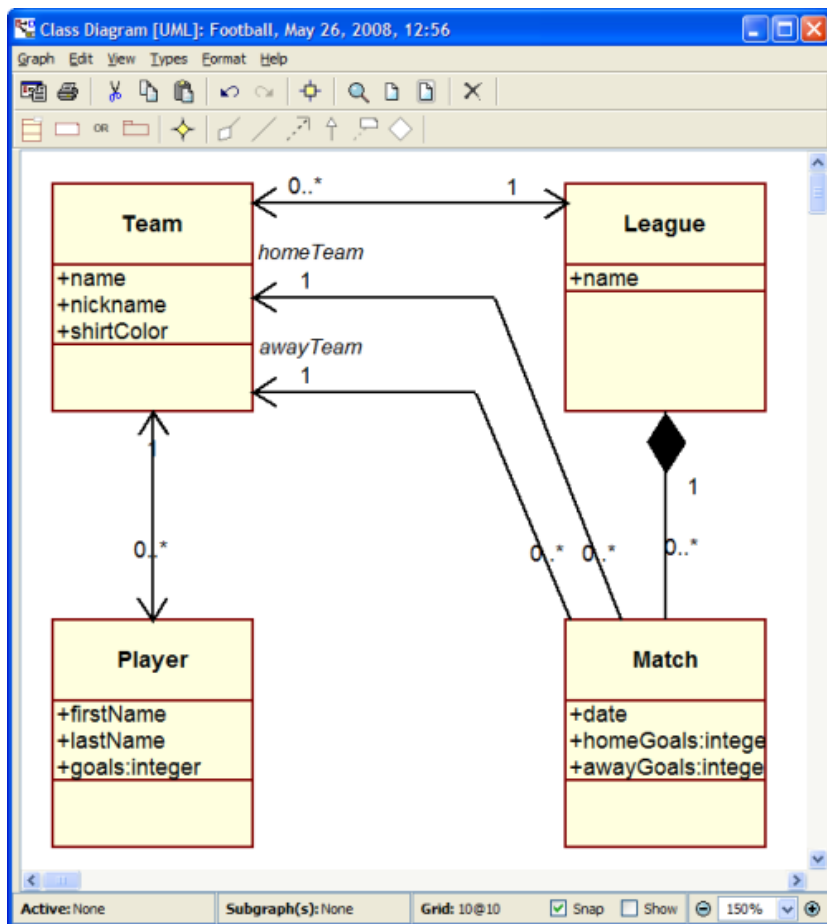
Wofür werden Modelle
benutzt?

Grundbegriffe

Illustrative Beispiele

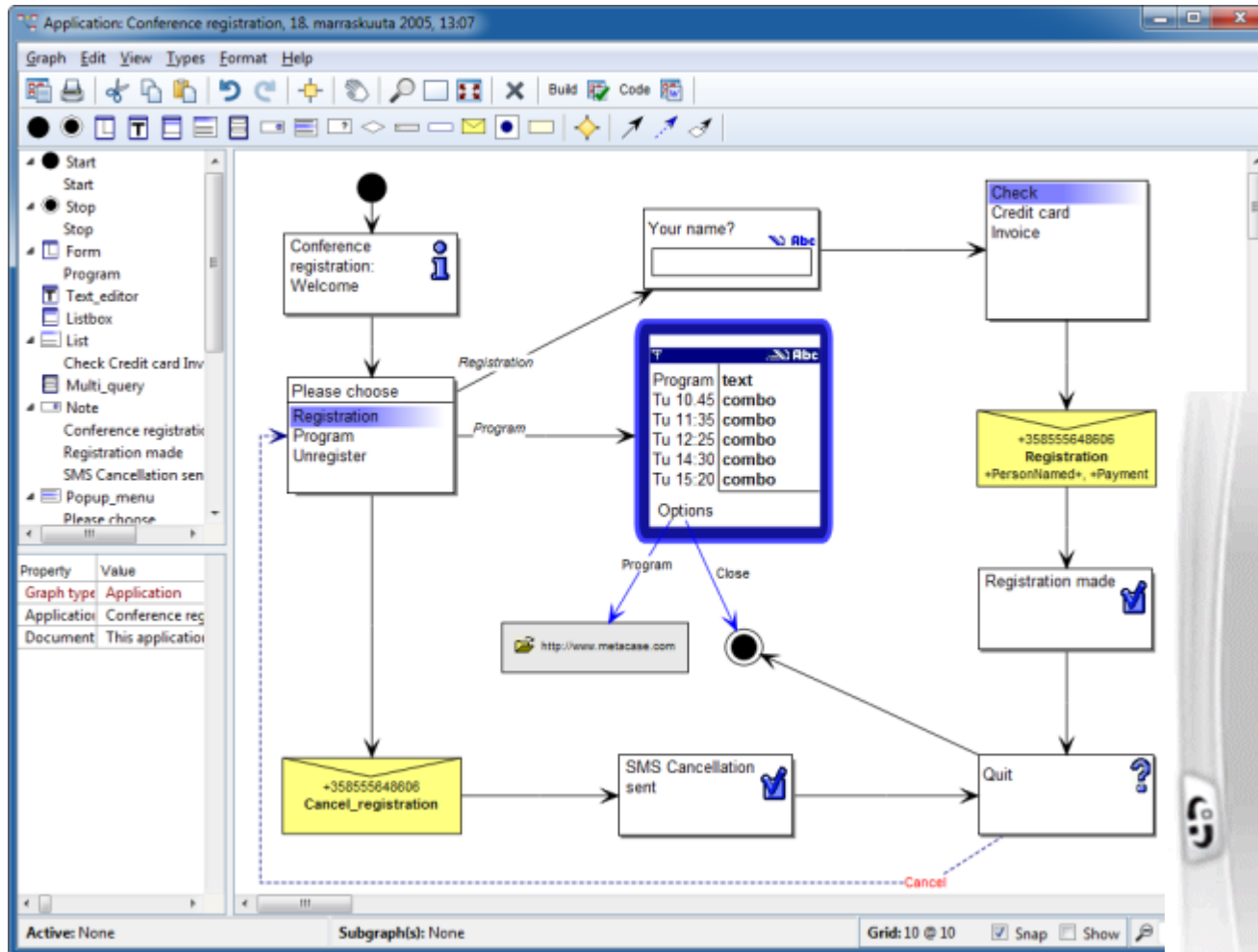
Illustration

Entwicklung einer Webanwendung

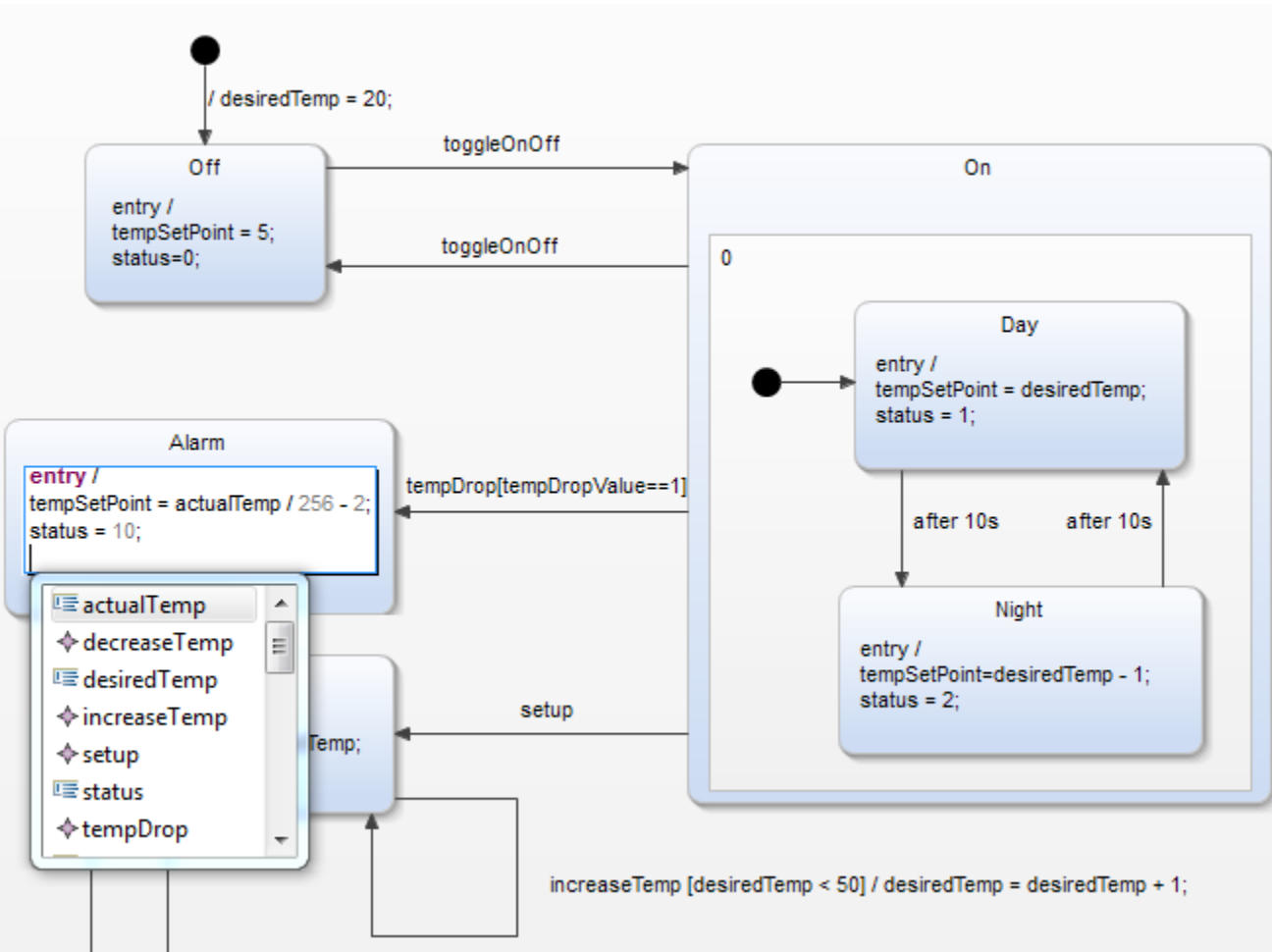


The screenshot shows a web browser window titled "League [Gears] - Mozilla Firefox". The page has a yellow header with the title "League [Gears]". Below the header, there is a form to "Enter a League to store in the database:" with a text input for "name" and an "OK" button. Underneath, there are two sections: "Teams" with "New" and "View All" buttons, and "Matches" with "New" and "View All" buttons. A section titled "4 most recently edited League entries:" shows a table with one entry: "Premiership" with "Edit" and "Delete" buttons. At the bottom of this section are "New", "View All", and "Delete All" buttons. A link "Back to top page of Football application." is provided. A note at the bottom states: "This page uses Gears to record your entries on the local disk. If you navigate away and revisit this page, all your data will still be here. Try it!"

Entwicklung einer Smartphone-Anwendung



Yakindu - Zustandsdiagramm



```

import java.io.*;
import java.net.*;
import java.security.*;
import protection;

public class Client {
    public void sendAuthentication(String user,
    OutputStream outputStream) throws IOException {
        DataOutputStream out = new DataOutputStream(
        outputStream);
        long t1 = (new Date()).getTime();
        byte[] protected1 = Protection.main(
        user, t1);
        long t2 = (new Date()).getTime();
        double q1 = Math.random();
        double q2 = Math.random();
        byte[] protected2 = Protection.main(
        user, t2, q1, q2);
        out.writeUTF(user);
        out.writeInt(protected1.length);
        out.write(protected2);
        out.flush();
    }
}

public static void main(String[] args) {
    String host = args[0];
    int port = 7999;
    String user = "John";
    String password = "shh";
    Socket s = new Socket(host, port);
    Client client = new Client();
    client.sendAuthent
  
```


KOMPLEXE FALLSTUDIEN

Ausblick

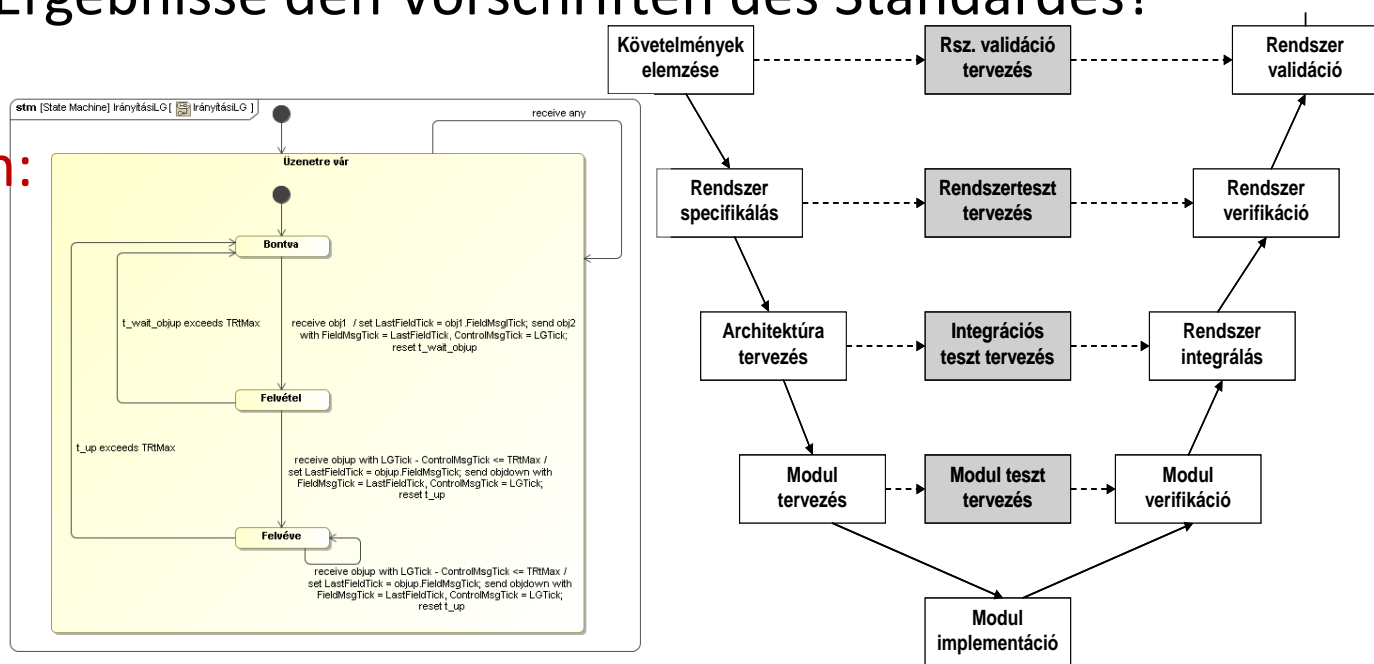
- Entwicklung von Bahnsicherheitssysteme
- Entwicklung von Flugzeugsysteme
- Robotik
- „Wolken“ Rechentechnik

Entwicklung von Bahnsoftware

- **Zu lösendes Problem:**
Überprüfung der Entwicklungsphasen einer SIL-4 Bahnsignalvermittlungsanwendung und dessen Ergebnissen aufgrund des für die Software in Bahnwesen geltende Standardes (EN50128)
- Entsprechen die Ergebnisse den Vorschriften des Standardes?

Herausforderungen:

- systematische Überprüfung
- Modellierung und formale Verifikation



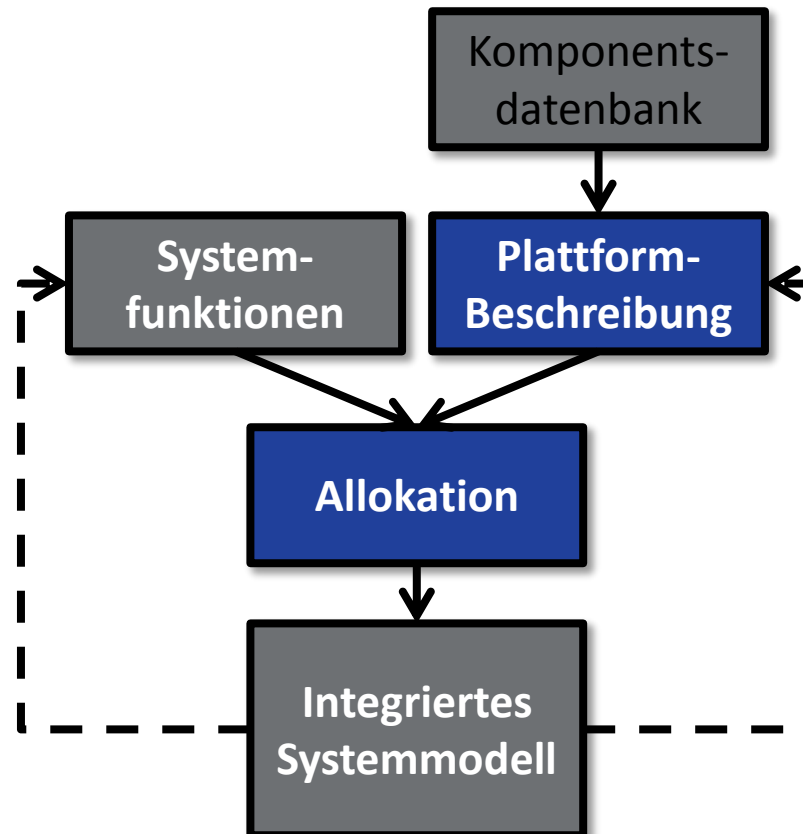
Prozess → Modell → Qualitätssicherung

Planung von Flugzeug

- **Zu lösendes Problem:** Allokation von Softwarekomponenten auf eine individuell geplante integrierte modulare Flugzeugplattform (Kompatibilität mit dem Standard ARINC 653)

Herausforderungen:

- Unterstützung von existierende Komponentendatenbanken
- Generierung der Kommunikationsarchitektur
- Nachweisbarkeit
- MATLAB Simulink – Eclipse Integration

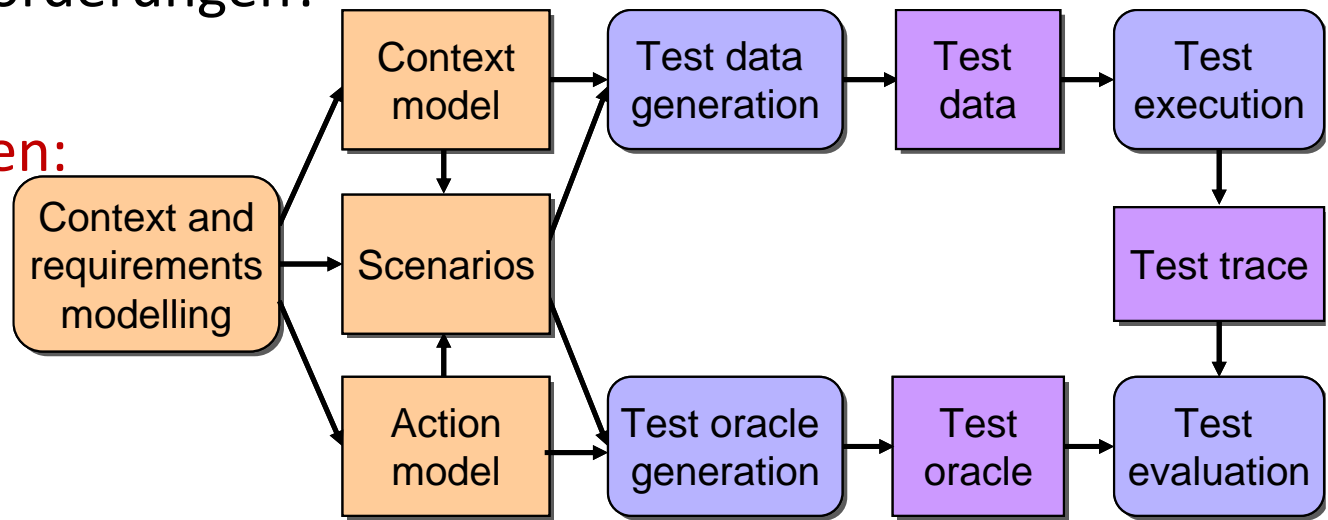


Entwicklung von autonomen Roboter

- **Zu lösendes Problem:** Testen der robusten und sicheren Funktion von umgebungabhängigen, adaptiven, autonomen Robotern
- In welcher Umgebung verletzt das Verhalten die Sicherheitsanforderungen?

Herausforderungen:

- Präzise Bestimmung der Anforderungen (Szenarien)
- Systematische Generierung der Testkonfigurationen (Umgebungen)
- Automatisierung der Testauswertung



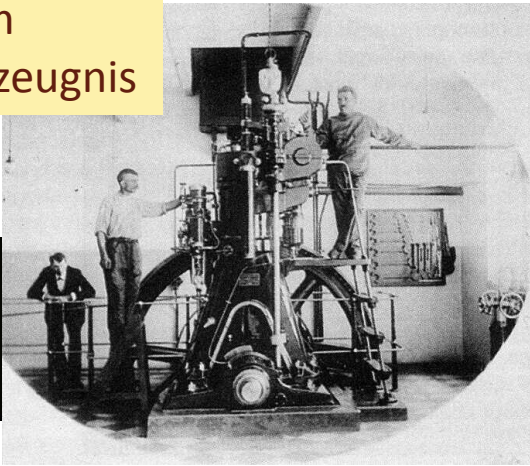
Modell=Spezifikation → Test



„Wolken“ Rechentechnik

Anfang: Verbraucher produziert Energie selbst

Individuelle
Infrastruktur
zum
Spitzenerzeugnis



Die Wolken Rechentechnik ist das selbe:

- Energie = Rechenleistung
- Kraftwerk = Server
- Fernleitung = Internet
- Verteilung, Schutz, Messung, Regelung



Energieversorgung

Effiziente Produktion



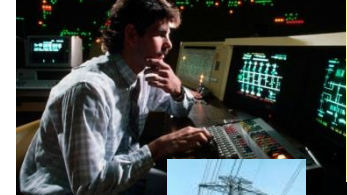
Schwellwerk



Konfiguration, Schutz,
Redundanz



Lastverteilung,
Monitoring
Regelung



Effiziente Lieferung

Verbrauch
SLA



Eine wirtschaftliche Weltfirma

- **Zu lösendes Problem:** In einem auf privater Wolke basierten Mehrbenutzersystem „schlucken“ manchmal die Rechner der Benutzer
- Ist die Kapazität auch statisch zu wenig, oder ist nur die Dynamik der Verteilung falsch?

Herausforderungen

- Datensatz: 180 Million x 20 000
BIG DATA
- 6000 davon verweist auf Fehler
ANALYSIS SELTENER EREIGNISSE
- Messungsfehler
DATENREINIGUNG

