

„Pflicht und Kür“
im Wahlpflichtbereich Informatik in den
Schuljahrgängen 10 – 12

Modellbildung und Simulation

Dr. Henry Herper

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Simulation und Graphik

Lisa-Weiterbildung – 28.09.2004

Struktur der Rahmenrichtlinie

SJG 10

Grundlagen der
Informationstechnik

Projektarbeit unter
Nutzung von
Standardsoftware

Informatik und
Gesellschaft

Computer-
Netzwerke

SJG 11

Algorithmen-
strukturen
und ihre
Implementierung

Datenstrukturen

Informatisches
Modellieren

SJG 12

Wahlthema

Projektarbeit zur
Software-
entwicklung

Struktur der Rahmenrichtlinie

SJG 10

Grundlagen der
Informationstechnik

Projektarbeit unter
Nutzung von
Standardsoftware

Informatik und
Gesellschaft

Computer-
Netzwerke

SJG 11

Algorithmen-
strukturen
und ihre
Implementierung

Datenstrukturen

Informatisches
Modellieren

SJG 12

Wahlthema

**Projektarbeit zur
Software-
entwicklung**

Wahlthemen im SJG 12/1

- (1) **Modellbildung und Simulation**
- (2) Analyse und Design eines Informatiksystems
- (3) Computergraphik
- (4) Abstrakte Datentypen und ihre Implementierung
- (5) Endliche Automaten und formale Sprachen
- (6) Kryptologie
- (7) Datenbankanwendungen zur dynamischen Webseitengenerierung

W1 - Modellbildung und Simulation (12/1)

Zeitrichtwert : 26 Stunden

Im Rahmen dieses Themas werden die Grundlagen der Modellbildung und Simulation vermittelt. Aufbauend auf den in der Qualifizierungsphase gewonnenen Erkenntnissen aus dem Bereich der Softwareentwicklung werden diese am Beispiel der Entwicklung von Simulationsstudien gefestigt.

Ziele des Themas

Die Schülerinnen und Schüler

- können **geeignete Abstraktionstechniken** zur Erstellung von Simulationsmodellen anwenden,
- erkennen, dass ein **Modell einen Ausschnitt aus der realen Welt** entsprechend des gewählten Abstraktionsniveaus beschreibt,
- erfahren den **Erkenntnisgewinn durch Analogieschlussverfahren** am Beispiel von Simulationsexperimenten mit diesen Modellen,

Ziele des Themas

Die Schülerinnen und Schüler

- erlernen den **Umgang mit einer Simulationssprache** bzw. einem Simulationswerkzeug und sind in der Lage, einfache Computermodelle selbst zu implementieren,
- erlernen **Methoden der Visualisierung von Resultaten**,
- sind in der Lage, **Resultate** eines Simulationslaufes und einer Simulationsstudie **verbal zu interpretieren und kritisch zu bewerten**.

Unterrichtsinhalte - Modellfindung

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Bediensystem als Simulationsmodell</p> <ul style="list-style-type: none">• Auswahl und Beschreibung eines Bediensystems• Definition des Systembegriffs• Methoden von Abstraktion und Reduktion• Erfassung und Aufbereitung empirischer Daten	<ul style="list-style-type: none">- Auswahl eines Bediensystems aus dem Erfahrungshorizont der Schüler, zum Beispiel Dienstleistungsbetrieb, Supermarkt, Tankstelle- Wachstumsmodelle als Beispiel für kontinuierliche Modelle- verbale Beschreibung des realen Systems- Auftrag zur Datenerhebung- Definition des Ziels der Simulationsstudie, zum Beispiel Untersuchung von Strategien

Analyse des realen Systems

Informatikinhalte

- Erarbeitung des System- und Modellbegriffs
- Erfassung und Aufbereitung empirischer Daten

Arbeitsschritte

- Analyse des Kundenstromes
- statistische Erfassung von Bedienzeiten
- Abgrenzung des Modells (Umweltschnittstellen)
- Erfassen des Systemlayouts

Modellfindung

Auswahl und Beschreibung eines Bediensystems

- Auswahl eines Bediensystems aus dem Erfahrungshorizont der Schüler, zum Beispiel Dienstleistungsbetrieb, Supermarkt, Tankstelle
- Wachstumsmodelle als Beispiel für kontinuierliche Modelle
- verbale Beschreibung des realen Systems
- Auftrag zur Datenerhebung
- Definition des Ziels der Simulationsstudie, zum Beispiel Untersuchung von Strategien

Entwicklung des abstrakten Modells

Der Anfang einer Simulationsstudie bildet die **Problemdefinition**. Sie sollte möglichst gründlich durchgeführt werden. In dieser Phase werden die zu **untersuchenden Fragestellungen und zu erreichenden Ziele** festgelegt.

Vorbereitung einer Simulationsstudie

Für die Erstellung von Modellen und die anschließende Durchführung von Simulationsexperimenten ist es notwendig, dass die Schüler das zu **modellierende reale System kennen** und die **darin ablaufenden Prozesse verstehen**. Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn das reale System zur Analyse zur Verfügung steht bzw. eine multimediale Systembeschreibung vorhanden ist.

Daher sind für die Modellierung von diskreten Systemen klein Bediensysteme geeignet.

Erfassen und aufbereiten empirischer Daten

Erfassen und aufbereiten empirischer Daten

Für die Nachbildung von Prozessen ist es wichtig, die Prozessdauer zu erfassen. Den Schülern wird vermittelt, dass viele Prozesse nur durch den Ablauf einer bestimmten Zeit beschrieben werden.

Geometrische Informationen können aus Zeichnungen bzw. Bildern entnommen werden.

Die aufwendigste Form der Datenerfassung besteht in der Analyse der im System ablaufenden Strategien und ihrer Beschreibung.

Simulation einer Straßenbahn-Baustelle

Aufgrund von Bauarbeiten muss ist ein Abschnitt einer Straßenbahnlinie nur einspurig befahrbar.

Es ist eine Strategie zur Verkehrsregelung zu finden, die möglichst minimale Wartezeiten verursacht.

Simulation einer Straßenbahn-Baustelle – empirische Daten

Richtung O->N			Richtung N->O		
Ankunftszeitpunkt	Abst.-NF in min	Abstand NF in s	Ankunftszeitpunkt	Abst.-NF in min	Abstand NF in s
12:50:10	00:02:03	123			
12:52:13	00:00:55	55			
12:53:08	00:02:39	159			
12:55:47	00:02:17	137	12:56:36	00:00:45	45
12:58:04	00:03:21	201	12:57:21	00:00:56	56
13:01:25	00:01:39	99	12:58:17	00:00:49	49
13:03:04	00:00:15	15	12:59:06	00:03:07	187
13:03:19	00:00:24	24	13:02:13	00:01:28	88
13:03:43	00:01:54	114	13:03:41	00:04:34	274
13:05:37	00:04:47	287	13:08:15	00:00:42	42
13:10:24	00:01:36	96	13:08:57	00:00:47	47
13:12:00	00:01:17	77	13:09:44	00:02:53	173
13:13:17	00:02:25	145	13:12:37	00:00:38	38
13:15:42	00:03:21	201	13:13:15	00:04:22	262
13:19:03	00:01:28	88	13:17:37	00:00:53	53
13:20:31	00:01:02	62	13:18:30	00:00:41	41
13:21:33	00:02:36	156	13:19:11	00:00:11	11
13:24:09	00:00:45	45	13:19:22	00:02:03	123
13:24:54	00:05:43	343	13:21:25	00:06:56	416
13:30:37			13:28:21	00:02:12	132
			13:30:33		
Maximum		343,00			416,00
Minimum		15,00			11,00
Mittelwert		127,74			119,06
Standardabweichung		85,22			114,11

Simulation einer Straßenbahn-Baustelle – empirische Daten

Für das Durchfahren der Baustelle wurden folgende empirischen Daten ermittelt:

- Ost-Nord-Richtung 35 ± 4 Sekunden
- Nord-Ost-Richtung 35 ± 4 Sekunden

Mindestabstand der Bahnen:

- 10 Sekunden zwischen 2 Bahnköpfen

Unterrichtsinhalte - Abstraktion

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<ul style="list-style-type: none">• Rollenspiel des zu untersuchenden Systems• formale Ablaufbeschreibung• Simulation als Prozess• Zeitraffung und Zeitstreckung im Modell• Begriff der Validierung• Entwicklung und Vertiefung des Systemverständnisses• Validierung des abstrakten Modells• Erzeugen einer Ablaufskizze	<ul style="list-style-type: none">-Entwicklung und Vertiefung des Systemverständnisses-Validierung des abstrakten Modells-Erzeugen einer Ablaufskizze

Vertiefung des System- und Modellverständnisses durch Rollenspiel

Rollenspiel des zu untersuchenden Systems

Im abstrakten Modell gegebenen Handlungsvorschriften werden umgesetzt.

Zeitraffung ist dabei zulässig und kann als eine grundlegende Technik der Simulation eingeführt werden.

Für alle Schüler wird ein **vergleichbares, vertieftes Systemverständnis** geschaffen.

Mängel an erfassten Daten im abstrakten Modell werden erkannt.

Mit dem Rollenspiel wird eine erste Validierung des abstrakten Modells vorgenommen.

Erstellen einer formalen Ablaufbeschreibung

In der formalen Systembeschreibung erfolgt eine **Zuordnung** der abstrahierten **Komponenten des realen Systems** zu den **Modellelementen des abstrakten Modells**.

Die formale Systembeschreibung erfolgt in der Regel schon unter Einfluss der Werkzeugeigenschaften, die für die Implementierung des Computermodells ausgewählt wurden. Für Bedienungsmodelle stehen z.B. die Elemente Quelle, Bedieneinrichtung, Speicher, Verzweigung und Senke zur Verfügung. Für die dynamischen Systemkomponenten werden Forderungen verwendet.

Die Zuordnung der Systemkomponenten zu den Modellelementen **erfordert Erfahrung** und sollte daher unter Anleitung des Lehrenden erfolgen. **Anschließend werden für die Modellelemente die Parameter festgelegt**.

Erstellen einer formalen Ablaufbeschreibung

Erstellen einer formalen Ablaufbeschreibung

Eine weitere Komponente des abstrakten Modells ist die Beschreibung der Prozesse im System. Herkömmliche Algorithmenbeschreibungsmittel, wie z.B. Struktogramme oder Programmablaufpläne sind zur formalen Beschreibung der Systemdynamik wenig geeignet, da diese keine Elemente zur Beschreibung von Verzögerungen enthalten.

Zur **formalen Beschreibung des abstrakten Modells ist die Modellierungssprache UML geeignet**. Mit den verschiedenen Diagrammen lassen sich zum Beispiel Klassen, Sequenzen, Zustände und Interaktionen darstellen. Für die Darstellung der Interaktion zwischen verschiedenen Objekten eignen sich besonders die Sequenzdiagramme.

Entwicklung des abstrakten Modells - Methoden der Datenerfassung

Der **Persönlichkeits- und Datenschutz muss bei der Erfassung der Datengewährleistet bleiben.** Die Videoaufnahmen sind ein Ergebnis eines Abstraktionsprozesses, da die Auswahl der aufgezeichneten Objekte und die Dauer der Aufzeichnung entscheidend für die gewinnbaren Daten sind. Weiterhin ist es wichtig, das Aufnahmedatum und die Aufnahmezeit einzublenden, um Prozesse bei der Datenaufbereitung besser analysieren zu können. Weitere Informationen können aus Zeichnungen entnommen werden. Für die Nachbildung von Prozessen ist es wichtig, die Prozessdauer zu erfassen. Den Schülern wird vermittelt, dass viele Prozesse nur durch den Ablauf einer bestimmten Zeit beschrieben werden.

Unterrichtsinhalte - Modellimplementierung

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Modellimplementierung</p> <ul style="list-style-type: none">• Anweisungen, Datentypen und Abarbeitungsstrukturen einer Simulationssprache• Abbildung zeitparalleler Abläufe• Verwaltung der Simulationsuhr• Implementierung des gewählten Modells in der Simulationssprache• Verifikation und Validierung des Computermodells	

Modellimplementierung

Die Phase der Modellerstellung wird auch als **Modellimplementierung** bezeichnet.

Das zu erstellende Simulationsmodell (Computermodell) soll das System mit einer für die Zielstellung ausreichenden Genauigkeit nachbilden. Dazu wird das abstrakte Modell in ein lauffähiges Computerprogramm überführt.

Der erste Schritt besteht in der Wahl eines geeigneten Simulators oder einer Simulationssprache. Neben dem Einsatzgebiet ist die verfügbare Hard- und Software für die Wahl des Simulators mit entscheidend. Vielfach wird ein Simulator gewählt, der schon Basisalgorithmen für die gewünschte Problemstellung enthält.

Entwicklung des Simulationsmodells

Für die Übertragung des abstrakten Modells stehen verschiedene Werkzeugklassen zur Verfügung. Die einfachste Form ist, die Anwendung einer höheren Programmiersprache. Diese kann nur für sehr kleine Systeme und bei guter Beherrschung der Programmiersprache angewendet werden.

Geeigneter zur Implementierung ist eine Simulationssprache oder ein entsprechender bausteinorientierter Simulator.

Implementierung des Modells

Informatikinhalte

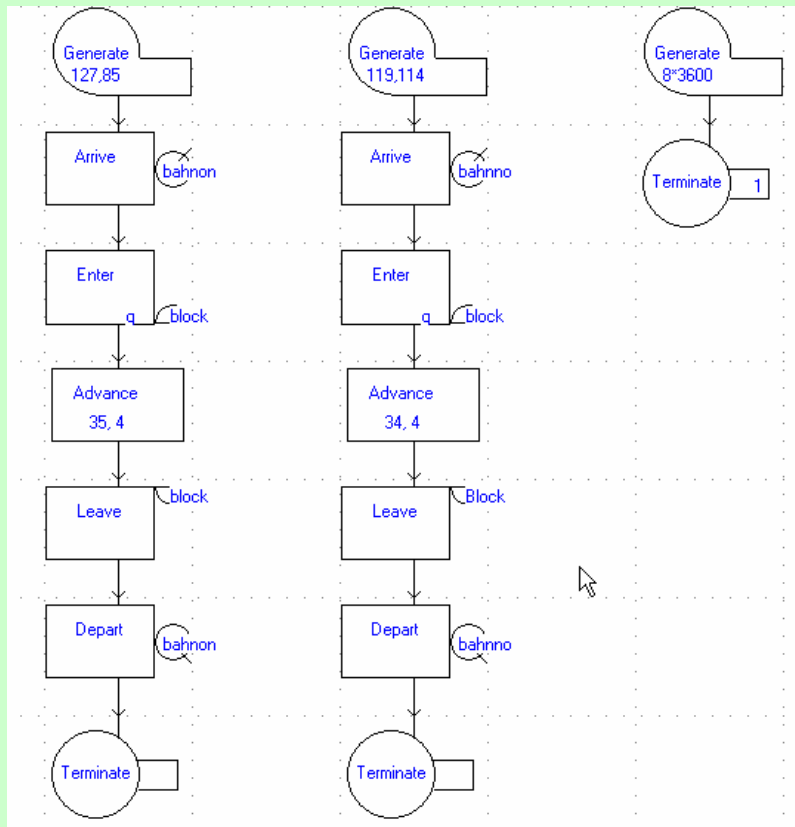
- Erlernen einer Simulationssprache bzw. Anwendung einer bekannten Programmiersprache auf ein komplexes System
- Erlernen grundlegender Validierungstechniken

Arbeitsschritte

- Implementierung des Computermodells
- Validierung des Modells am realen System
- Gestaltung von Simulationsexperimenten
- Interpretation der Simulationsergebnisse

Simulation einer Straßenbahn-Baustelle – empirische Daten

Blocksymbole



Quelltext

```

simulate 10
block capacity 1
generate 127,85
arrive bahnon
enter block,q
advance 35,4
leave block
depart bahnon
terminate
generate 119,114
arrive bahnon
enter block,q
advance 34,4
leave Block
depart bahnon
terminate
generate 8*3600
terminate 1
start 1
end
    
```

Modellverifikation

"Verifikation 1: Nachweis der Korrektheit der Übertragung der formalen Modellbeschreibung in ein ComputermodeLL, insbesondere also die Algorithmierung und korrekte Anwendung."

"Verifikation 2: Prüfung der in der formalen Modellbeschreibung enthaltenen Annahmen im Hinblick auf die Frage, ob die formale Beschreibung eine zufriedenstellende Wiedergabe der wahrgenommenen Systemeigenschaften darstellt."

Modellvalidierung

Ist ein Modell für einen abgegrenzten Bereich verifiziert, so kann die Validierung dieses Modells durchgeführt werden.

Validierung ist bei Bohn definiert als "**Vergleich der Ergebnisse eines verifizierten Modells, mit verfügbaren Informationen, die sich auf das korrespondierende Verhalten des simulierten Systems beziehen.**"

Unterrichtsinhalte

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Simulationsexperimente</p> <ul style="list-style-type: none">• Interpretation abstrakter Resultate• Simulation als iterativer Prozess	<ul style="list-style-type: none">- Ableitung von systematischen Experimentierstrategien- Durchführen von Experimentserien mit unterschiedlichen Zufallszahlen

Experimentplanung

Varianten der Simulationsexperimente werden in der Regel durch **Variation der Eingabedaten** erreicht. Daraus entstehen Experimentserien.

Auch **Variationen des Simulationszeitraumes** sollten untersucht werden. Es ist dabei günstig nur jeweils einen Parameter zu verändern, um die Zuordnung Ursache - Wirkung realisieren zu können.

Unterrichtsinhalte

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p data-bbox="222 494 801 539">Modifikation des Modells</p> <ul data-bbox="316 572 982 753" style="list-style-type: none"><li data-bbox="316 572 982 682">• Vertiefen der Anweisungen der Simulationssprache<li data-bbox="316 711 929 753">• Modifikation des Modells	<ul data-bbox="1071 494 1719 746" style="list-style-type: none"><li data-bbox="1071 494 1719 604">- Änderung der Priorität von Agenten (Forderungen)<li data-bbox="1071 632 1671 746">- Einführung erweiternder Sprachelemente

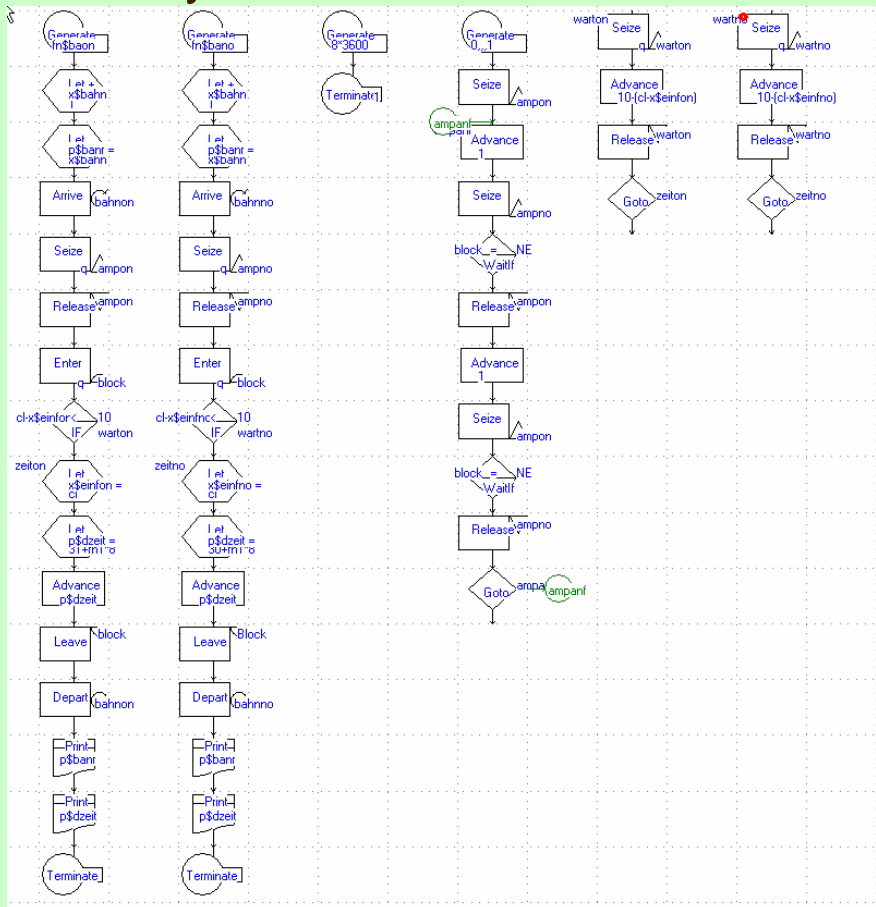
Experimentplanung

Eine Möglichkeit besteht im **Experimentieren durch Variation der Parameter der Modellelemente**, eine zweite Möglichkeit besteht in der **Modellerweiterung oder Modellumgestaltung**. Enthalten Simulationsmodelle stochastische Komponenten, so sind mit jedem Parametersatz ausreichend viele Simulationsläufe durchzuführen.

Schwerpunkt des gezielten Experimentierens mit dem Simulationsmodell ist die Auswertung der Resultate eines Simulationslaufes und die Ableitung der möglichen Parameterveränderungen für den nächsten Simulationslauf. Dieses Experimentieren erfordert ein umfassendes Verständnis des Systems und Erfahrungen, welche Modellveränderungen welche Resultate erwarten lassen.

Simulation einer Straßenbahn-Baustelle – empirische Daten

Blocksymbole



Unterrichtsinhalte

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Visualisierung der Resultate</p> <ul style="list-style-type: none">• Visualisierungs- und Präsentationstechniken• Nutzung von Schnittstellen zur Standardsoftware	<ul style="list-style-type: none">- Aufbereitung und Bewertung der Resultatdaten- Anwendung von Standardsoftware zur Präsentation- Nutzung von Animationssystemen

Simulationsstudie im Informatikunterricht – Präsentation der Ergebnisse

Informatikinhalte

- Erlernen von Visualisierungs- und Präsentationstechniken
- kritische Betrachtung der Ergebnisse von Berechnungen
- Erkenntnisgewinn durch Simulationsstudien

Arbeitsschritte

- Erarbeitung geeigneter Präsentationstechniken
- statistische Auswertung der Simulationsresultate über mehrere Läufe
- Animation der Ergebnisse
- Ableiten von Schlussfolgerungen für das reale System

Ergebnispräsentation

Die **Auswertung** der Simulationsstudie erfolgt immer **im Bezug auf die gegebene Aufgabenstellung**. Dazu sind die entsprechenden Beurteilungskriterien zu formulieren.

Ein Vergleich aller ermittelten Ergebnisse ermöglicht Rückschlüsse über die Einflüsse der regelbaren Variablen auf die Zielvariablen.

Die Ergebnisse müssen so aufbereitet werden, dass sie für die Zielgruppe verständlich und überzeugend sind. Es erweist sich als günstig, wenn die Resultate in D-Mark präsentiert werden.

Ergebnispräsentation

Bei der Präsentation der Simulationsstudie sollten keine unerwarteten Resultate vorgestellt werden, da die Durchführung der Simulationsstudie immer in Zusammenarbeit zwischen Entwickler und Kunde realisiert werden sollte. Folgende Schwerpunkte sollten präsentiert werden:

- Welche Eingabegrößen wurden verwendet?
- Welche Problemstellungen wurden gelöst?
- Welche Methodik wurde zur Problemlösung verwendet?
- Worin bestehen die Vorteile (und ggf. Nachteile) der präsentierten Lösung?
- Welche Alternativen bestehen zur gefundenen Lösung?

Unterrichtsinhalte

Inhalte	Hinweise zum Unterricht
<p>Modellkritik</p> <ul style="list-style-type: none">• Validierungstechniken• Ergebnisanalyse	<ul style="list-style-type: none">- abschließende Betrachtung und Wertung des Modellbildungsprozesses- kritische Betrachtung des Modellbildungsprozesses- Simulationsresultate als Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung anwenden

Phasen einer Simulationsstudie

Phase	ausgewählte Informatikinhalt
Auswahl und Beschreibung des Bediensystems	<ul style="list-style-type: none">• Erarbeitung des System und Modellbegriffs• Erfassung und Aufbereitung empirischer Daten
Entwicklung des abstrakten Modells	<ul style="list-style-type: none">• Erlernen der Methoden von Abstraktion und Reduktion• Arbeit mit formalen Beschreibungsmöglichkeiten von Systemen
Implementierung des Computermodells	<ul style="list-style-type: none">• Erlernen einer Simulationssprache bzw. Anwendung einer bekannten Programmiersprache auf ein komplexes System• Erlernen grundlegender Validierungstechniken
Aufbereitung und Präsentation der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none">• Erlernen von Visualisierungs- und Präsentationstechniken• kritische Betrachtung der Ergebnisse von Berechnungen Erkenntnisgewinn durch Simulationsstudien