

# Die ereignisdiskrete Simulation und ihr Verhältnis zu informationstechnischen Modetrends

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Steffen Straßburger  
Technische Universität Ilmenau



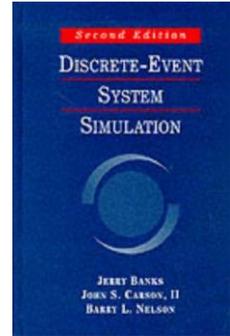
# Gliederung

- Die DES und ich
- Die DES vor 30 Jahren
- Der Kern der Methode DES
- Die DES heute
- Die DES und informationstechnische Modetrends

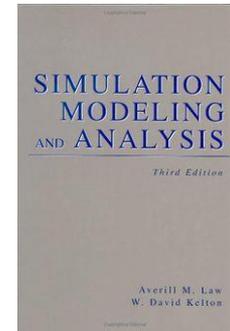
# Die ereignisdiskrete Simulation und ich

## ... seit ca. 30 Jahren verbandelt

- Informatikstudium in Magdeburg (1992-1998)
  - Simulationsschule von Prof. Peter Lorenz
- Dissertation: DES und HLA
  - Prof. Thomas Schulze (Universität Magdeburg)
  - Prof. Bernd Schmidt (Universität Passau)
  - Prof. Richard Fujimoto (Georgia Tech, Atlanta, USA)
- Daimler: DES und Digitale Fabrik (und HLA)
- Fraunhofer IFF: DES und Virtual Reality
- TU Ilmenau: DES als Methode der Wirtschaftsinformatik, DES in Produktion und Logistik



[1]



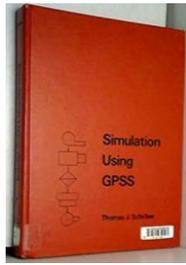
[2]

Bildquellen

[1] <https://www.bookdepository.com/Discrete-Event-System-Simulation-Jerry-Banks/9780132174497>

[2] <https://www.medimops.de/law-averill-m-simulation-modeling-and-analysis-mcgraw-hill-series-in-industrial-engineering-and-management-gebundene-ausgabe-M00070592926.html>

# Die DES vor ca. 30 Jahren



- Es dominierten Simulationssprachen wie die General Purpose Simulation Language (GPSS).
- Modelle wurden im Texteditor (z.T. noch unter MS DOS und Unix) erstellt.
- Eine grafische Benutzeroberfläche? Was ist das?
- Email, Internet und das World Wide Web steckten noch in den Kinderschuhen.

```
* Storm segment
GENERATE      , , , 1
NEXT ADVANCE  48*RVEXPO(2,1)
           SEIZE   STORM
           ADVANCE 4,2
           RELEASE STORM
           TRANSFER ,NEXT

* Ship segment
GENERATE      7,5
QUEUE        AREA
TEST E       BV$ITSOK,1
SEIZE        TUG
ENTER        BERTH
ADVANCE      2
RELEASE      TUG
ADVANCE      18,4
TEST E       BV$ITSOK2,1
SEIZE        TUG
ADVANCE      2
```

[1]

[2]

Bildquellen:

[1] <https://www.amazon.com/Simulation-Using-GPSS-Thomas-Schriber/dp/0471763101>

[2] <https://www.researchgate.net/publication/3786525>

# These

**An der *Methode* der ereignisdiskreten Simulation hat sich in den letzten 36 Jahren nichts Wesentliches geändert.**

# Der Kern der Methode DES (1)

- Simulatoren führen aktuelle Ereignisse aus, die wiederum zukünftige Ereignisse erzeugen.
- Ereignisse als Grundkonstrukt
  - Verändern zu einem diskreten Zeitpunkt den Modellzustand
  - Planen zukünftige Ereignisse
- Ereignisverwaltung über Listen
  - Aktuelle und zukünftige Ereignisse („Current Events Chain“, „Future Events Chain“)

# Der Kern der Methode DES (2)

- Einteilung der zukünftigen Ereignisse in
  - „B-Events“ (Ereigniszeitpunkt ist bekannt)
  - „C-Events“ (Ereigniszeitpunkt unbekannt, hängt von logischen Bedingungen ab)
- Der 3-Phasen-Ansatz nach Banks et al. (2005) lebt seit über 36 Jahre in fast jedem Simulator !
- Seine Implementierung kann, insbesondere bezogen auf das Scannen bedingter Ereignisse hocheffizient sein (Henriksen 2009) oder weniger effizient und/oder nutzerfreundlich erfolgen.

# Die DES heute – Wo liegen die Neuerungen?

- Modellierung
- Visualisierung
- Experimentieren
- Schnittstellen

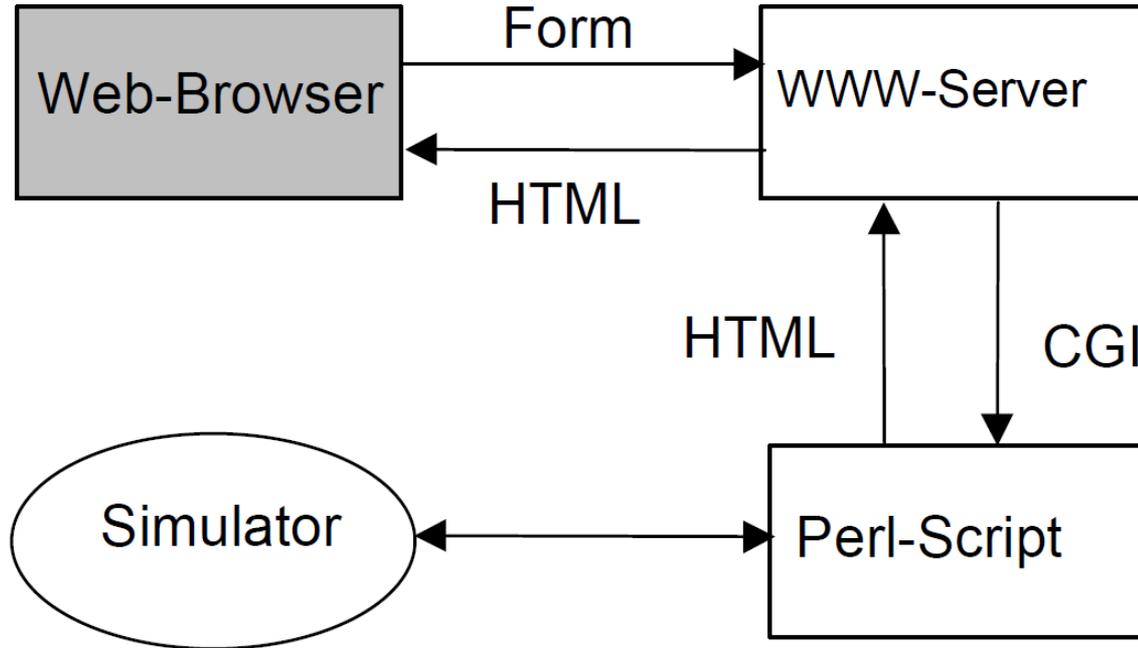
# Wie hält es die DES mit informationstechnischen Modetrends?

**Sie steht wie ein Fels in der Brandung.**

**Und erlaubt es, von den Wellen umschlossen zu werden.**

# DES und das World Wide Web

- „Towards a Web-Based Simulation Environment“ (Lorenz et al. 1997)



Bildquelle: Lorenz et al. 1997



### Skoepo Visualization Area - Model KREUZUNG

TIME: 5789.106999998106  
Frames/Seconds: 8.397477055575994

### HLA Management

StartTime:5313.514 FedTime:11387.127  Sliding Window (self adjusting)  
5789.106999998106  Fed Time (realTime)  
Fed Start Time Actual Fed Time  Fixed Time (stop in case)

### GroupWork Options

Group Work Dialog  
Actual Group Work Status:  
 Get Animation Control from Master  
 Get Trace from Master  
Join this Workgroup:  
no member of any group  
Members in Group:  
Become Master Close

### Trace

```
M3 5 0.0 0.0 -1.0 0.0  
T 5783 846298779551  
D 336  
W 339 manausfahrt 0.0  
J 339 40.0  
T 5795.292413675788
```

### Time Jump

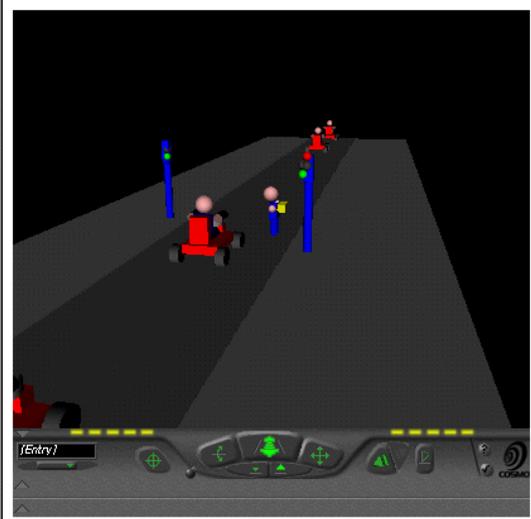
Time Jump to: 5313  
Cancel Set

### Select View

(Class)  
(Home)  
Near\_Lock  
From\_Side  
From\_Top\_Lock

### Skoepo Animation - HLA Kreuzung - Netscape

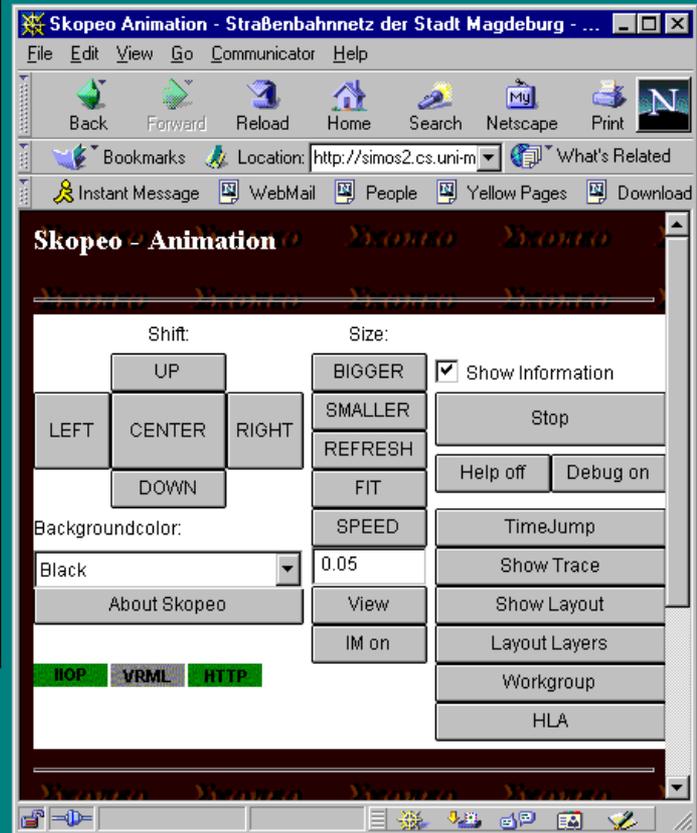
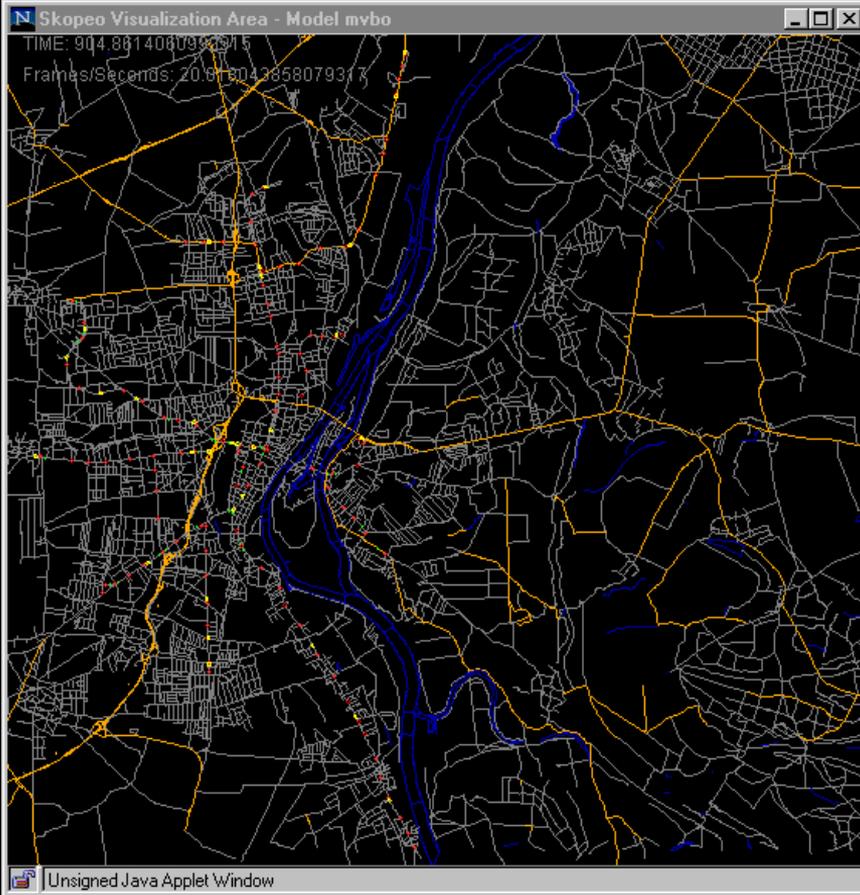
File Edit View Go Communicator Help  
Back Forward Reload Home Search Guide Print Security Stop  
Bookmarks Location: simos2.cs.uni-magdeburg.de/skoepo/hla/kreuzung.html



Shift:		Size:		<input checked="" type="checkbox"/> Show Information
UP	LEFT	CENTER	RIGHT	BIGGER
DOWN				SMALLER
				REFRESH
				FIT
				SPEED
				5.0
				View
				Run
				Help off Debug on
				TimeJump
				Show Trace
				Show Layout
				Layout Layers
				Workgroup
				HLA

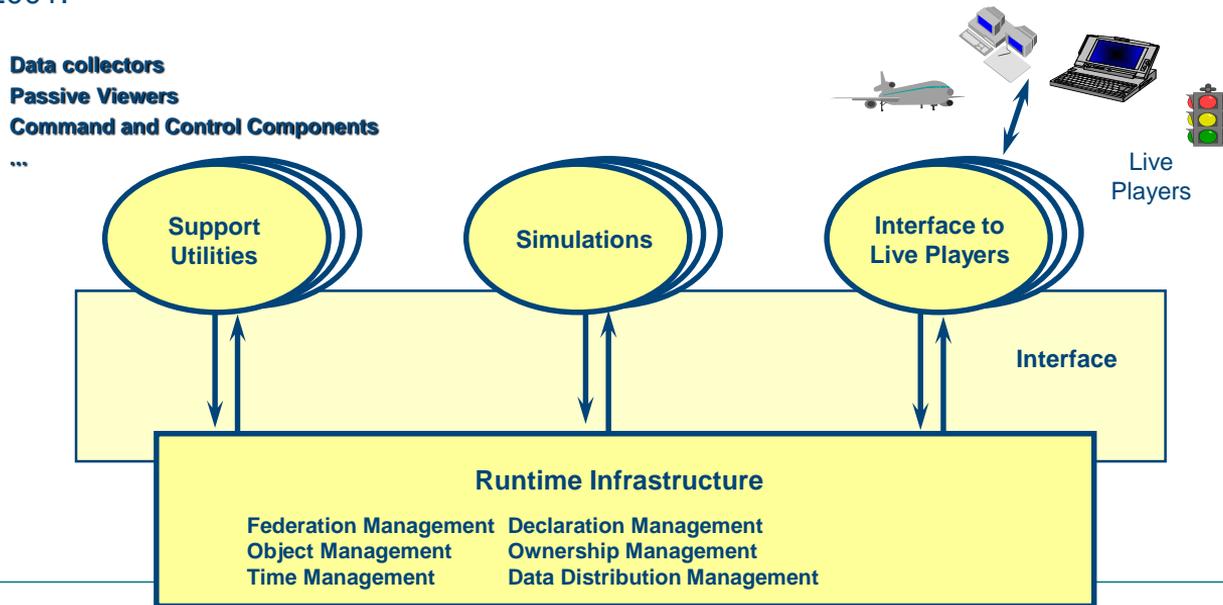
Backgroundcolor: Black  
About Skoepo

BOP VRML HTTP



# DES und der HLA-Standard zur verteilten Simulation

- Rabe, M.; Jäkel, F.-W.: Adaption der High Level Architecture (HLA) für die effektive Anwendung in Produktion und Logistik. In: Proceedings Simulation und Visualisierung, Magdeburg 2002.
- Straßburger, S. Distributed Simulation Based on the High Level Architecture in Civilian Application Domains. SCS-Europe BVBA, 2001.



Bildquelle: DMSO, ca. 1996

Original „Lollipop-Chart“ aus der Anfangszeit der HLA (ca. 1996)

# DES und die Digitale Fabrik

- Vernetzte digitale Planungs- und Simulationsmethoden, durchgängige Nutzung
- Änderungen an der Methoden der DES? Keine.
- Jedoch Auswirkungen auf die Simulatoren:
  - Simulatoren mussten sich öffnen (“Schnittstellen“)
  - Versuche der (teil-)automatischen Modellgenerierung\*
  - Anbindung an PLM-Systeme
  - Versuch der lebenszyklusübergreifenden Anwendung (Planung-Inbetriebnahme-Betrieb)
- Trotz aller Bemühungen (...)
  - DES immer noch eher „Fremdkörper“ in den IT-Landschaften der großen OEMs
  - Gezielt und punktueller Einsatz dort, wo ökonomisch sinnvoll

\* Bergmann, S., S. Strassburger. Challenges for the Automatic Generation of Simulation Models for Production Systems. In: Proceedings of the 2010 Summer Simulation Multiconference, pp. 545-549. July 11-14, 2010. Ottawa, Canada.

# DES und Virtual Reality



Bildquelle: Fraunhofer IFF, 2016

# DES und künstliche Intelligenz / maschinelles Lernen

- Apokalyptiker: Das ENDE der SIMULATION.
- Au contraire.
- Simulation und KI/ML können sich geschickt ergänzen
  - Data Farming: Wissensentdeckung in Simulationsdaten
  - Erzeugung von Trainingsdaten für KI-Verfahren
  - Hybride Simulation
  - (...)

# Zusammenfassung und Ausblick

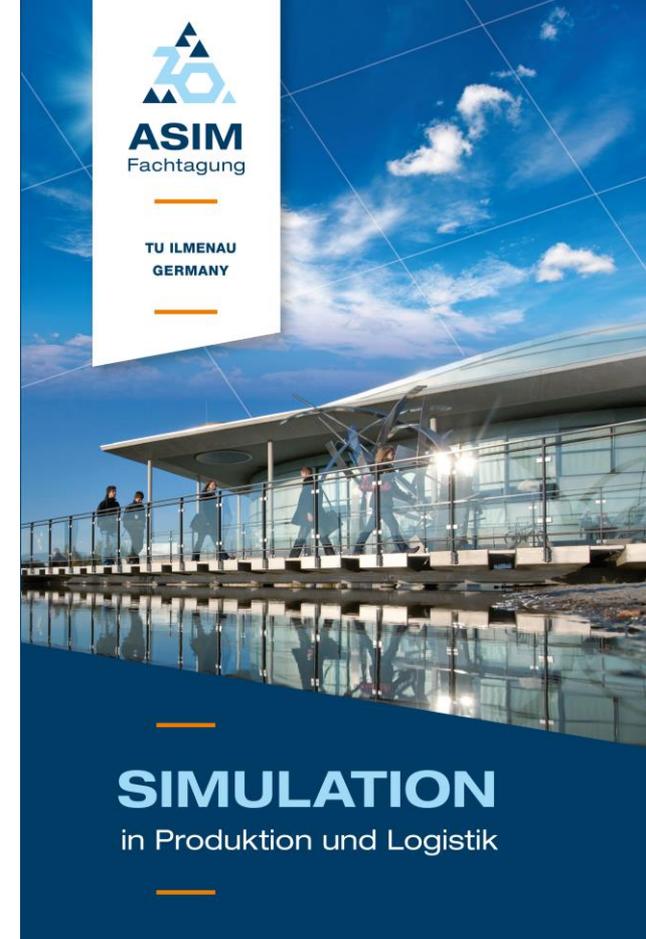
- DES – Bewährte Methode seit mehr als 36 Jahren.
- Mein Rat an Studenten: Schauen Sie bei den Alt-Meistern nach!
- Resilienz gegenüber informationstechnischen Modetrends
  
- Die Zukunft? Alive and Kicking.

# ... one more thing

- Die **20. ASIM-Fachtagung “Simulation in Produktion and Logistik”**

findet im nächsten Jahr in Ilmenau statt.

- Save the date: 13.-15. September 2023
- Sie sind herzlich nach Ilmenau eingeladen!
- <http://www.asim-fachtagung-spl.de/>



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

steffen.strassburger@tu-ilmenau.de | [www.tu-ilmenau.de/itpl](http://www.tu-ilmenau.de/itpl)



# Quellen

- Banks, J.; Carson, J.; Nelson, B.; Nicol, D. (2005) Discrete event simulation. 4<sup>th</sup> Edition, Englewood Cliffs, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.
- Henriksen, J. (2009) Efficient modeling of delays in discrete-event simulation. In: Alexopoulos, C.; Goldsman, D.; Wilson, J. (Hrsg): Advancing the Frontiers of Simulation. Dordrecht u.a.: Springer 2009. S. 105-141.
- Lorenz, P.; Dorwarth, H.; Ritter, K.; Schriber, T. (1997) Towards a Web based simulation environment. In: Andradóttir, S.; Healy, K.; Withers, D.; Nelson, B. (Hrsg.): Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference. Piscataway, NJ: IEEE, S. 1338- 1344.