

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

Zeit: Donnerstag 12-14 Uhr, Beginn: 27.10. 2011

Ort: Amalienstr. 73, Raum 018

WWW-Seite: <http://www.pst.ifi.lmu.de/Lehre/wise-11-12/moddas>

Inhalt: - Methoden und Verfahren zur Beschreibung, Modellierung und Simulation dynamischer und adaptiver Systeme.

- Betrachtung der Besonderheiten solcher Systeme wie dynamische Einflussgrößen, Rückkopplungsschleifen, Stabilität bzw. Instabilität, Adaptionsmechanismen.
- Anwendungen: Z. B. aus der Steuerungstechnik, aus Psychologie und Soziologie (Simulation und Steuerung sozialer Systeme), den Wirtschaftswissenschaften (Steuerung ökonomischer Systeme), der Umweltforschung und der Entwicklung von Spielen.

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

Leistungskriterien:

- *Handzettel*: zum Beginn des jeweiligen Vortrags auszuteilen
- *Mündlicher Vortrag*: zum gegebenen Thema – ca. 45 Min., mit anschließender Diskussion
- *Seminararbeit*: in Form einer schriftlichen Ausarbeitung, ca. 10-15 Seiten (keine Folienkopien!)
- *Regelmäßige aktive Teilnahme* am Seminar und an der Diskussion zu den Vorträgen.

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

Vortragsplan - Vorlesungsteil:

- 27.10. (V1, WH) Organisatorisches, Kap. 1: Systeme und Systemtheorie: Grundlagen
- 10.11. (V2, WH) Kap. 2: Modelle und Grundlagen der Modellierung
- 24.11. (V3, WH) Kap. 3: Modellierung und Simulation dynamischer Systeme
- 1.12. (V3, MW) Kap. 4: Formale Methoden für die Systemmodellierung
- 8.12. (V5, MW) Kap. 5: Projekte im Bereich Modellierung und Simulation adaptiver Systeme

Vortragsplan - Seminarteil:

- 15.12. (S6, *Frederic Kettelhoit, Maximilian Haack*) Systemmodellierung klassisch (Bossel: Systemzoo + Vensim Bd. 1)
- 22.12. (S7, *Sebastian Skambraks*) Selbstorganisation (mit Beispielen, Eigen / Winkler / Kaufmann: Leben als Spiel)
- 12.1.2012. *fällt aus*
- 19.1. 2012 *Doppeltermin* (S8a, *Tristan Helmich*) Gefangenen-Dilemma, Axelrod: Turniere + (S8b, *Daniel Buschek*) Potenzgesetz, Lawinen und Katastrophen (Buchanan: Das Sandkorn, ...)
- 26.1. *Doppeltermin* (S9a, *Marcel v. Maltitz*): Agentensysteme + (S9b, *Timo Becker*): Modellierung sozialer Systeme
- 2.2. *Doppeltermin* (S10a, *Diego Havenstein, Franziska Strasser*) Swarm Intelligence + (S10b, *Thomas Neumeier, Barry Norman*) Modellierung adaptiver Systeme
- 9.2. (S11, *Julia Bugl, Arina Valkova*) Simulations-Spiele: Beer Game, HERAKLIT II etc.

Prüfungsbedingungen

Das Seminar kann als **Bachelorseminar** angerechnet werden. Dieses gibt nur 3 ECTS-Punkte. Gefordert sind dafür laut Prüfungsordnung eine *Hausarbeit mit 7.000-14.000 Zeichen* sowie eine *mündliche Prüfung* von 30-45 Minuten. Normalerweise zählt der Seminarvortrag als diese mündliche Prüfungsleistung.

Das Seminar kann als **Masterseminar** angerechnet werden. Dieses gibt dann 6 ECTS-Punkte. Gefordert sind dafür laut Prüfungsordnung: *Hausarbeit mit 20.000-30.000 Zeichen* sowie eine *mündliche Prüfung* von 30-45 Minuten. Auch hier zählt normalerweise der Seminarvortrag als diese mündliche Prüfungsleistung.

Daumenregel: Kurzer Essay (5-10 Seiten) \Rightarrow 3 ECTS-Punkte
Langer Essay (15-20 Seiten) \Rightarrow 6 ECTS-Punkte

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

Kap. 1: Systeme und Systemtheorie - Grundlagen

- **Grundbegriffe**
- **Systeme und Systemtheorie**
- **Klassifizierung von Systemen**
- **Systemanalyse**
- **Dynamische und adaptive Systeme**

- **Literatur**

Systeme

"System" (griech.) = "Zusammengesetztes"

System (1, n.DIN): abgegrenzte **Anordnung** von aufeinander einwirkenden **Gebilden**.

Solche Gebilde können sowohl Gegenstände als auch Denkmethode und deren Ergebnisse (z. B. Organisationsformen, mathematische Methoden, Programmiersprachen) sein. Diese Anordnung wird durch eine Hüllfläche von ihrer **Umgebung** abgegrenzt oder abgegrenzt gedacht [DIN 82].

System (2): Ausschnitt aus der realen oder gedanklichen Welt, bestehend aus Gegenständen - den **Systemelementen** - (z. B. Menschen, Materialien, Maschinen oder anderen Produkten) und darauf vorhandenen **Strukturen** (z. B. deren Aufbau aus Teileinheiten und deren Beziehungen untereinander). (n. [HKL 84])

System: Weitere Definitionen

System (3): a set of *objects*, together with *relationships* between the objects and between their *attributes*

(Hall and Fagen 1956)*.

Ein **System (4)** ist durch seinen *Systemzweck* (Funktion), seine *Systemelemente* und *Wirkungsverknüpfungen* (Wirkungsstruktur) sowie seine *Systemintegrität* gekennzeichnet

(Bossel [Bos 94])

System (5): komplexer Gegenstand, bestehend aus einer Menge von *Komponenten* (seiner Komposition), einer Menge von damit verbundenen *Elementen* (seiner Umgebung) und eine Menge von *Beziehungen* zwischen diesen (seiner Struktur).

([Bun 79] S.4)

* A. D. Hall and R. E. Fagen: Definition of System. General Systems 1 (1956), 18

Systemtheorie

- = interdisziplinärer Wissenschaftszweig, der sich mit *allgemeinen Struktur- und Funktionsprinzipien* von Systemen befasst und dabei von den spezifischen Eigenschaften ihrer Elemente und Beziehungen abstrahiert.
- ⇒ *Ludwig von Bertalanffy*: Zu einer allgemeinen Systemlehre, *Biologia Generalis*. 195, MIT Press/Wiley & Sons, New York/Cambridge 1948, S. 114–129.
- ⇒ *Mario Bunge*: Eine Welt von Systemen [Bun 79]
- Systeme (und ihre Abgrenzungen) sind nicht natur- oder anderweitig vorgegeben, sondern werden als solche durch die *Intention* und *Konzeption* von Menschen (den "System-Beobachtern") festgelegt.
 - Dazu gehört die Feststellung von sog. "*emergenten*" (oder "*systemischen*") Eigenschaften, die für das System als Ganzes, nicht aber schon für seine einzelnen Komponenten charakteristisch sind.

Klassen von Systemen

Klassifizierung kann unter sehr unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen, z.B.:

- statisch/dynamisch, aktiv/passiv, offen/geschlossen
- Systemgröße
- lebend (natürlich) vs. artifiziell
- unterliegender Bereich

Eine grobe Klassifizierung:

- **Technische** Systeme
. u.a. Informatik-Systeme (z.B. Datenbank- oder Betriebssysteme)
- **Organisatorische** Systeme (Unternehmen + Personal + Infrastruktur + Abläufe ...)
- Systeme in der **Mathematik** und in den **Naturwissenschaften** (Astronomie, Physik, Chemie, Biologie, ..)
- **Volks-** und **betriebswirtschaftliche** Systeme
- **Soziale** Systeme (in Politik, in Kommunen, Nachbarschaften etc.)

Klassifizierung von Systemen

statisch/dynamisch

- ***Dynamisches System***: System, bei dem das zeitliche Verhalten des Systembereichs (d.h. dessen Zustände und Zustandsveränderungen) Teil der Systembetrachtung ist.

Gegenteil: *Statisches System*

offen/geschlossen

- ***Offenes System***: System, dessen Zustand mit dem seiner Systemumgebung (aktiv oder passiv) verknüpft ist.

Gegenteil: *Geschlossenes System*

aktiv/passiv

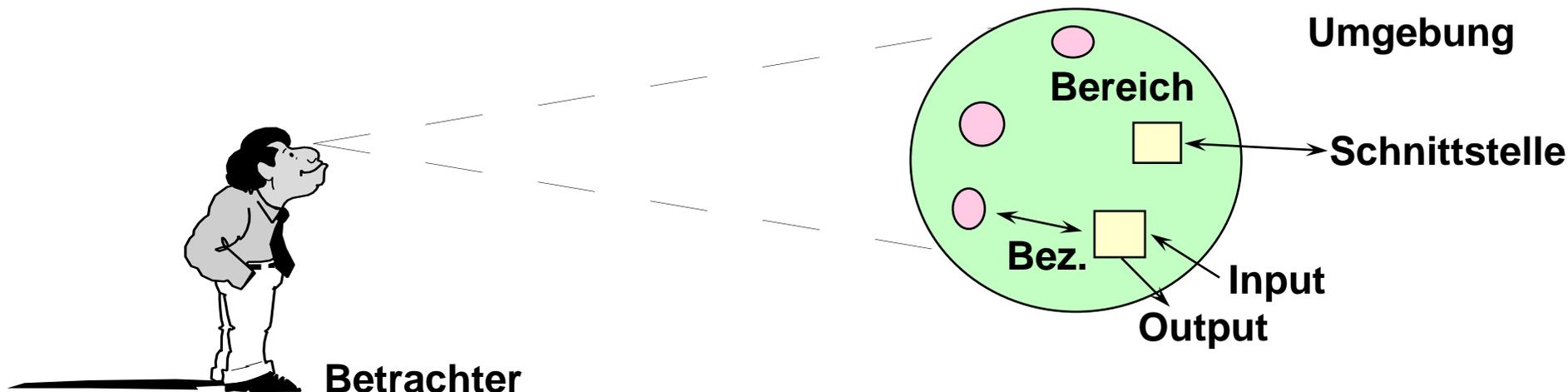
- ***Aktives System***: System, das (mindestens) einen zustandsverändernden Prozess als Teil seiner Beschreibung enthält.

Gegenteil: *Passives System*

Beispiele von Systemen

- **Sonnensystem:** *naturwissenschaftlich (Astronomie); dynamisch*, vorwiegend als *geschlossen* und *passiv* betrachtet
- **Ökosystem:** *naturwissenschaftlich (Biologie); dynamisch*, vorwiegend als *offen* und *aktiv* betrachtet
- **Wirtschaftssystem:** *sozial (Wirtschaftswissenschaften); dynamisch*, vorwiegend als *offen* und *aktiv* betrachtet
- **Lebewesen:** *naturwissenschaftlich (Biologie, Medizin); dynamisch*, vorwiegend als *geschlossen* und *aktiv* betrachtet
- **Compiler:** *technisch (Informatik); dynamisch*, vorwiegend als *geschlossen* und *aktiv* betrachtet
- **Sudoku:** *technisch (Mathematik); statisch, geschlossen, passiv*

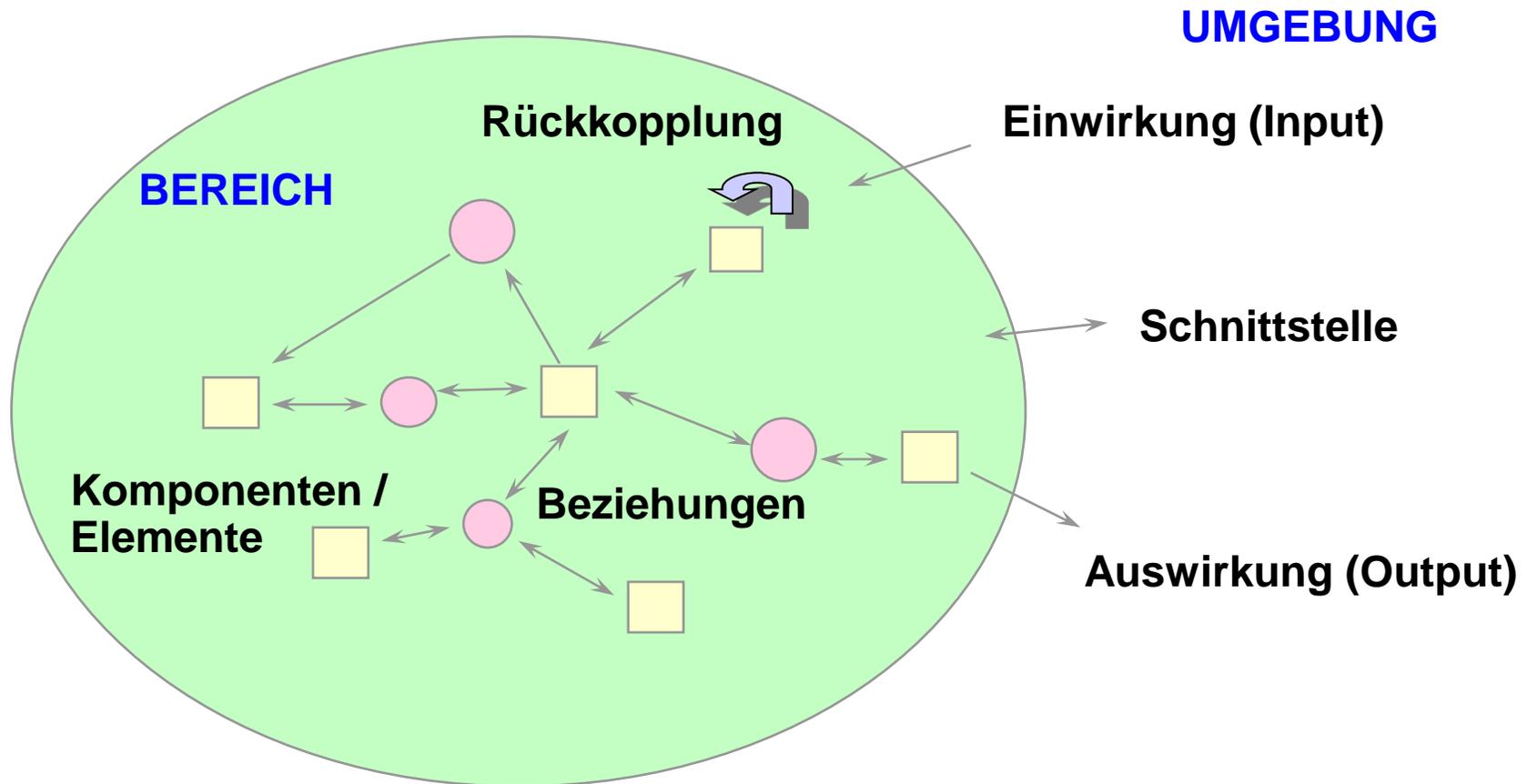
Systemanalyse



... hat die Definition, Abgrenzung, Untersuchung und Modellierung von Systemen zum Thema ...

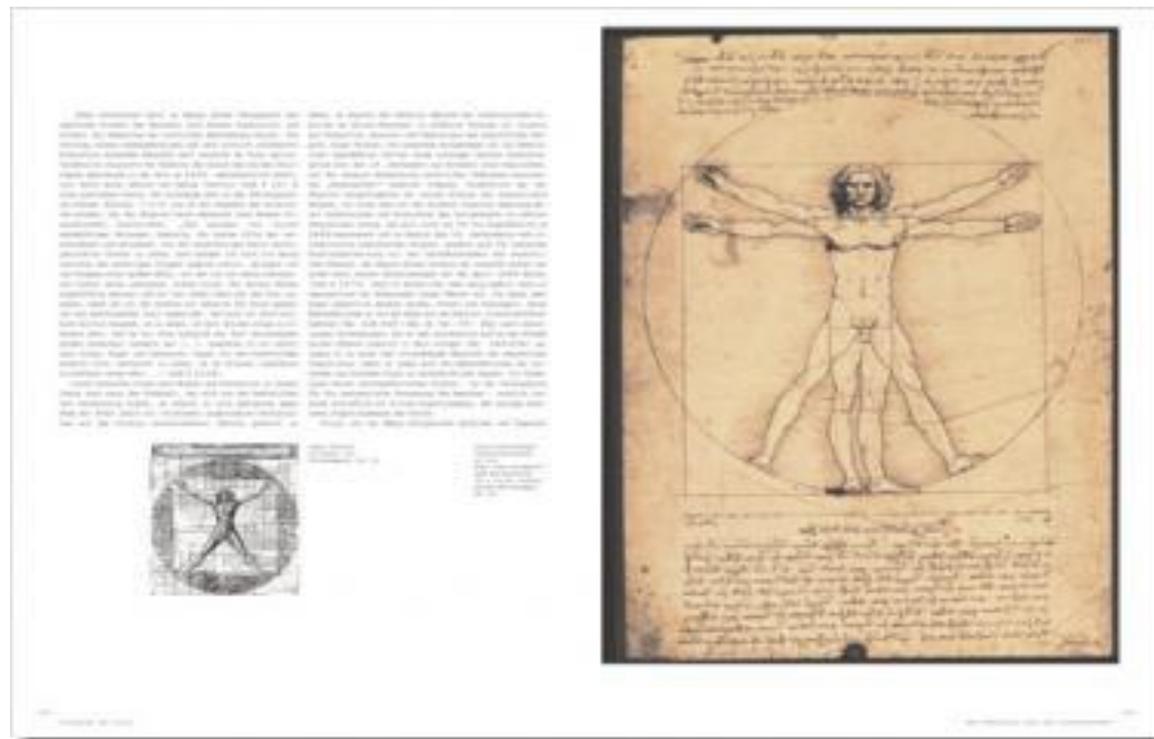
- geht von einem unterliegenden *Systembereich* (**system domain**) aus,
- identifiziert darin eine Menge von **System-Komponenten**,
- untersucht die **Beziehungen** der Komponenten untereinander,
- betrachtet die **Umgebung** und die **Schnittstellen** zu dieser,
- identifiziert *die emergenten* System-Eigenschaften,
- ist immer von der speziellen *Sicht des Betrachters* (**Analysators**) abhängig.

Systeme und ihre Bestandteile



Beispiel eines komplexen Systems

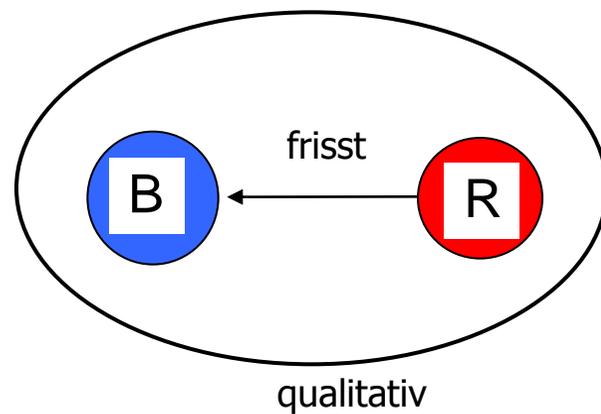
- *System*: Der menschliche Körper
- *Systemgrenze*: Haut
- *Komponenten*: Glieder, Organe, Blutgefäße, Nerven, ...
- *Beziehungen*: z.B. zw. Knochen und Gelenk, Herz und Blutadern, ...
- *Systemische Eigenschaften*: Stoffwechsel, Fortpflanzung, Bewusstsein, ..



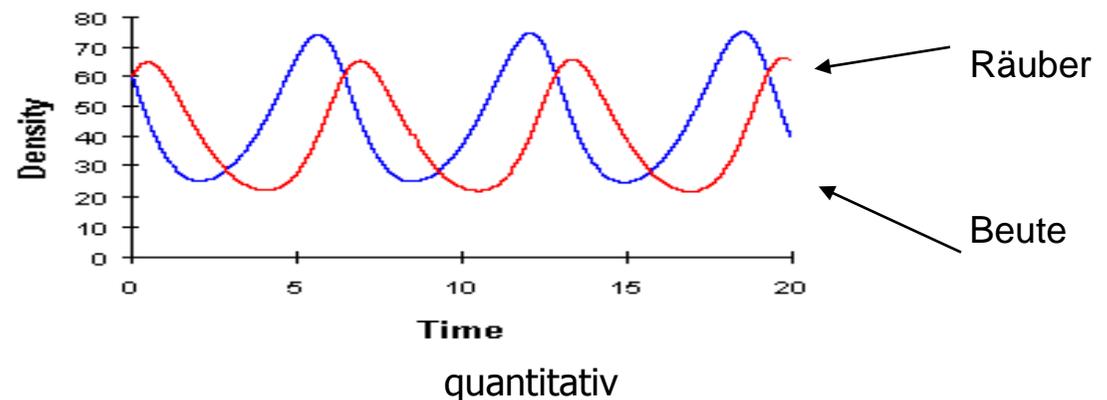
Systemanalyse in Biologie und Ökologie

- In der *Biologie* betrachtet man Organismen als Systeme.
- In der *Ökologie* untersucht man Populationen aus vielen Individuen - ggf. auch unterschiedlicher Art - und deren Entwicklung und Wechselwirkungen.

Beispiel: Beziehungen von Räuber- und Beute-Populationen



Volterra-Lotka-Modell



Dynamisches Modell

Perspektiven bei der Betrachtung von Informationssystemen

- ***Daten-Perspektive (data perspective):***

umfasst die Daten- und Speicherstrukturen, mit deren Hilfe das System seine Leistungen erbringt

- ***Funktionale Perspektive (process perspective):***

umfasst die Funktionen, die das System ausführen / unterstützen soll

- ***Verhaltens-Perspektive (behaviour perspective):***

umfasst die zeitabhängigen Aspekte der Systemabläufe und das zeitliche Zusammenwirken der Systemkomponenten

Weitere Beispiele von Systemen

Computer:

- **Komponenten:** Hardware- und Software-Bausteine;
 - **Systemische Eigenschaften:** Funktionen zur Datenspeicherung und -verarbeitung, die nur der Computer als Ganzes erfüllen kann.
- Technisches System

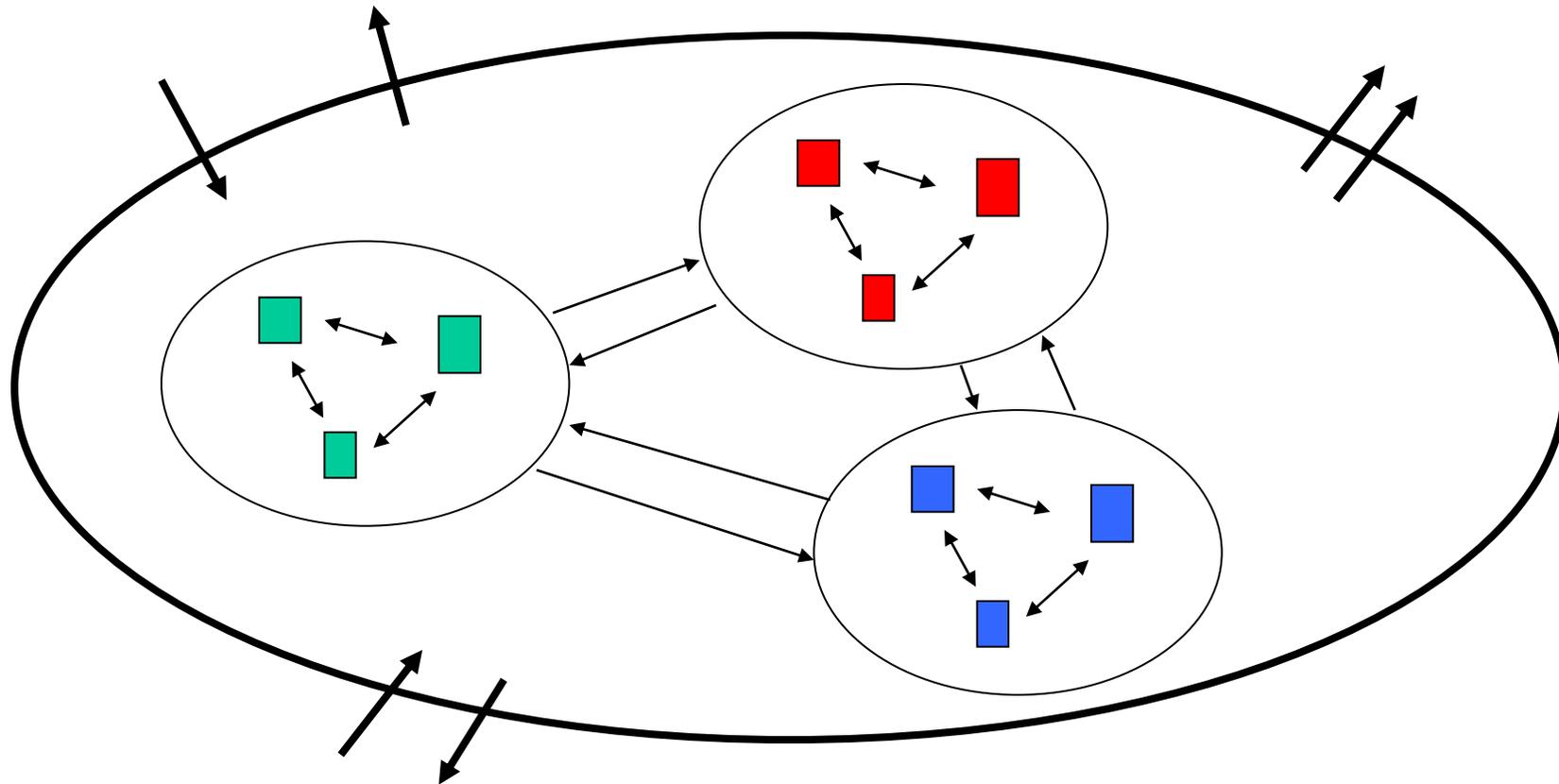
Unternehmen:

- **Elemente:** interagierende Akteure und Ressourcen: Menschen, Material, Rohstoffe, Verfahren, ..
 - **Systemische Eigenschaften:** Fähigkeit, als Ganzes zu agieren, zu produzieren, zu prosperieren, Gewinn/Verlust zu machen.
- Gemischtes System mit sozialen, wirtschaftlichen und technischen Komponenten



Subsysteme

- Ein System kann in *Subsysteme* unterteilt werden. Diese ..
- .. sind selbst Systeme im o.g. Sinne
- .. haben einen Teil-Systembereich (Untermenge der Komponenten)
- .. haben i.a. unterschiedliche systemische Eigenschaften



Systeme und Subsysteme: Beispiele

- Das Unternehmen **Universität** als Ganzes (gemischt),
- Die **Bibliothek** als Univ.-Teilsystem mit Bibliotheks-Personal, Buchbeständen, organisatorischen Abläufen (gemischt)
- Regale, Buchbestände, Karteikästen (technisch)
- **BIBS**: Bibliotheks-Verwaltungssystem (techn.-organisatorisch)

- Das Unternehmen **ÖVU** als Ganzes (gemischt),
- das von ÖVU betriebene **Verkehrsnetz** mit Infrastruktur, Personal und Organisation (gemischt),
- das **ÖVU-Liniennetz** mit Knoten, Strecken und Verknüpfungen (organisatorisch)
- der von ÖVU unterhaltene **Fuhrpark** (technisch)
- PIV: **ÖVU-Planungssystem** (technisch-organisatorisch, Inf.-System i.w.S.)
- ÖVU-**Fahrpläne** (technisch, Inf.-System i.e.S.)

Adaptive Systeme

- **Adaptives System:** ein System, das sich durch ein besonderes Anpassungsvermögen an seine Umgebung auszeichnet, die Möglichkeit hat, auf deren Veränderungen zu reagieren und sich damit auf diese einzustellen. Dabei spielen *Rückkopplungsschleifen*, *Emergenz* und *Selbstorganisation* eine herausragende Rolle.

Oft auch: **Komplexe adaptive Systeme (CAS)**

CAS: Menge zusammenhängender interagierender Komponenten / Elemente, die gemeinsam ein integriertes Ganzes bilden und emergente Systemeigenschaften aufweisen.

Herkunft: *Interdisziplin. Santa Fe Institut; John H. Holland*, (Erfinder der *Genetischen* und der *Evolutionären Algorithmen*), *Murray Gell-Mann* (Nobelpreisträger, entdeckte die Quarks) u.a..

CAS-Forschung ist hochgradig interdisziplinär. Sie sucht Antworten auf fundamentale Fragen von lebenden, anpassungsfähigen und veränderlichen Systemen.



Adaptive Systeme - Beispiele

Beispiele für CAS:

- Aktienmarkt,
- Ameisen- und Bienenvölker
- Biosphäre, Ökosysteme
- Gehirn und das Immunsystem
- Zellen und Embryonen
- Produktionsunternehmen
- soziale Systeme: Familien, Sippen, Stämme, Unternehmen, Völker
- künstliche Systeme: Roboter-Schwärme, "Ensembles"

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)
- [Bos 94] Bossel, H.: Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme. Vieweg, Braunschweig 1994
- [Bun 79] M. Bunge: A world of systems; Reidel, Dordrecht 1979
- [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)
- [HKL 84] W. Hesse, H. Keutgen, A. L. Luft, D. Rombach: Begriffe der Softwaretechnik - Vorschlag zur Terminologie, Informatik-Spektrum 7, pp. 200-213 (1984)
- [H-M 08] W. Hesse, H.C. Mayr: Modellierung in der Softwaretechnik: eine Bestandsaufnahme Informatik-Spektrum 31.5, pp. 377-393 (2008)
- [Scn 97] H.J. Schneider (Hrsg.): Lexikon Informatik und Datenverarbeitung, Version 4.0, Oldenbourg 1997
- [Sta 73] H.Stachowiak: Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien 1973

Weitere Literatur

- Hirsig, R., Guttropf, G. (1998). Systemtheoretische Modellierung in den Sozialwissenschaften. Skript Universität Zürich.
s.a. <http://www.cat008.ch/modellierung-k09.php>
- Radermacher, F. J.; Riegler, J.; Weiger, H.: *Ökosoziale Marktwirtschaft – Historie, Programmatik und Alleinstellungsmerkmale eines zukunftsfähigen globalen Wirtschaftssystems*. oekom Verlag, München 2011. [ISBN 978-3-865812-59-9](https://www.isbn-international.org/product/9783865812599)