



Selbst-organisierende, adaptive Systeme

Vorlesung 1: Systeme, Adaptivität, und Selbst-Organisation



MojoBear, <http://www.flickr.com/photos/sweetmojo/2349268098/>



Dogbom, <http://www.flickr.com/photos/dogbom/526958991/>

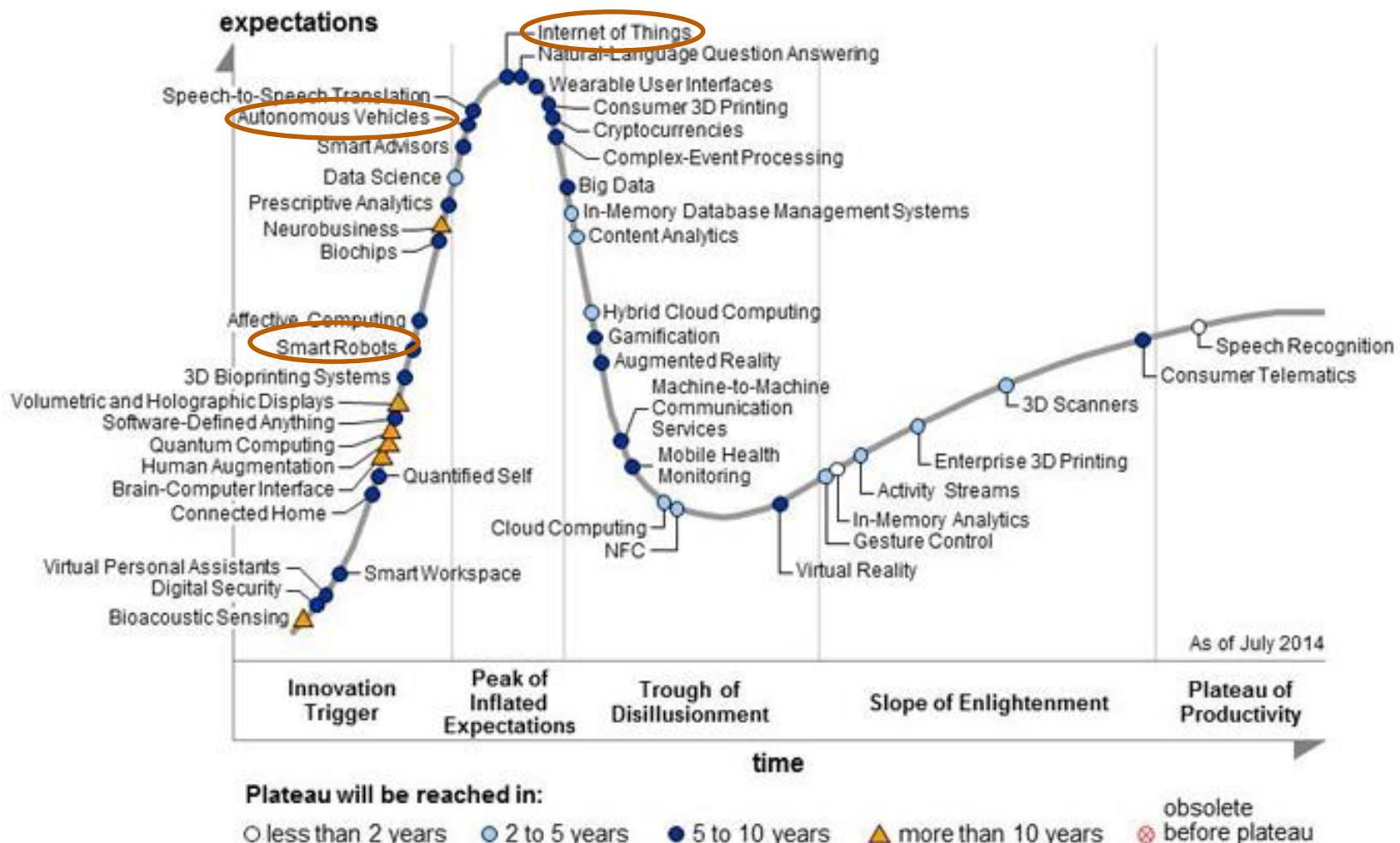


Sheffield Tiger, http://www.flickr.com/photos/sheffield_tiger/2652536990/



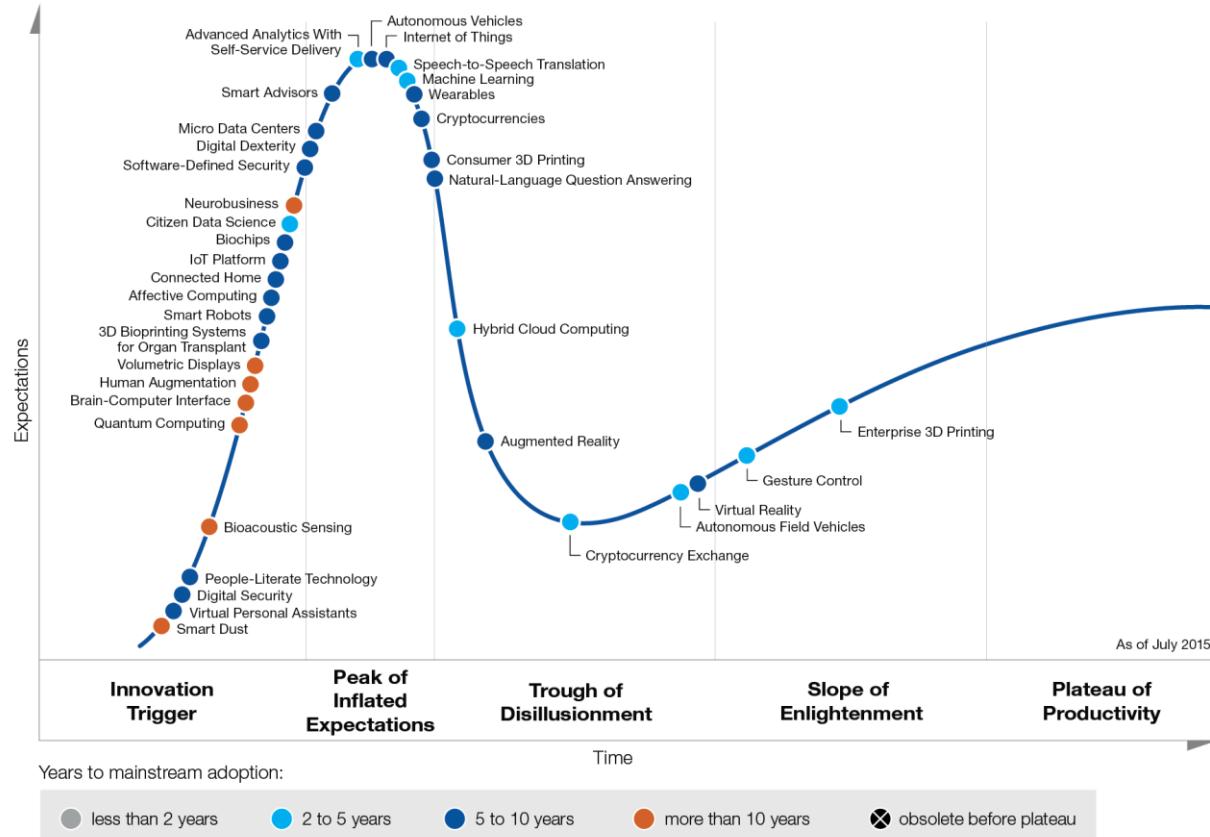
Kuka Robotics Systems, http://www.kuka-ag.de/en/press/photo_archive/automotive/

Warum SOAS?



Warum SOAS?

Emerging Technology Hype Cycle



gartner.com/SmarterWithGartner

© 2015 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

Gartner

Gartner. August 2015

Warum SOAS?

Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2016



gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner
© 2016 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved.

Gartner

Gartner. August 2016

Beispiele?



→ SOFTWARESYSTEME UND WISSENSTECHNOLOGIEN	
Big Data	
Spitzencluster	
KMU-innovativ: IKT	
Software Engineering	
Internet der Dinge	
Industrie 4.0	
Embedded und Cyber-Physical Systems	
Grid-Anwendungen und -infrastruktur	
Mensch-Maschine-Interaktion	
Sicherheit und Zuverlässigkeit	
Virtuelle und Erweiterte Realität	
Höchstleistungsrechnen	

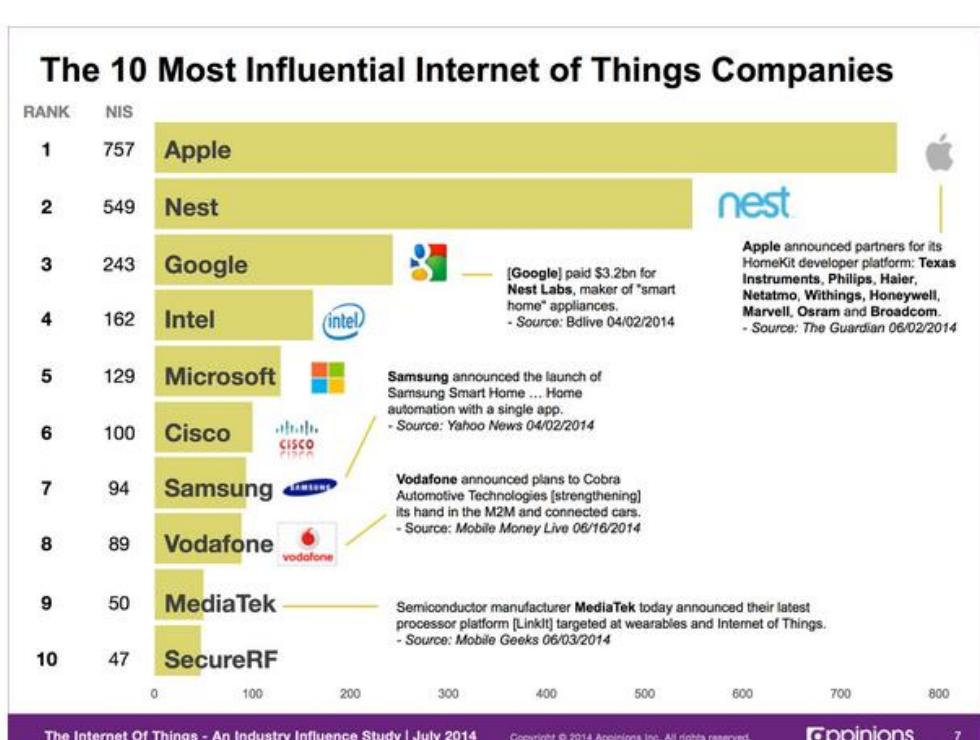


Industrie 4.0

Das Zukunftsprojekt In Industrie in die Lage zu gerüstet zu sein. Industrie starke Individualisierung hoch flexibilisierten (Großserien-) Produktion, die weitgenend die Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse und hochwertige Dienstleistungen.

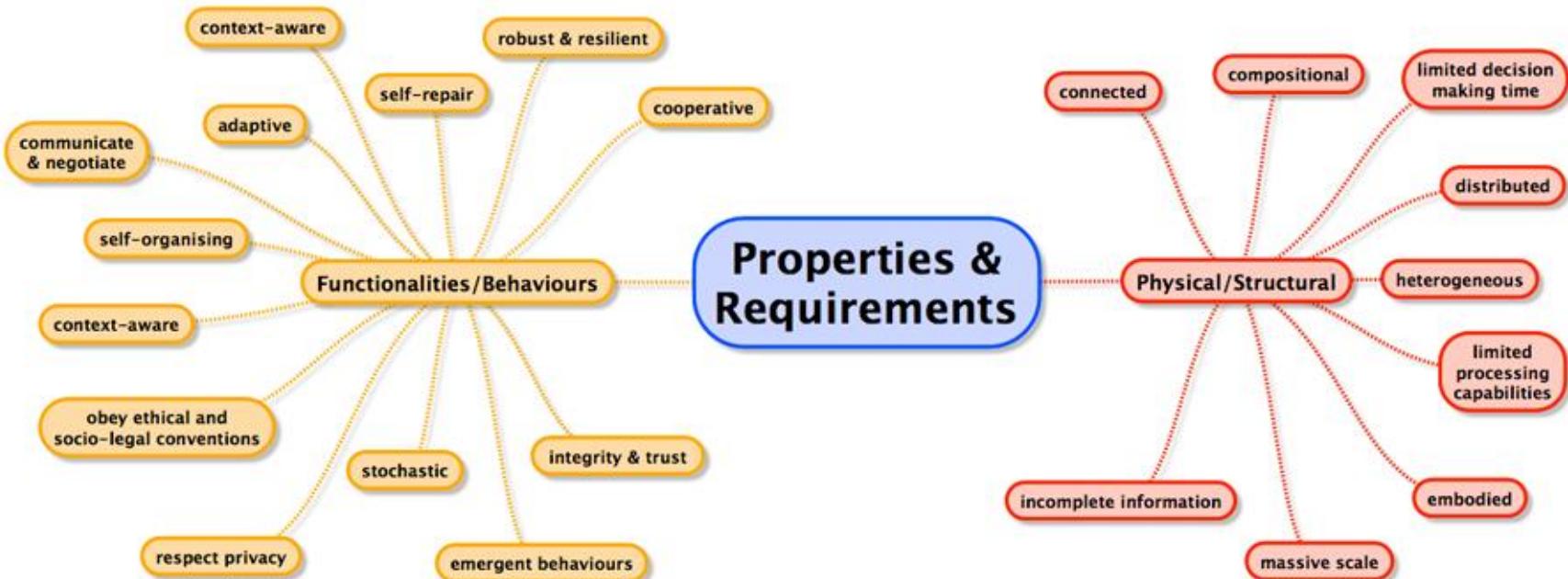


Organic Computing





FoCAS



<http://focas.eu/research-landscape/visualisation/>



<http://focas.eu/research-landscape/visualisation/>

- IEEE International Conferences on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO)

SASO Conferences



The fourth edition of SASO will be held in Budapest, Hungary
September 27-October 1, 2010
[SASO 2010 Web Site](#)



The eighth edition of SASO will be held in London, UK
September 8-12, 2014
[SASO 2014 Web Site](#)



The third edition of SASO will be held in San Francisco, California
September 11-13, 2009
[SASO 2009 Web Site](#)



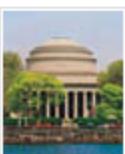
The seventh edition of SASO will be held in Philadelphia (PA), USA
September 9-13, 2013
[SASO 2013 Web Site](#)



The second edition of SASO will be held in Isola di San Servolo (Venice, Italy)
October 20-24, 2008
[SASO 2008 Web Site](#)



The sixth edition of SASO will be held in Lyon, France
September 10-14, 2012
[SASO 2012 Web Site](#)



The first edition of SASO will be held at the Massachusetts Institute of Technology (MIT)
Cambridge (MA), USA
July 9-11, 2007
[SASO 2007 Web Site](#)



The fifth edition of SASO will be held in Ann Arbor, Michigan (USA)
October 3-7, 2011
[SASO 2011 Web Site](#)

Was bringt Ihnen SOAS?

- Modellierung und Entwurf
- Simulation und Analyse
- Techniken von selbstorganisierenden, adaptiven Systemen kennen und anwenden
- Anwendungen von SO in der Informatik kennen
- Entwurf von Experimenten und Evaluation

Schlüsselqualifikationen	analytisch-methodische Kompetenz, Abwägen von Lösungsansätzen, Erwerb von Abstraktionsfähigkeiten, Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis
---------------------------------	---

In der Vorlesung:

- Algorithmen, math. Modelle, Techniken
- Betrachten verschiedener Systeme
- Ableiten von allgemeinen Prinzipien

In der Übung:

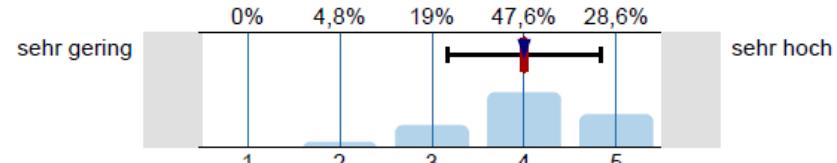
- Entwicklung und Analyse eigener Systeme
- Anwendung der Konzepte
- Vergleich unterschiedlicher Lösungsansätze
- Grundlagen des Experimentdesigns + stat. Evaluierung

Was Sie mitbringen sollten ...

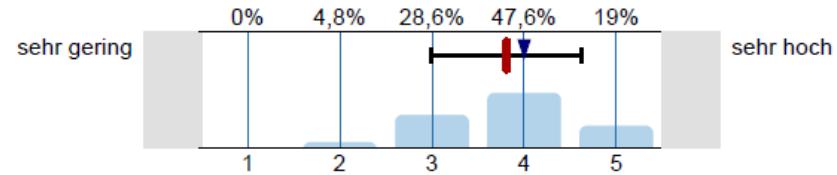
- Mathematischer Background
 - Basiswissen diskr. Mathematik: Mengen, Relationen, Funktionen, ...
 - Grundlegende Wahrscheinlichkeitstheorie: Diskrete Zufallsvariablen, Verteilungen, ...
- Informatischer Background
 - Grundlegende Programmierfertigkeiten in Java

Arbeitsaufwand/Tempo

19. Wie schätzen Sie den Arbeitsaufwand dieser Veranstaltung ein?



20. Wie schätzen Sie das Tempo dieser Veranstaltung ein?



- Vorlesung Mittwoch, 12:15 – 13:45 Uhr, 1058N
- Globalübung: Freitag, 13:00 – 14:30 Uhr, 3017N
 - Diskussion und Vertiefung der Vorlesung
 - Besprechung der Übungsaufgaben der letzten Woche
 - Fragen zum aktuellen Übungsblatt
- Praktikum: Freitag, 14:45 – 16:15 Uhr, 3017N
 - Betreutes Arbeiten
 - Bearbeitung der aktuellen Übungsaufgaben
 - Fragen, Diskussion zum Übungsblatt
- Praktikum reicht nicht aus, um Übungsblätter komplett zu bearbeiten!

- Wöchentliche Übungsblätter
 - Abgabe immer Mittwochs, 23:59 Uhr vor der Übung
 - Ausgabe 10 Tage vorher
- Übungen werden in 3er-Gruppen bearbeitet
 - **Bis Freitag über DigiCampus eintragen!**
- Jede Gruppe stellt die Ergebnisse zweimal pro Semester mit kurzer Präsentation in Globalübung (also: Folien vorbereiten!) vor
- Abschlussprojekt wird in Teams bearbeitet
- Weitere Details in erster Übung

- Mündliche Prüfung am Semesterende
 - Voraussichtliche Termine zwischen 13.2. und 24.2.2016
- Relevanter Stoff:
 - Vorlesungsstoff
 - **Tafelanschriebe**
 - **Übungsaufgaben**
 - Zusatzinformationen aus Globalübung
- Prüfung: Zusammenhänge

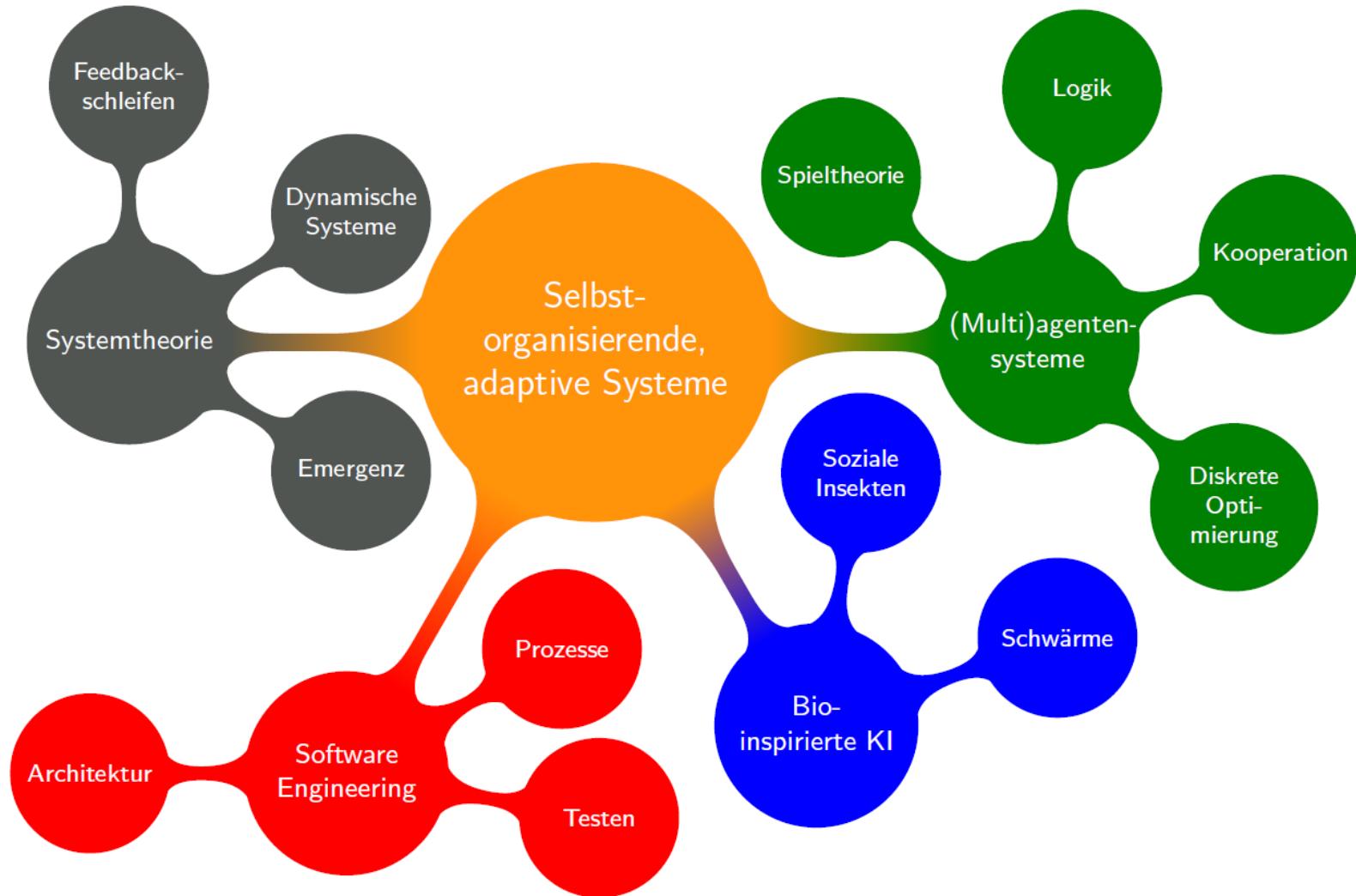
- *Aktuelle Forschungsartikel*
- *Lehrbücher:*
 - Multiagent Systems; Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations, Yoav Shoham and Kevin Leyton-Brown, Cambridge University Press, 2009,
<http://www.masfoundations.org/>
 - Multiagent Systems, Gerhard Weiss, MIT Press, 2013
 - Handbook of Constraint Programming, Rossi, van Beek, Walsh, 2005 , <http://tinyurl.com/nal8xet>
 - An Introduction to Game Theory, Martin J. Osborne, 2002,
<http://www.economics.utoronto.ca/osborne/igt/>

VORLESUNGSÜBERBLICK

Vorlesungsüberblick

Vorlesung 1:	Einführung	Grundlagen
Vorlesung 2:	Komplexe Systeme	
Vorlesung 3:	Multi-Agentensysteme	
Vorlesung 4:	Spieltheorie I	Spieltheorie
Vorlesung 5:	Spieltheorie II	
Vorlesung 6:	Extensive Spiele und Minmax	
Vorlesung 7:	Soziale Auswahltheorie	Kollektive Entscheidungen
Vorlesung 8:	Kooperation und Koalitionen	
Vorlesung 9:	Mechanismus-Design I	
Vorlesung 10:	Mechanismus-Design II	Technische Umsetzung
Vorlesung 11:	Entwurf von SOAS	
Vorlesung 12:	Constraint-Programming	
Vorlesung 13:	Diskrete Optimierung	
Vorlesung 14:	Scheduling-Probleme	

Themenüberblick



Selbst-organisierende, adaptive **Systeme**

SYSTEME

Definition „System“

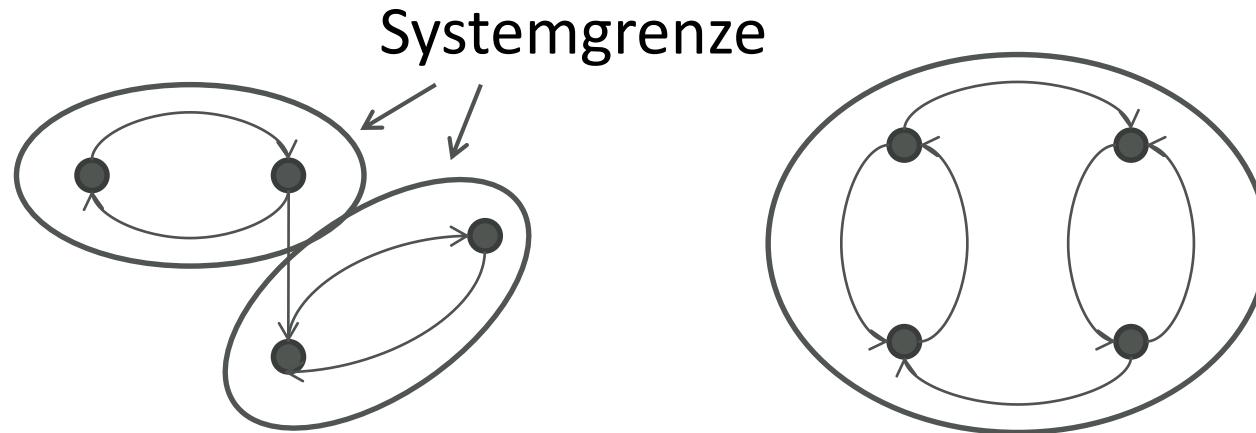
- Skyttner, 1996:
Interagierende Teile, die als zusammenhängendes Ganzes eine Funktion erfüllen.
- Problem: Welche „Funktion“ hat z.B. ein Planetensystem?
- Wichtig:
 - Interaktion
 - Teile bilden Ganzes
 - Zusammenhängend

- Rechtin, 2000:
Ein System ist ein Konstrukt aus oder eine Sammlung von verschiedenen Elementen, die zusammen ein Ergebnis hervorbringen, das von den Elementen alleine nicht erreichbar wäre.
- Problem: Keine Aussage über die Art des Zusammenhangs der Elemente
- Wichtig:
 - Ergebnis nur im Gesamtverbund hervorzubringen

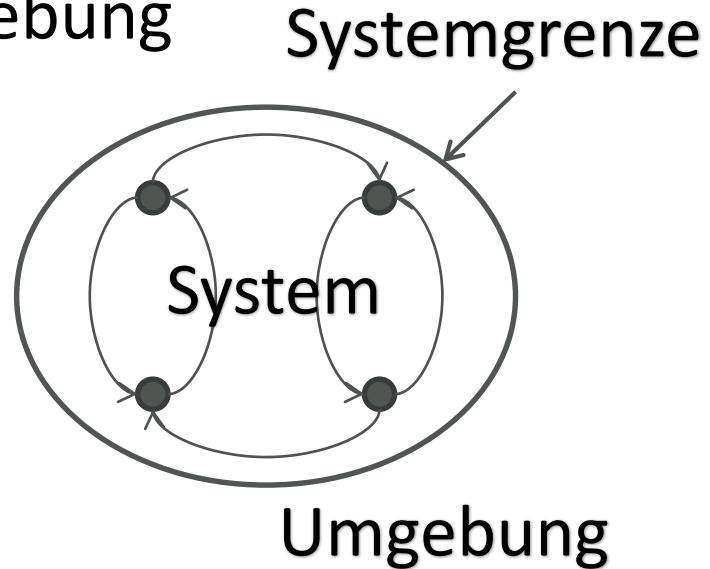
Definition „System“

- Backlund, 2000:

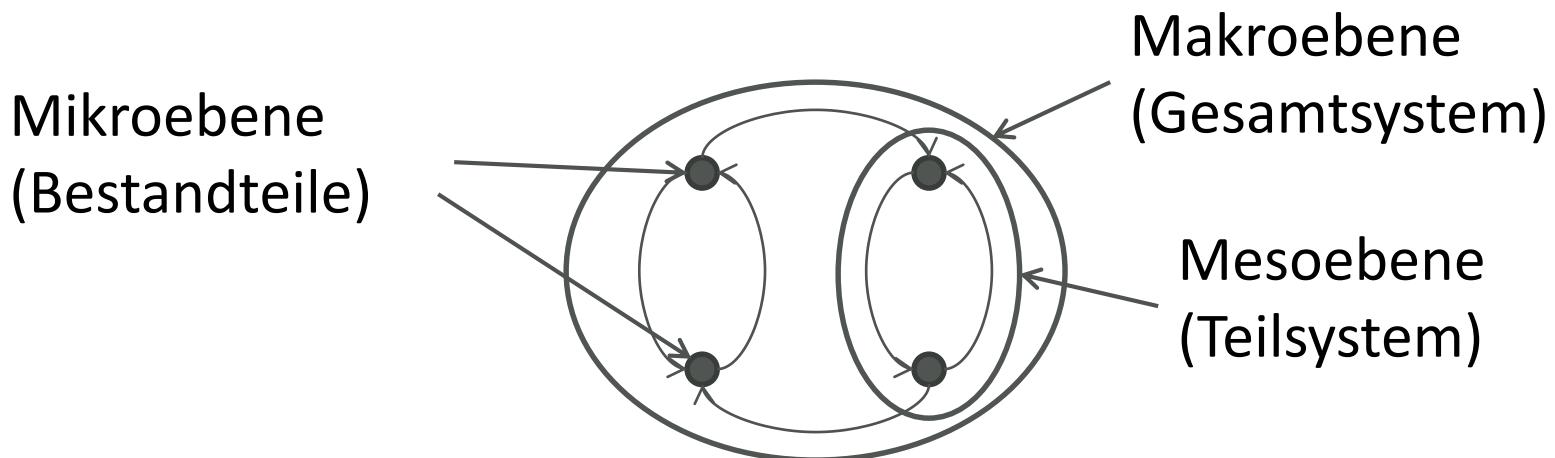
Ein System besteht aus einer Menge von Teilen M mit $|M|$ und einer Relation R auf M , so dass zwischen allen Elementen von M ein (transitiver) Pfad in R existiert, so dass keine unabhängigen Untergruppen entstehen.



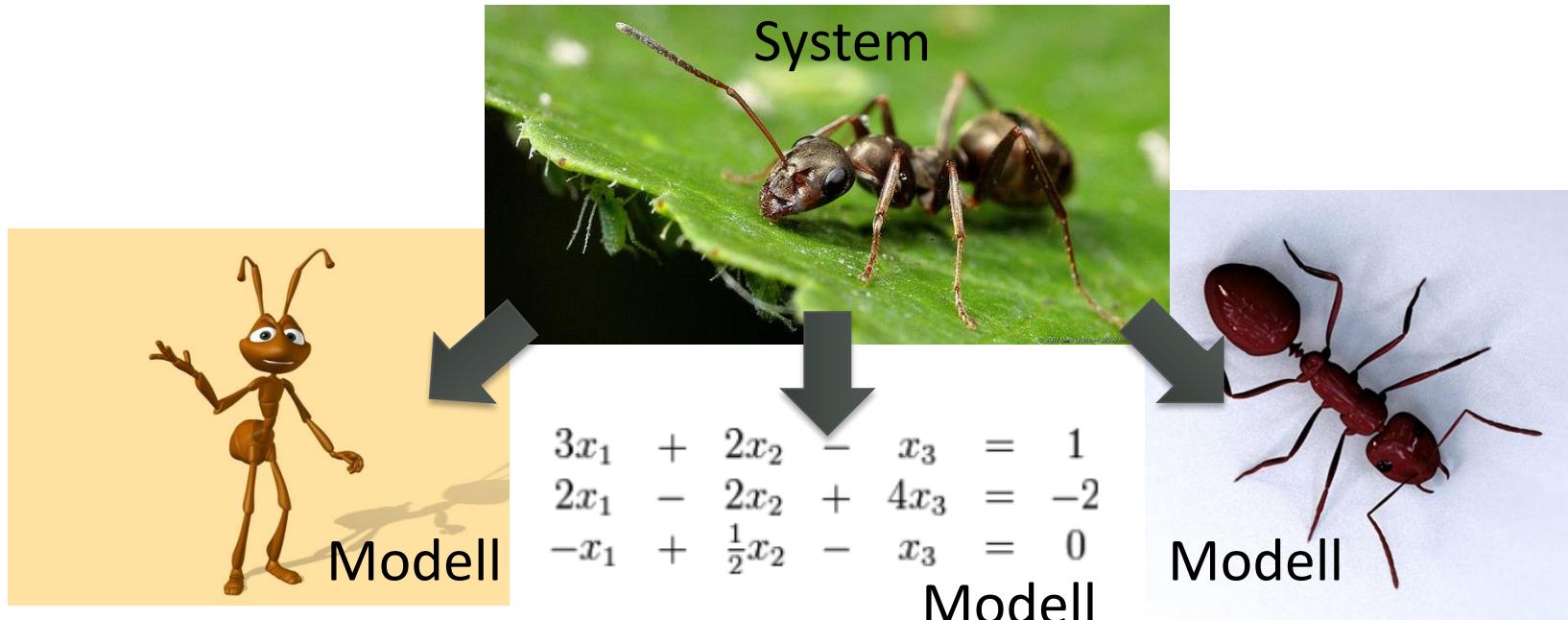
- Systemgrenze definiert die Umgebung
- Störungen treten auf:
 - innerhalb des Systems
 - in der Umgebung
- Zur Umgebung gehören auch andere Systeme, mit denen interagiert wird



- Eigenschaften eines Systems auf verschiedenen Ebenen
- **Makroebene:** Gesamtsystem (auch: Blackbox)
- **Mesoebene:** Teile des Systems, Subsysteme
- **Mikroebene:** Atomare Systembestandteile



- Modelle sind Abstraktionen der Wirklichkeit
- Modellierung bedeutet damit „weglassen“
- Je nach Intention des Modellierers wird das gleiche System unterschiedlich abstrahiert





“Essentially, all models are wrong, but some are useful.”

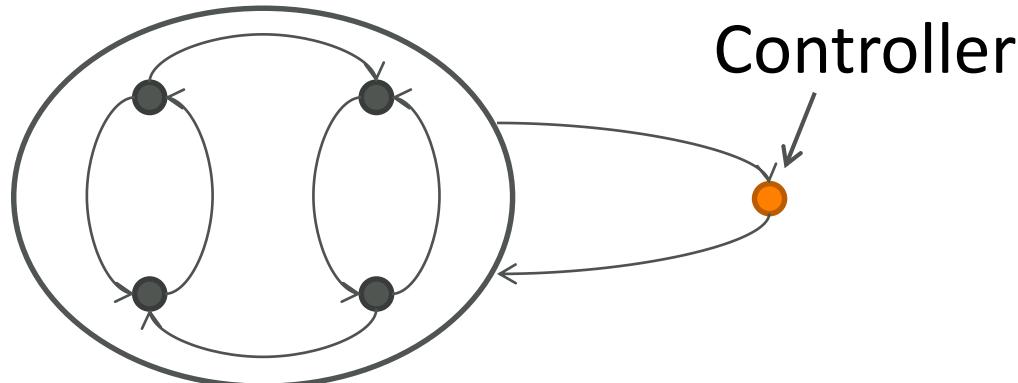
George E. P. Box

Selbst-organisierende, adaptive Systeme

ADAPTIVITÄT

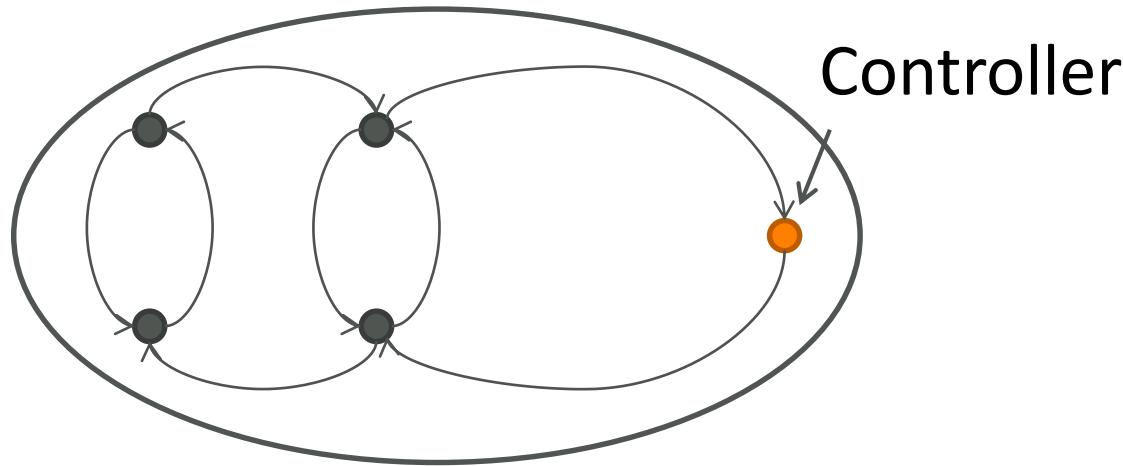
Adaptierbarkeit (Adaptability)

- Ein System wird von außen angepasst
- Zur Aufrechterhaltung der Funktion oder zur Optimierung
- Veränderte Umstände im System (neue Elemente, neue Aufgaben) oder in der Umgebung



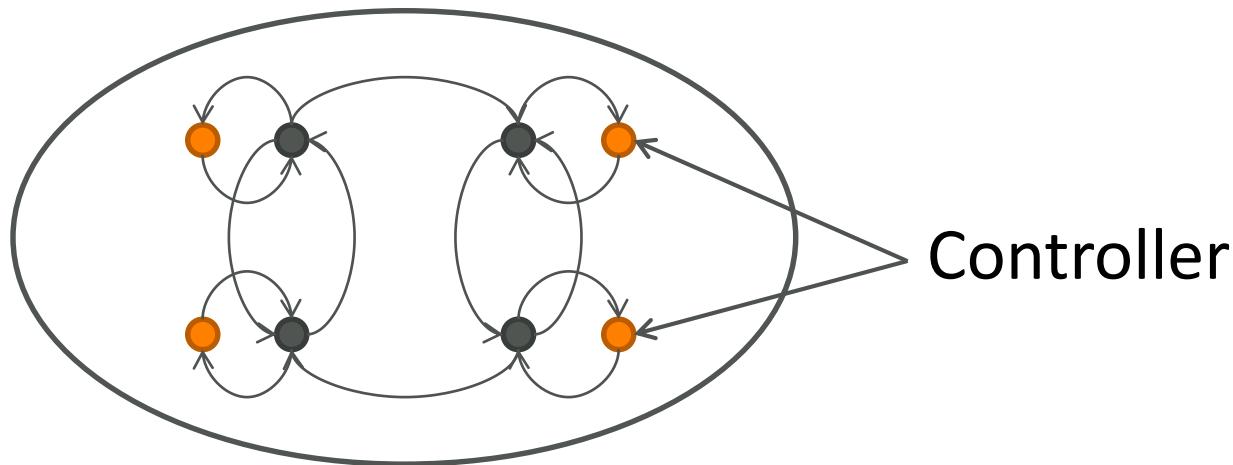
Adaptivität (Adaptivity)

- Fähigkeit eines Systems, sich selbst an veränderte Umstände anzupassen
- Ziel ist dabei, die existierende Struktur soweit wie möglich aufrechtzuerhalten (Heylighen, 2002)



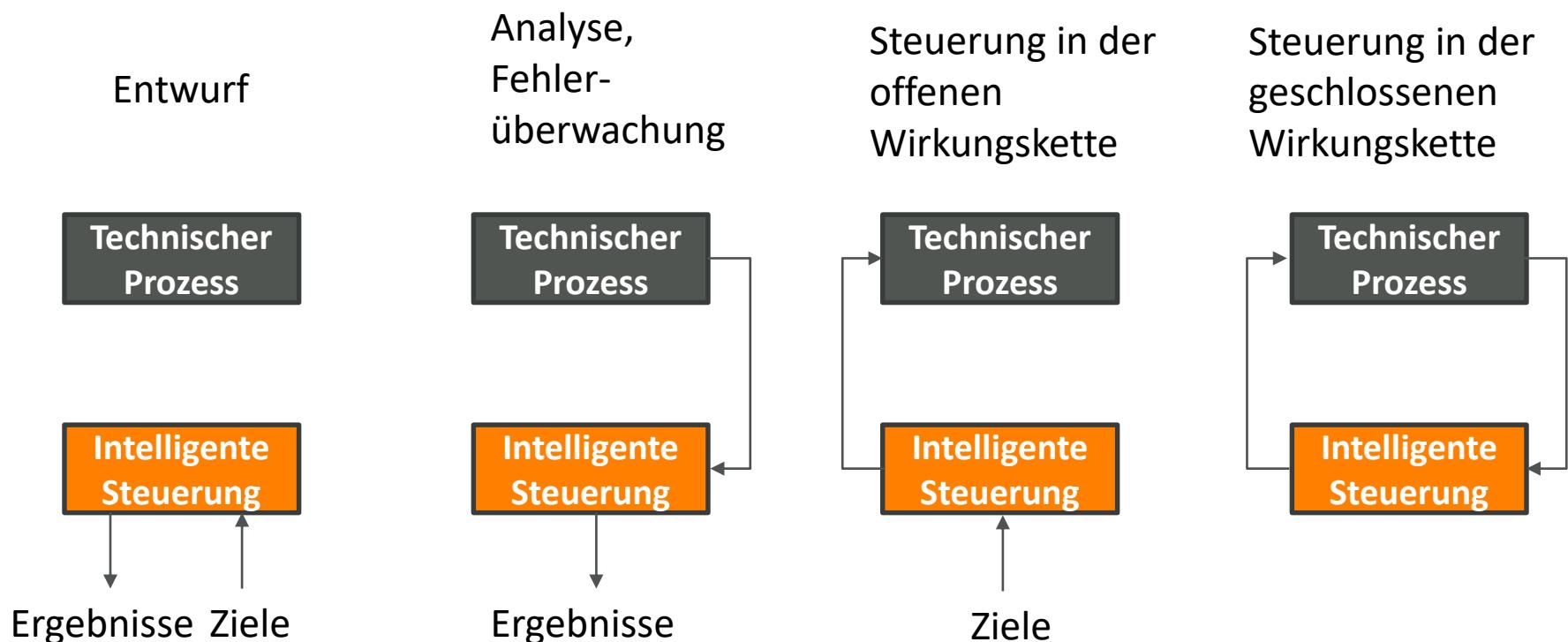
- Ob „adaptierbar“ oder „adaptiv“ ist Frage der Systemgrenze!

- Einzelter Controller hat Nachteile:
 - Single-Point of Failure
 - Schränkt Autonomie der Systemelemente ein
 - Muss Informationen über alle Systemelemente haben
- Stattdessen oft: Lokale Anpassungen direkt auf der Mikroebene



„Intelligente Adaptivität“

In technischen Systemen:



Selbst-organisierende, adaptive Systeme

SELBST-ORGANISATION

“the spontaneous creation of a globally coherent pattern out of local interactions”
(Heylighen, 2002)

- Organisation ist ein Muster oder eine Struktur
- Lokale Interaktionen zwischen den einzelnen Systemteilen
- Nicht von außen gesteuert

„the mechanism or the process enabling a system to change its organization without explicit external command during its execution time.“
(Serugendo, 2008)

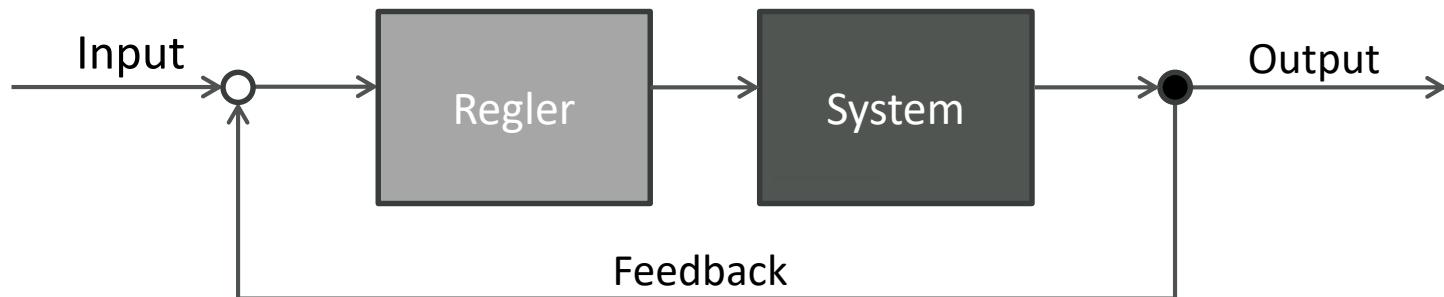
- **Starke SO:** Keine zentrale, interne oder externe Kontrolle
- **Schwache SO:** zentrale, interne Kontroll- oder Planungsinstanz

- Verschiedene Möglichkeiten der Organisation in einem System
- Zusammenspielen der Systemteile
- Veränderung „aus dem System heraus“
- „Organisation“ entspricht einem stabilen Zustand

Konsequenz:

- Isolierte Systeme, deren Organisationsstruktur sich ändert, sind immer selbst-organisierend!
(Shalizi, 2004)

- Voneinander abhängige Interaktionen führen zu Feedback
- Stabiler Zustand wird über Feedback-Loops erreicht
- Positive Feedback-Loops verstärken Veränderungen im System
- Negative Feedback-Loops dämpfen Veränderungen
- In stabilem Zustand überwiegt negatives Feedback

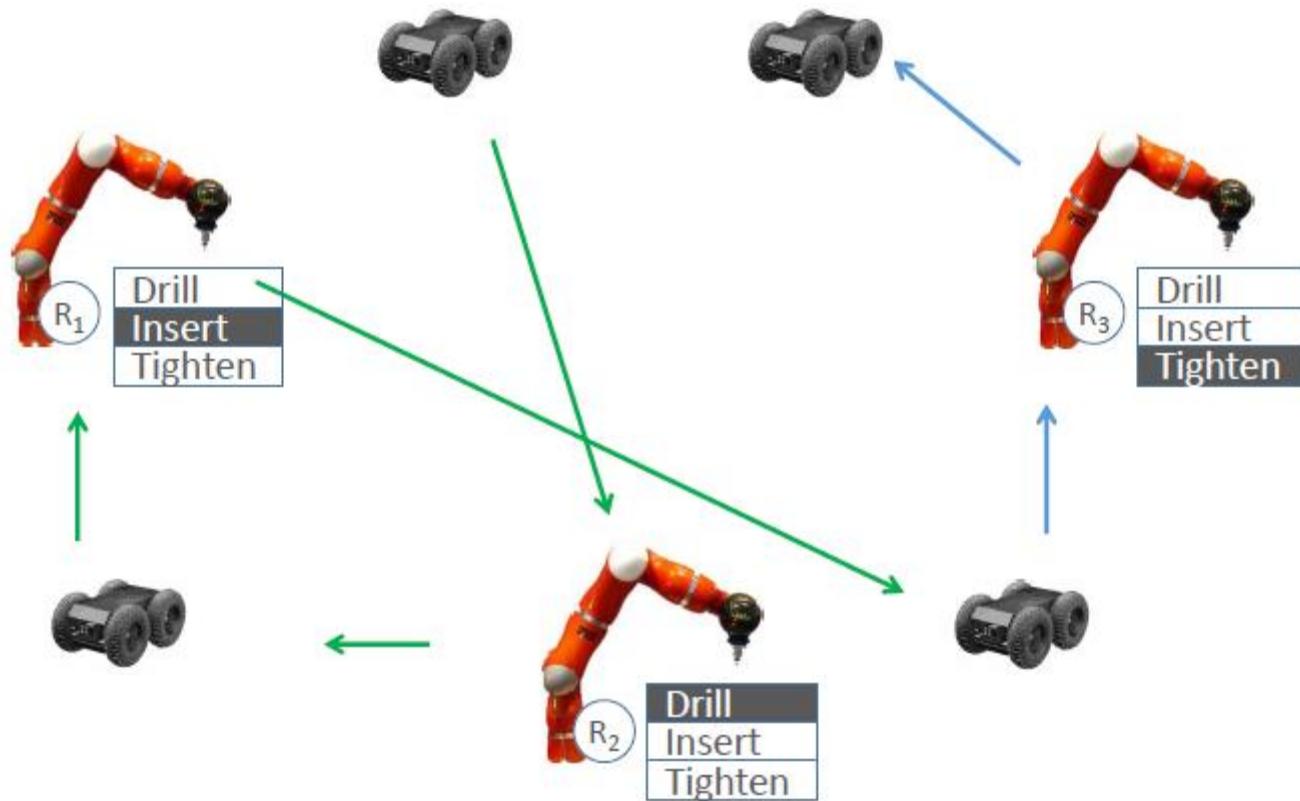


- Starke Korrelation der Systemteile
- Existenz positiver und negativer Feedbackschleifen
- Robustheit gegenüber Störungen und Fehlern
- Stabilität der Systemorganisation bis zum Auftauchen weiterer Störungen

Grundlegende Fragestellung:

- Wie lässt sich in technischen Systemen Selbst-Organisation nutzbar machen, um Robustheit und Stabilität zu erreichen?

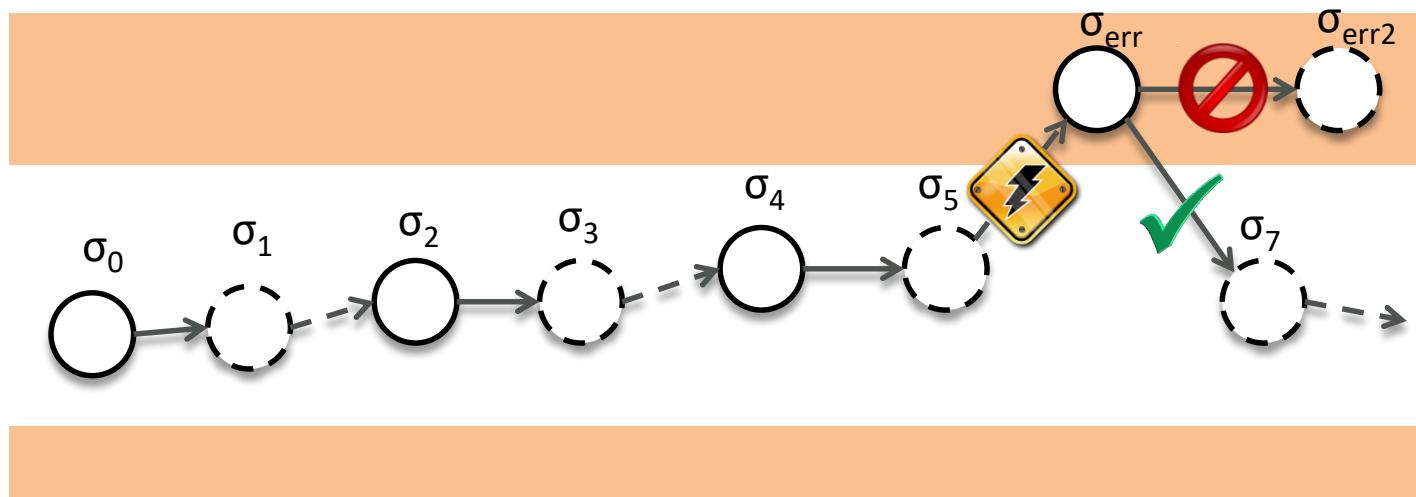
Beispiel: Adaptive Produktionszelle



Definition von Verhaltenskorridoren

Restore Invariant Approach

- Unerlaubte Zustände des Systems beschrieben durch Invariante
- Rekonfiguration wird bei Verlassen des Korridors ausgelöst

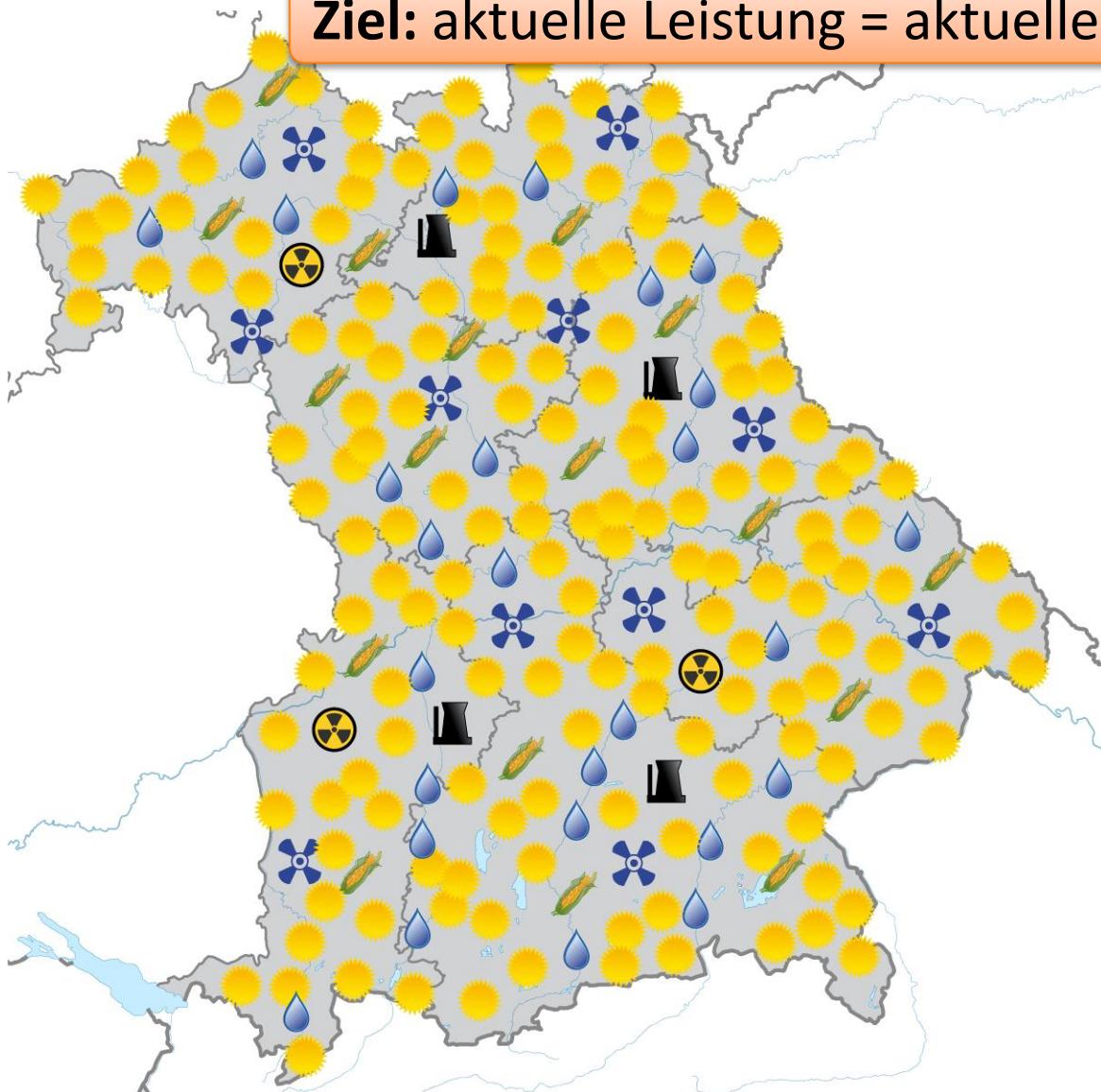


- Invariante soll auf dem ganzen Ablauf des Systems gelten

Nafz et al. 2010

Dezentrales Energiemanagement

Ziel: aktuelle Leistung = aktuelle Last



Offenheit:

- Unterschiedliche Anlagen-Hersteller
- Verschiedene Energieversorger
- Integriert in europ. Verbundnetz

[Anders et al., 2011]
[Steghöfer et al., 2013]

Elektrische Übertragung: Geschichte

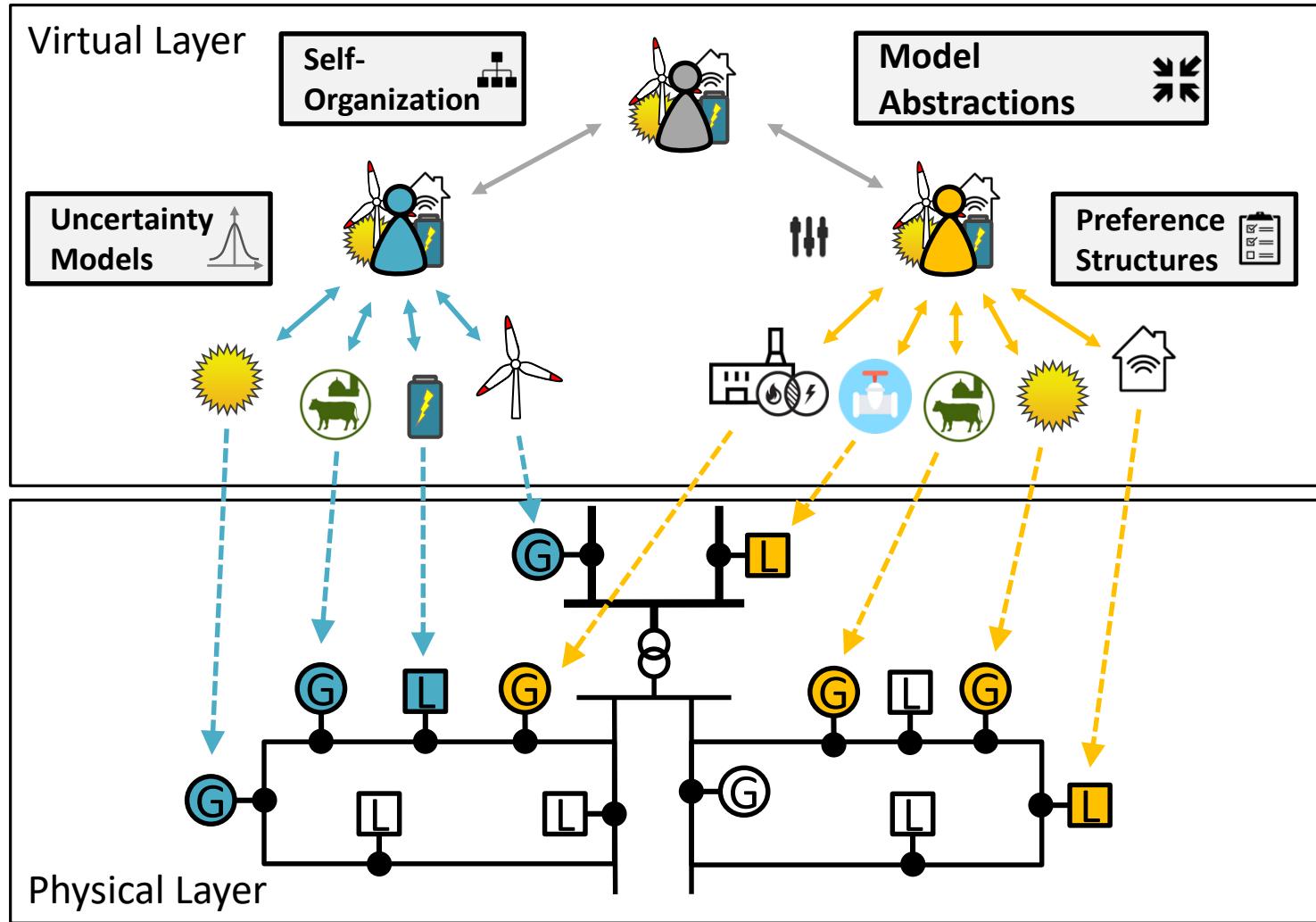
- Gleichstromübertragung Miesbach-München
 - 1882: Münchener Elektricitäts-Ausstellung
 - Übertragung über 57 km
 - Versagte nach wenigen Tagen



- Drehstromübertragung Lauffen-Frankfurt
 - 1891: Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt
 - Übertragung über 176 km
 - Wirtschaftlichkeit demonstriert!

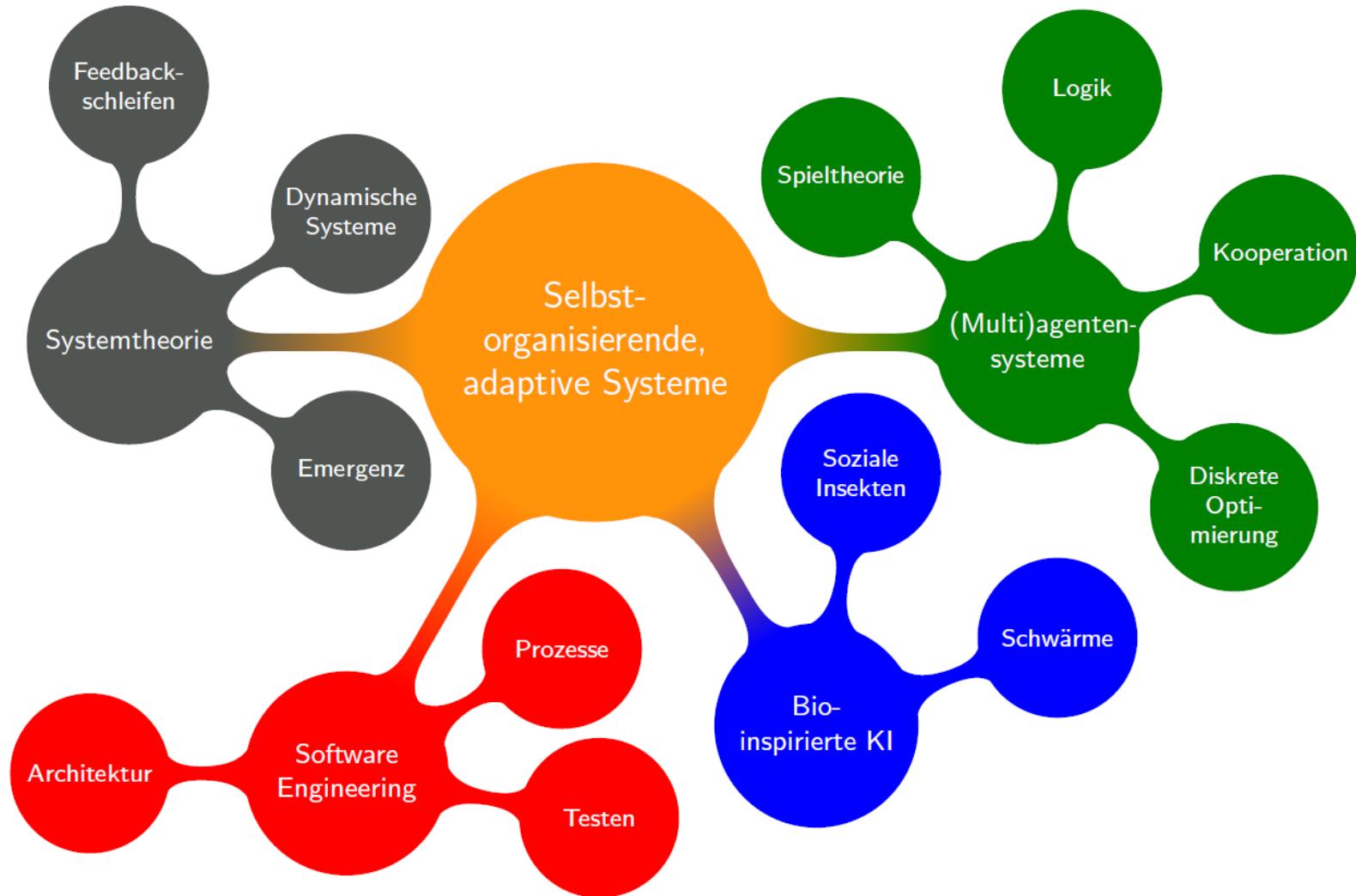


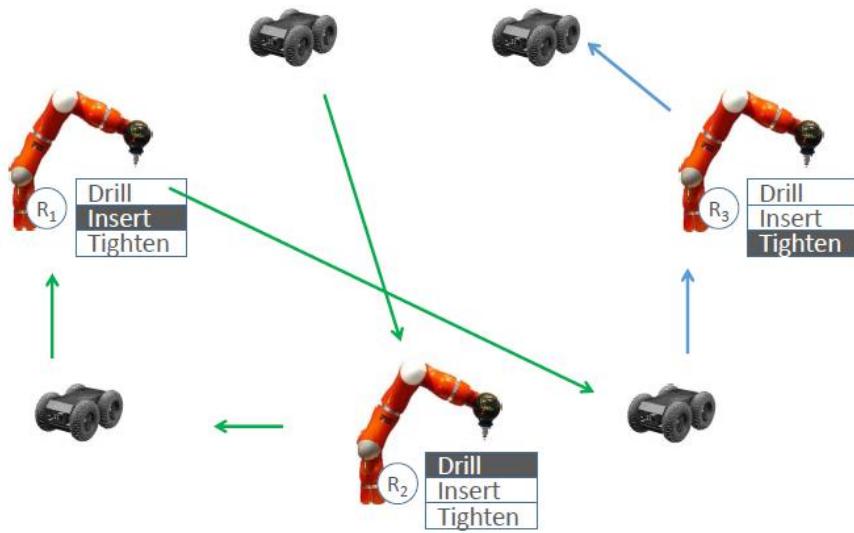
Zukünftige Energieversorgung



VORSCHAU

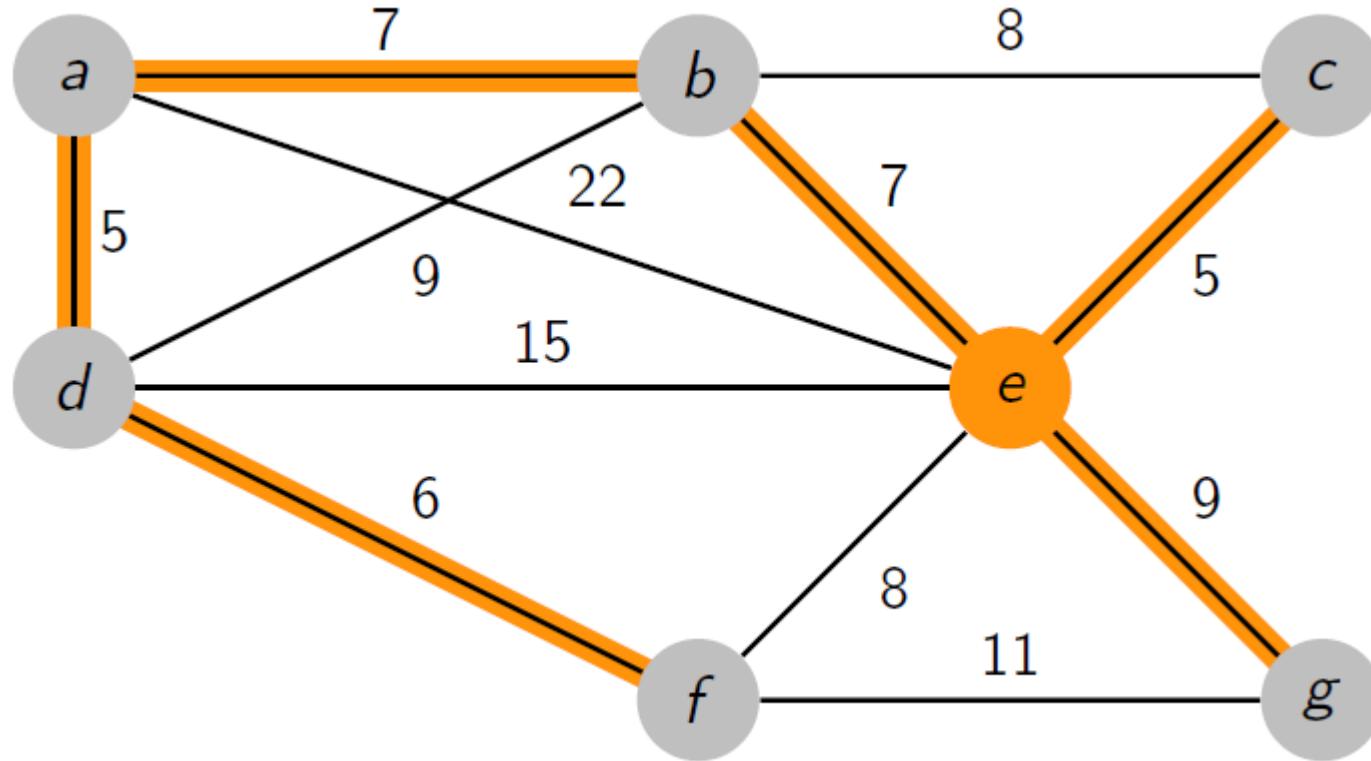
Themenüberblick





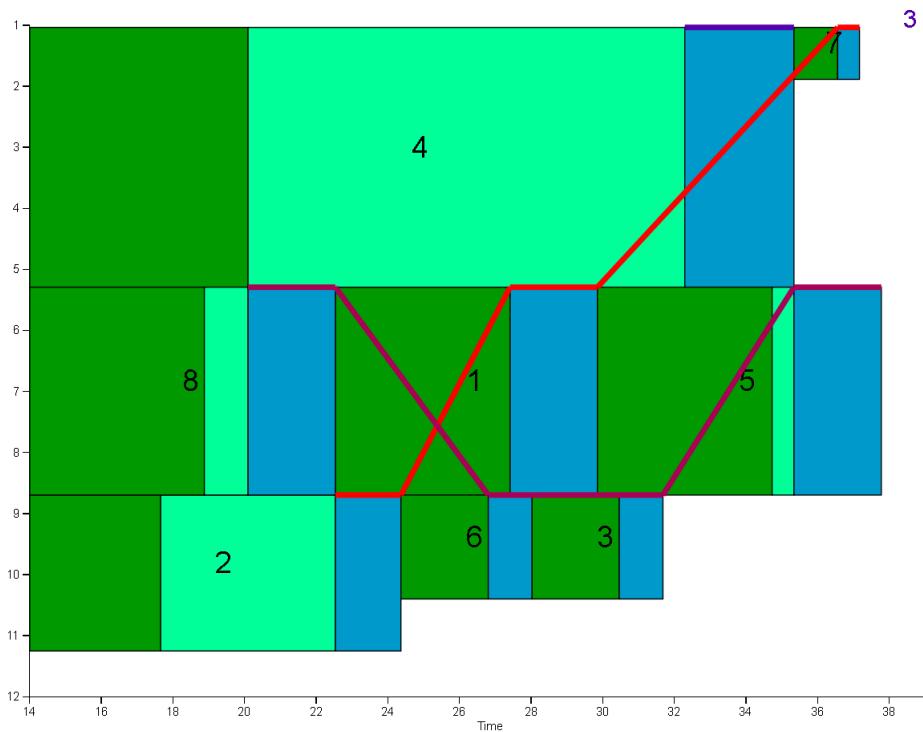
Agent	drill	insert	tighten
R ₁	20	5	8
R ₂	15	20	15
R ₃	10	30	7

Wie bringen wir die Agenten dazu, wahrheitsgemäße Kosten anzugeben?



Welchen „Wert“ hat {a,b,c,d,f,g} in einem Versorgungsnetz?

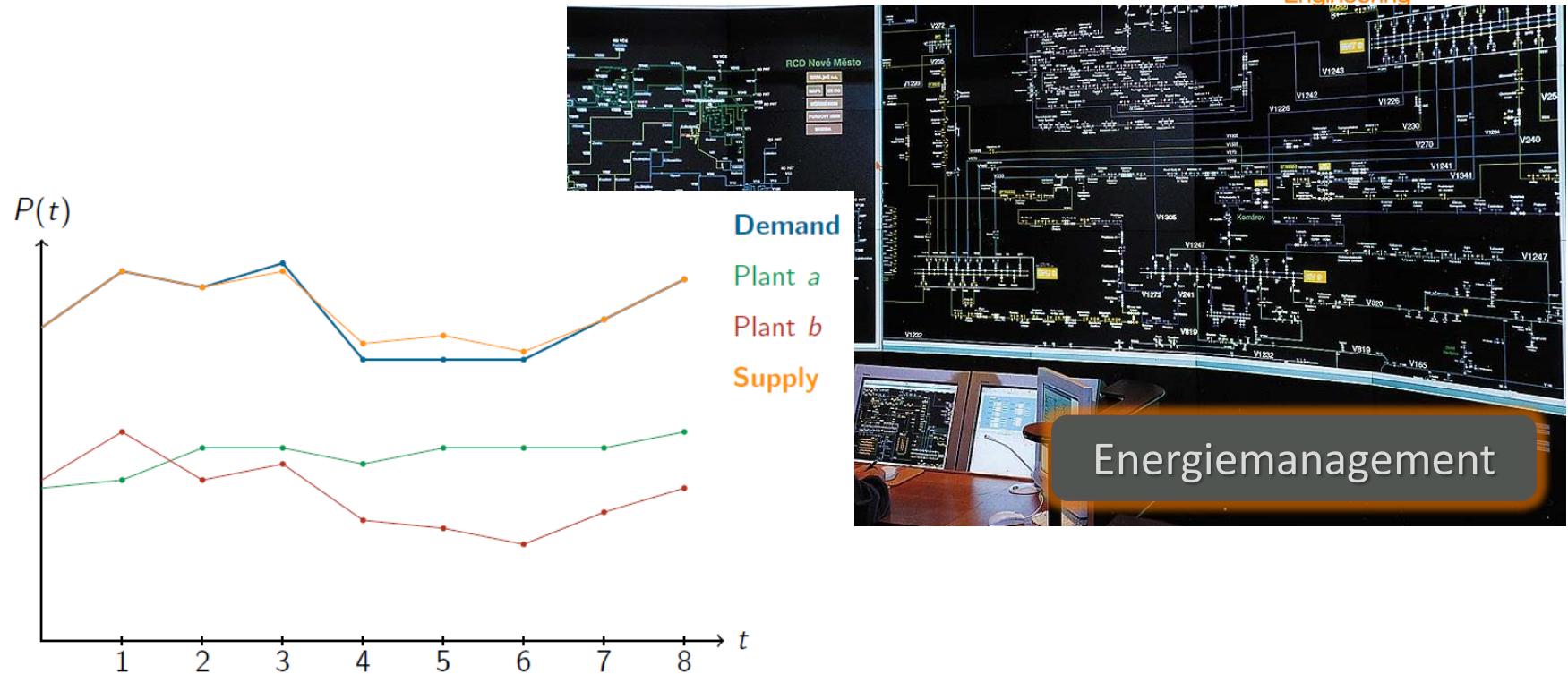
Optimierung I



Globale Logistiksysteme

Wann soll welcher Container von welchem Kran verladen werden?

Optimierung II



Wann soll welches Kraftwerk wieviel Energie
beisteuern?

ZUSAMMENFASSUNG

- Systeme sind Grundlage aller weiteren Betrachtungen
- Adaptivität erlaubt Selbst-Anpassung eines Systems
- Selbst-Organisation erlaubt Strukturveränderungen eines Systems von innen heraus
 - Problemdekomposition
 - Robustheit
- Emergente Phänomene sind beobachtbar auf der Makroebene
- Emergente Systemeigenschaften sind oft (aber nicht immer!) Ergebnis von Selbst-Organisationsprozessen

BIBLIOGRAPHIE

Systeme allgemein:

- A. Backlund: *The definition of system.* Kybernetes, Volume 29, Number 3-4, 2000
- L. Skyttner: *General Systems Theory. An Introduction.* Macmillan, 1996
- E. Rechtin: *The Art of Systems Engineering, Second Edition.* CRC Press, 2000

Selbst-Organisation:

- W. Ashby: *Principles of the self-organizing system.* Principles of Self-Organization: Transactions of the University of Illinois Symposium, 1962

Selbst-Organisation (fortgesetzt):

- F. Heylighen: *The science of self-organization and adaptivity*. The Encyclopedia of Life Support Systems, 2002
- G. Di Marzo Serugendo, M. P. Gleizes, A. Karageorgos: *Self-organization in multi-agent systems*. Knowledge Eng. Review, Volume 20, Number 2, pages 165-189, 2005.
- R. Abbott. *Complex Systems Engineering: Putting Complex Systems to Work*. Complexity, Volume 13, Number 2, 2007
- C.R. Shalizi, K.L. Shalizi, R. Haslinger. *Quantifying Self-Organization with Optimal Predictors*. Phys. Rev. Lett., Volume 93, Number 11, Article 118701, Sep 2004