



# Verteilte Künstliche Intelligenz – Organisation und Gesellschaft

VAK 03-710.03  
Universität Bremen

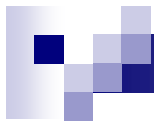
Ingo J. Timm, Jan D. Gehrke, Thorsten Scholz

# Gastvorlesung zu Sozionik am 25. Juli 2006

- Dr. Frank Hillebrandt  
Technische Universität Hamburg-Harburg  
Arbeitsbereich Technikbewertung und Technikgestaltung

*Sozionische Modellbildung zur Steigerung  
der Robustheit von Multiagentensystemen*





# [C] Organisation und Gesellschaften

- Organisation

- Emergenzeffekt

- Organisation aus wirtschaftswissenschaftlicher Perspektive

- Organisation in der VKI

- Sozionik



Was ist Emergenz ?



## Einige persönliche Definitionen zu Emergenz

- Heinz von Förster: „Der Anfang von Himmel und Erde hat keinen Namen“ (1997), S. 44:  
*Emergenz ist **meine** Fähigkeit neu sehen zu können.*
- Rupert Riedl: „Strukturen der Komplexität“ (2000), S. 40:  
*Unter dem Begriff der Emergenz wird das Auftauchen neuer, zumeist höherer oder komplexerer Eigenschaften in diesem Kosmos zusammengefasst.*
- W. Kinnebrock: „Künstliches Leben“ (1996), S. 104:  
*Die Eigenschaft eines Systems ist emergent, wenn man bei der Beschreibung aller Eigenschaften der Einzelteile (Konstituenten) des Systems auf diese Eigenschaft verzichten kann.*



# Einige persönliche Definitionen zu Emergenz

- Rolf Pfeifer & Christian Scheier: „Understanding Intelligence“ (1999), S. 137:

*The term "emergence" is used primarily in three different ways: (1) something surprising and not fully understood, (2) a property of a System not contained in any one of its parts, and (3) behavior that is not preprogrammed that arises from agent-environment interaction.*

- Rolf Pfeifer & Christian Scheier: „Understanding Intelligence“ (1999), S. 124:

*The term emergent is used mainly in three different ways. First, it is often applied to situations, agent behaviors, that are surprising and not fully understood. Second, it refers to a property of a System that is not contained in any one of its parts. This is the typical usage in the field of artificial life, dynamical Systems, and neural networks for phenomena of self-organization. Third, it concerns behavior resulting from the agent-environment interaction whenever the behavior is not preprogrammed.*



# Bemerkungen zu Emergenz

- W. Kinnebrock: „Künstliches Leben“ (1996), S. 103:  
*Ein einzelnes Molekül kann keine Temperatur besitzen. Temperatur ist nur meßbar, wenn viele Moleküle vorhanden sind. Temperatur ist daher eine emergente Eigenschaft.*
- W. Kinnebrock: „Künstliches Leben“ (1996), S. 103:  
*Ein einfacher Holzstab kann kein Geräusch produzieren. Hat man zwei Stäbe, kann man sie gegeneinanderschlagen. Dies verursacht ein Geräusch, welches als Eigenschaft nur bei einer Menge von mindestens zwei Stäben auftreten kann.*
- Michael Gleich: „Web of Life“ (2002), S. 80:  
*Netzgesetz Nr. 3: Emergenz. Das ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Dieses "Mehr", die neue Qualität, entsteht durch die jeweilige Art der Vernetzung. Sie erzeugt höhere Komplexität aus vielen einfachen Komponenten. So wächst das Einzelne über sich selbst hinaus. Mehr ist anders.*



# Bemerkungen zu Emergenz

- Heinz von Förster: „Der Anfang von Himmel und Erde hat keinen Namen“ (1997), S. 41:  
*Wann ist die Emergenz emergiert? Meines Wissens ist die Emergenz erst vor ganz wenigen Jahren emergiert - plötzlich gab es dieses Schlagwort. Jetzt möchte ich auf eher boshafte Weise das Emergenz-Problem beleuchten: In dem Moment, wo derartige Schlagworte auftauchen, setze ich sofort meine politische Mütze auf und frage mich: »Wer hat das erfunden? Warum hat er das erfunden? Und was geschieht in der Folge mit diesem Schlagwort?«*
- Rolf Pfeifer & Christian Scheier: „Understanding Intelligence“ (1999), S. 124:  
*The term emergent is used mainly in three different ways.*
  - *First, it is often applied to situations, agent behaviors, that are surprising and not fully understood.*
  - *Second, it refers to a property of a system that is not contained in any one of its parts. This is the typical usage in the field of artificial life, dynamical systems, and neural networks for phenomena of self-organization.*
  - *Third, it concerns behavior resulting from the agent-environment interaction whenever the behavior is not preprogrammed. It is thus not common to use the term if the behavior is entirely prespecified like a trajectory of a hand that has been precalculated by a planner.*





# Emergenz

In the theory of evolution, the rise of a system that cannot be predicted or explained from antecedent conditions.

The British philosopher of science G.H. Lewes (1817–78) distinguished between resultants and emergents—phenomena that are predictable from their constituent parts (e.g., a physical mixture of sand and talcum powder) and those that are not (e.g., a chemical compound such as salt, which looks nothing like sodium or chlorine). The evolutionary account of life is a continuous history marked by stages at which fundamentally new forms have appeared. Each new mode of life, though grounded in the conditions of the previous stage, is intelligible only in terms of its own ordering principle. These are thus cases of **emergence**. In the philosophy of mind, the primary candidates for the status of emergent properties are mental states and events.



# Emergenz in Multiagentensystemen

- Verschiedene VKI Definitionen für Emergenz
  - „Emergent Properties“ nach Axelrod (1997)
  - „Emergent Organization“ nach Ferber (1999)
  - „Emerging Intelligence“ nach Wooldridge & Jennings (1995)



# Emergenz in Multiagentensystemen

- „**Emergent Properties**“: Axelrod (1997) definiert Emergenz als das erscheinen von Eigenschaften, die als globaler Effekt von lokal interagierenden Agenten auftritt:

*“Emergent properties are often surprising because it can be hard to anticipate the full consequences of even simple forms of interaction”.*



# Emergenz in Multiagentensystemen

- „**Emergent Organization**“: Ferber (1999) beschreibt die Emergenz aus einem anderen Blickwinkel, der eher auf die Struktur der Interaktion von lokal interagierenden Einheiten eingeht. Das besondere hierbei ist, dass Systeme von Agenten nicht ausschließlich als Gruppe betrachtet werden. Vielmehr koordiniert sich das System von Agenten durch lokale Interaktion und realisiert dabei eine dynamische Organisation, die Ferber mit „Emergent Organization“ bezeichnet: Jacques Ferber's view is more centralized (than Axelrods) on *emergent organization*:


*“Even societies considered as being complex such as colonies of bees or ants, should not necessarily be considered as individuals in their own right if we wish to understand their organization and the regulation and evolution phenomena prevailing there. In terms of multi-agent systems, this means that an organization can emerge from the juxtaposition of individual actions, without its being necessary to define a specific objective (an element from the assembly  $\mathcal{O}$ ) which represent such an outcome”*



# Emergenz in Multiagentensystemen

- „**Emerging Intelligence**“: Wooldridge & Jennings (1995) definieren besonders in ihren frühen Arbeiten verschiedene Arten von Agentensystemen. Dabei verwenden sie die schwache Definition von Agenten (*weak notion of agency*) für die Minimalanforderungen, die ein Softwaresystem erfüllen muss, damit dieses als Agent definiert werden kann. Die starke Definition (*strong notion of agency*) verwendet er für die Abgrenzung von Agenten und Intelligenten Agenten. Hierbei werden viele Eigenschaften als optional angegeben. In diesem Rahmen spricht Wooldridge (1999) aber auch von Idee, dass intelligentes Verhalten durch die Interaktion von einfachen Verhalten realisiert werden kann:

*“the idea that intelligent behavior emerges from the interaction of various simpler behaviors”*



# Das Organisationsproblem I nach Hill et al. 1994

## *von der Perspektive der Organisationslehre*

- Unter Organisation wird die Gesamtheit der auf die Erreichung von Zwecken und Zielen gerichteten Maßnahmen verstanden werden, durch die
  - ein soziales System arbeitsteilig strukturiert wird und
  - die Aktivitäten der zum System gehörenden Menschen, der Einsatz von Mitteln und die Verarbeitung von Informationen geordnet werden.
  - Der Begriff der Organisation wird hier also instrumental verstanden, d.h. als Mittel zur Erreichung der Ziele sozialer Systeme.
  
- Das Organisationsproblem
  - Worin liegt das Gemeinsame aller sozialen Systeme, d.h. welches ist der Objektbereich der Organisationslehre?
  - Welche Rolle spielt die (instrumental verstandene) Organisation in diesen sozialen Systemen, d.h. welches ist die spezifische Problemstellung, mit der die Organisationslehre an ihrem Objektbereich herangeht?



# Funktionen einer Organisation nach Hill et al. 1994

*von der Perspektive der Organisationslehre*  
*Systemtheoretischer Ansatz*

- ***Terminologische Funktion***
- ***Heuristische Funktion***
- ***Integrationsfunktion***



## Funktionen einer Organisation nach Hill et al. 1994

*von der Perspektive der Organisationslehre*  
*Systemtheoretischer Ansatz*

- *Terminologische Funktion*: der Systemansatz stellt ein abstraktes, weitgehend formales Begriffssystem zur Verfügung, das „nicht durch inhaltliche Vor-Urteile oder a-priori-Annahmen über die Wirklichkeit belastet“ ist;





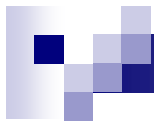
## Funktionen einer Organisation nach Hill et al. 1994 *von der Perspektive der Organisationslehre* *Systemtheoretischer Ansatz*

- *Heuristische Funktion*: der Systemansatz stellt Strukturmodelle zur Verfügung, welche die Entdeckung bisher vernachlässigter Aspekte und Zusammenhänge erleichtern (z.B. Offenheit eines Systems) und neue Perspektiven eröffnen (z.B. stärkere Betonung von dynamischen gegenüber statischen Aspekten, dezentrale Komplexitätsbeherrschung, Selbstorganisation)



## Funktionen einer Organisation nach Hill et al. 1994 *von der Perspektive der Organisationslehre* *Systemtheoretischer Ansatz*

- *Integrationsfunktion*: der Systemansatz erlaubt eine interdisziplinäre Betrachtungsweise. Er führt zur gleichzeitigen Beachtung verschiedener Einflussfaktoren und Variablen, hier vor allem von psychologischen, soziologischen, ökonomischen und technologischen Aspekten. Er wirkt damit einem monokausalen Denken entgegen und erleichtert die Integration der Organisationstheorie und – lehre in die modernen Sozialwissenschaften



## Implikationen dieser Ansätze nach Hill et al. 1994

- Organisationslehre nicht auf Unternehmungen beschränkt
- Sämtliche wesentliche Determinanten tatsächlich organisatorischer Entscheidungssituationen sind zu berücksichtigen
- Organisationslehre ist entscheidungs- und handlungsorientiert
- Organisationstheoretische Richtungen, die keinen Bezug auf reale Organisationsprobleme aufweisen, treten in den Hintergrund



# Das Organisationsproblem nach Hill et al. 1994

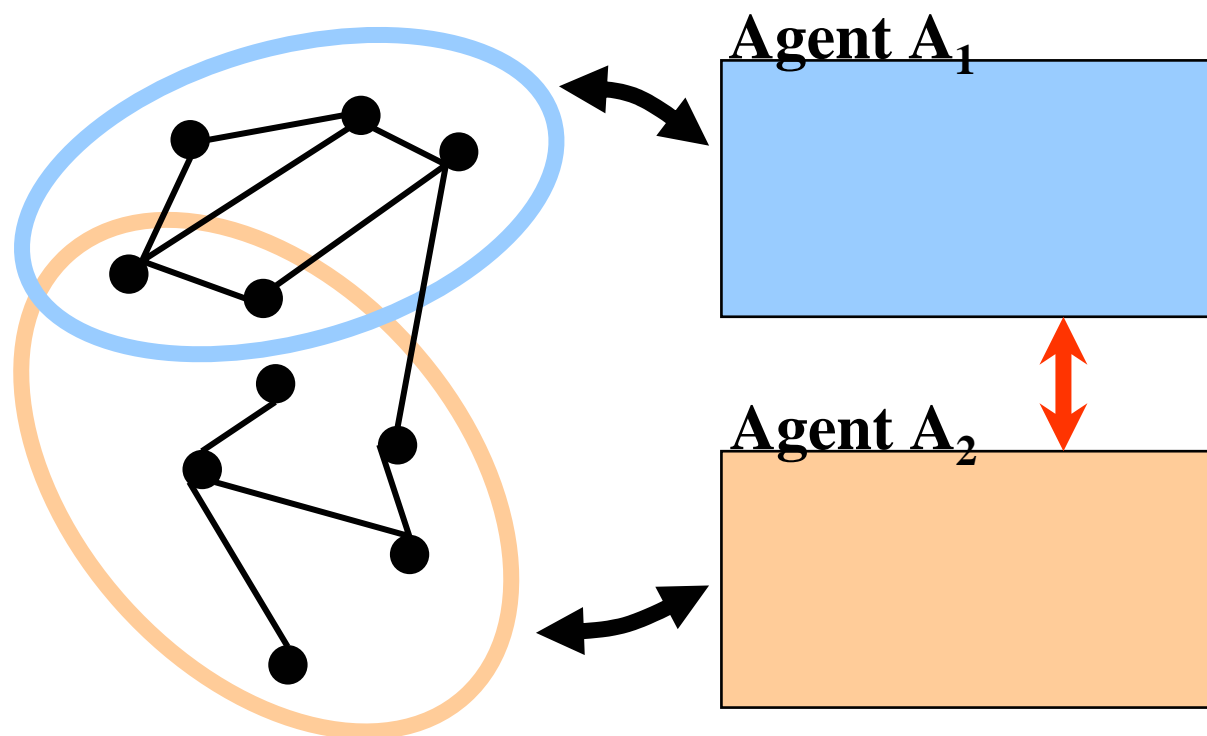
- Nach welchen Kriterien muss organisiert werden (Ziele des Organisierens)?
- Welche Mittel können eingesetzt werden, d.h. welche Variablen stehen zur Verfügung (organisatorische Instrumentalvariablen)?
- Unter welchen im Rahmen des Organisierens nicht beeinflussbaren Bedingungen muss organisiert werden („Constraints“ der Organisation)?



# Ein kleiner Ausflug in die Organisationstheorie

- Organisationstheorie als Grundlage für die Beschreibung von der Realität (Kieser & Kubicek)
  
- Eigenschaften von Organisationen:
  - ☐ Ziel
  - ☐ dauerhaft
  - ☐ Mitglieder
  - ☐ formale Struktur
  - ☐ Aktivitäten der Mitglieder

# Cooperation





## Koordination und Emergenz

- Emergenz soll in Multiagentensystemen erreicht werden (positive nicht vollständig verstandene Effekte)
- Koordination soll helfen, Emergenz zu erreichen. Diese kann kooperativ (z.B. Kontraktnetz) oder auch kompetitiv (z.B. Auktionsprotokolle) sein



# Approaches to Cooperation

- Grouping and multiplication
- Communication
- Specialization
- Collaborating by sharing tasks and resources
- Coordination of actions
- Conflict resolution by arbitration and negotiation





# Organization

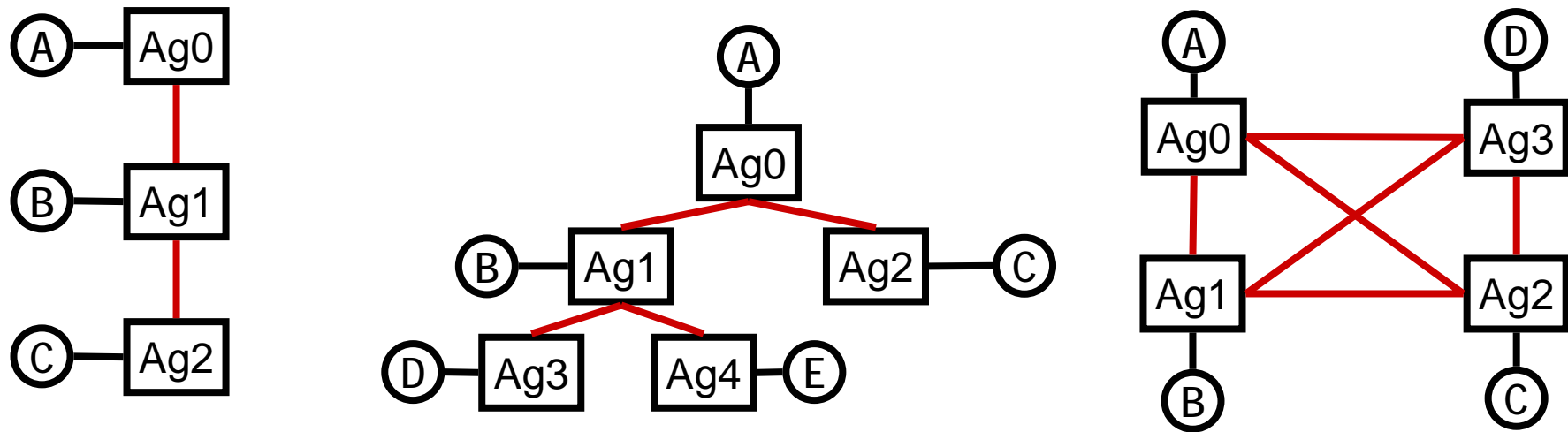
- Arrangement of relationships between components or individuals
- Organizational links create a new component of a whole
- Relatively high degree of interdependence and reliability
  
- Levels of Organization
  - Elementary component
  - General multiagent system
  - Individual organization
  - Collective organization
  
- Determination of “social rules” for agent interaction



# Function of Organization

- Representational function (archivist)
- Organizational function (management)
- Conative function
  - Motivational function (formation of goals)
  - Constraints (limits and organization's possible range)
  - Decision function (evaluation and selection of goals)
- Interaction function (observer, communicator)
- Productive function (primitive activities)
- Preservative function (acquisition, maintenance of resources etc.)

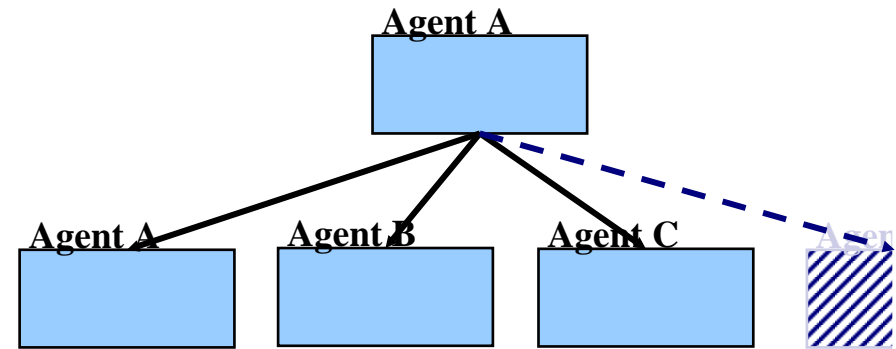
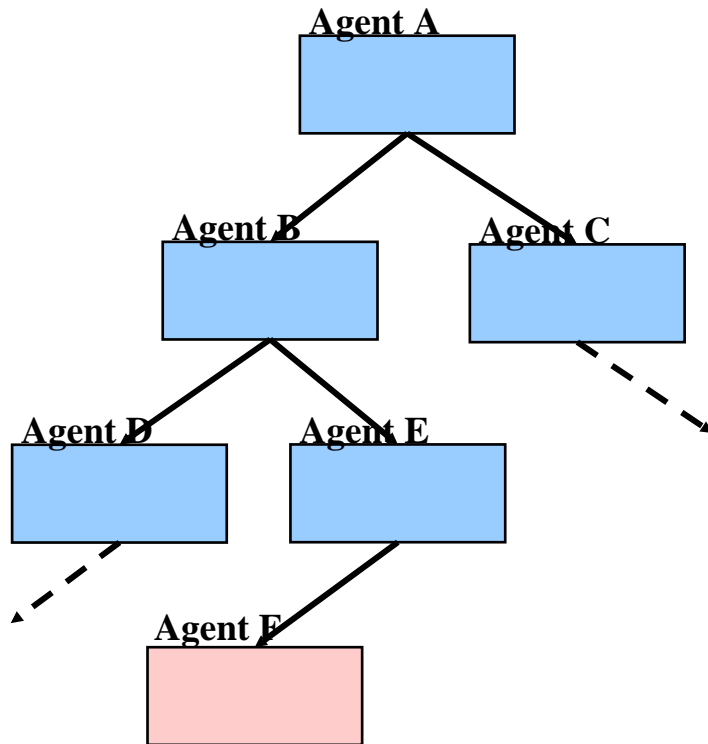
# Structural Cooperation: Organization



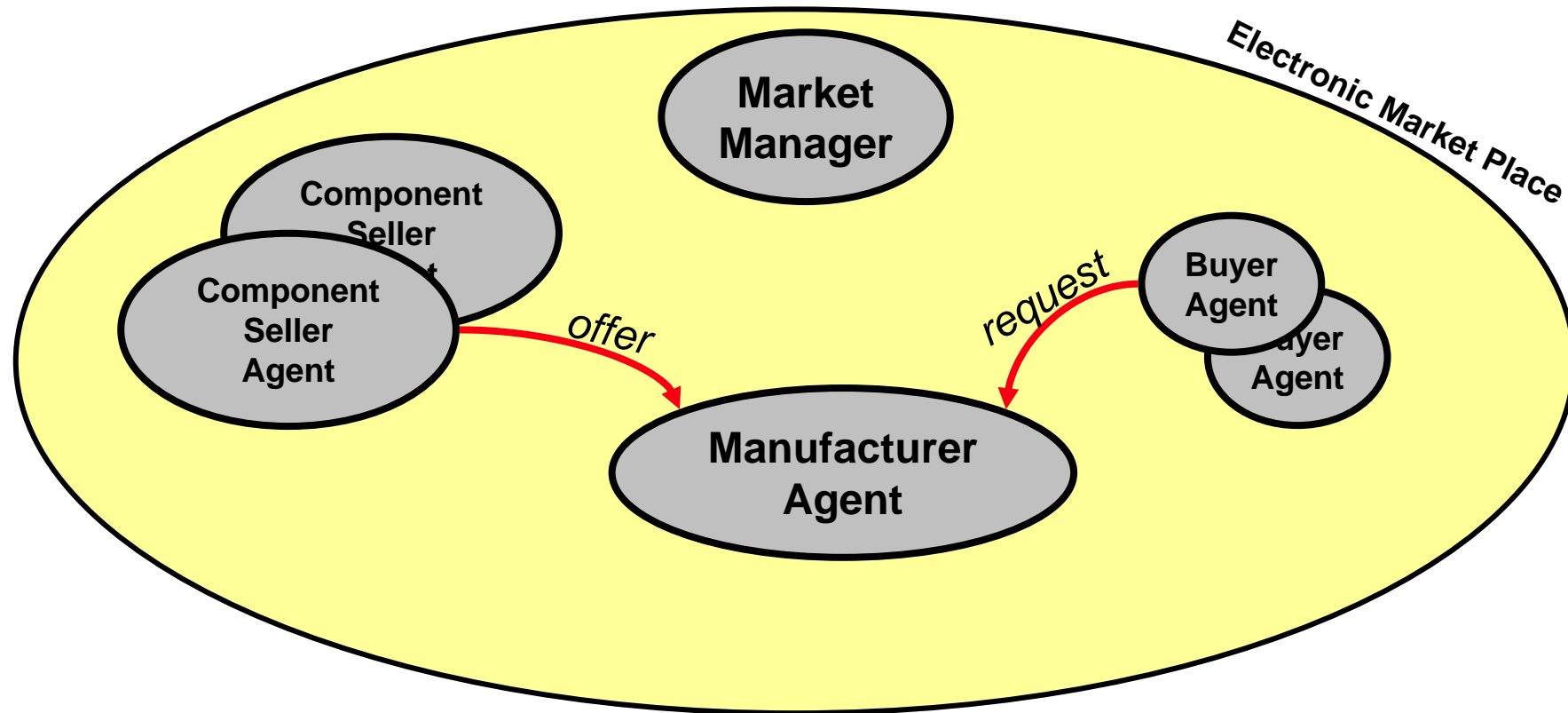
## ■ Relations of communication:

- ☐ hierarchical
- ☐ bilateral, multilateral
- ☐ complete
- ☐ ... ..

# Hierarchical Organization

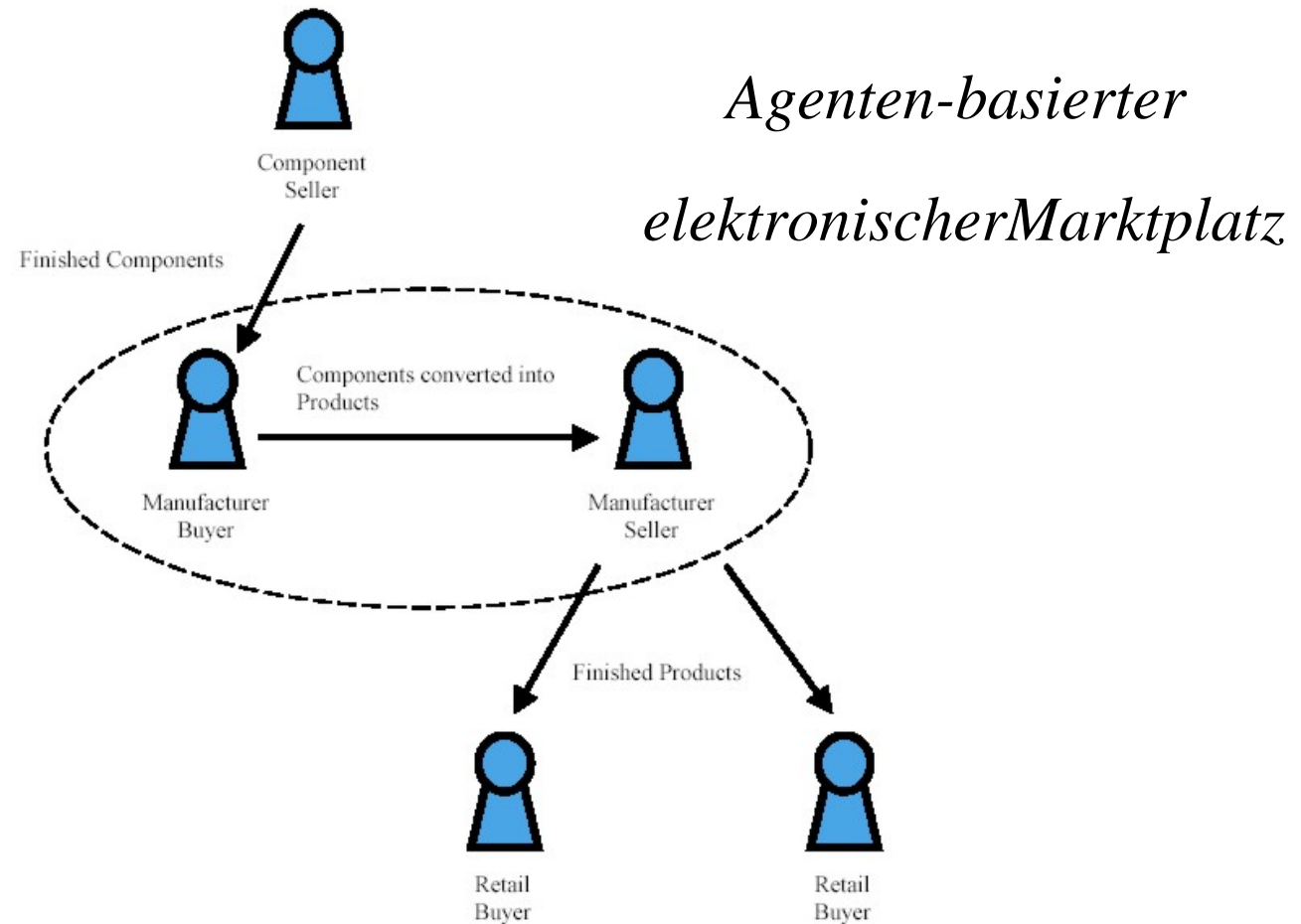


# Competitive Coordination: Market Approach



- Multiple occurrences of suppliers and customers → alternative actions
- Transaction Cost
- Natural modeling of markets (virtual markets)
- Spot market (no local preferences)

# Ausprägungen Elektronischer Marktplätze





<b>Economical Structures</b>	<b>Level</b>	<b>Capabilities</b>	<b>Duration</b>	<b>Decision Making</b>
<b>Cartel</b> ( <i>e.g., OPEC</i> )	horizontal vertical diagonal	homogeneous heterogeneous	short- to long-term	influence depends on resources
<b>Collaboration</b> ( <i>e.g., VW Sharan and Ford Galaxy</i> )	horizontal	homogeneous	short- to mid-term	democratic
<b>Cooperation</b> ( <i>e.g., DaimlerChrysler and Recaro/Lear</i> )	horizontal vertical	homogeneous heterogeneous	short- to mid-term	hierarchic
<b>Alliance</b> ( <i>e.g. Star-Alliance: United Airlines, Lufthansa, etc.</i> )	horizontal diagonal	homogeneous heterogeneous	long-term	Globally democratic, locally Autonomous
<b>Department</b> ( <i>e.g., Buying- and Sales-department</i> )	horizontal vertical	homogeneous heterogeneous	short- to mid-term	hierarchic
<b>Institution</b> ( <i>e.g., EADS</i> )	horizontal vertical diagonal	homogeneous heterogeneous	mid- to long-term	hierarchic, democratic or matrix
<b>Location</b> ( <i>e.g., stock market</i> )	horizontal vertical diagonal	homogeneous heterogeneous	short- to long-term	market-based



# Implementierung von Organisationen

- Verhaltensregeln (Social Laws)
- Koalitions- und Teambildung (Team Formation)
- Gemeinsame Zielsetzungen (Joint Intentions)





# Social Laws and Conventions

- Social Laws can be seen as Constraints on actions
  - Include a PROHIBITS predicate which rules out actions
  - Example
    - **PROHIBITS( sleeping, VKI course )**
  - Agent's may only choose “socially legal” actions leading to
    - Expectations on agent behavior
    - Coordination heuristics
- Laws/Conventions are simply imposed on the agent
  - By the system designer
  - There is no need for the agent to reason about their actual utility



# Coalition and Team Formation

- The approach from game-theory: coalition formation
  - Task given
  - Agents are maximizing utility
  - Multiple coalitions possible
  - Formation of “most-promising” team
  
- The approach from logics: team formation
  - Task given
  - Individual agent is unable to solve problem
  - Logical reasoning determines team or potential teams



# Coalition Formation

*saving costs by coordinating activities with other parties*

- Coalition Formation mostly studied in characteristic function game
  - Negative and positive externalities between coalitions and non-members
- Process
  - Coalition structure generation
  - Solving the optimization problem
  - Dividing the value
- Coalition Formation Activity 1: Coalition Structure Generation
  - Superadditivity (merging a coalition into one) vs. Coordination overhead
  - Minimal search to establish a bound, Coalition with highest welfare wins
  - Coalition structure Search (Sandholm et al.)



## Coalition Formation (2)

- Coalition Formation Activity 2: Optimization within a Coalition
  - Value of Coalition is defined by the solved optimization problem (only under unlimited and costless computation possible)
  - Approximate solutions will be found
  - Self-interested agents want to strike the optimal tradeoff between solution and the cost of the associated computation
  - *This aspect has to be studied*
- Coalition Formation Activity 3: Payoff Division
  - Payoff division according to the core  
Seeking for a set  $X$  of payoff configurations where each  $x$  is a vector of payoffs to the agents in such a manner that no subgroup is motivated to depart from the coalition structure
  - Payoff division according to the shapley value  
Paying on the basis of marginal contribution of an agent to the coalition structure



# Team Formation

Communication based interaction for team formation

- Finding potential Team members
- Forming a team
- Constructing a plan for that team
- Plan execution by Team



# Modified Team Formation

- Contractor

- Call for Teams [broadcast]

- Contractee

- Call for Participation (Query-  
Inform) [broadcast]
- Inform (if agent is able to  
participate!)
- Calculation of all potential  
teams
- Evaluation of all potential  
teams
- Proposing “most-promising”  
team [to contractor]

- Contractor

- Evaluates team proposals
- Accept best proposal
- Reject other proposals

- Contractee (accepted proposal)

- Request all participants (request-  
inform)
- Compose solution
- Inform



## Mal wieder etwas formaler: Wooldridge's Teams

- *Responsibility in the context of teamwork is comprised of two parts: a commitment and a convention.*
- Wichtiges Konzept eines Teams ist die Konvention (convention):  
„A Convention is a means of monitoring a commitment.“
- Eine Konvention wird demnach als Menge von Regeln  $r$  definiert, die als Tuple spezifiziert werden:  $r = \langle \rho, \gamma \rangle$ 
  - mit  $\rho$  als „re-evaluation“ Bedingung
  - und  $\gamma$  einem zugeordneten Ziel
- Endliche indizierte Menge von Tupeln:
  - $c = \{ \langle \rho, \gamma \rangle, \dots, \langle \rho, \gamma \rangle \}$



# Joint Intentions

- Intentions govern behavior [Cohen et. Al]
  - They are persistent: “I intend to go skiing this weekend...”
  - But flexible: “&#^@&\$^ - No snow...”
- Joint Intentions govern *social* behavior [Bratman]
  - They provide stability in the world – we can rely on agents which have publicly stated they intend to do something
  - Conventions tell us what to expect of an agent with public declared joint intentions, E.g.
    - If it drops a joint intention it should tell other agents sharing the intention
    - If it has an intention it will try to carry out actions fulfilling the intended goal





# Joint Intentions: Joint Commitment

## ■ Joint Commitment [Wooldridge and Jennings]

□ Definition (Joint Commitments): A group  $Q$  is jointly committed to a goal  $G$  with respect to a motivation  $M$ , precondition  $pre$ , and convention  $conv$  IFF:

- (i) Pre-condition  $pre$  is initially satisfied
- (ii) until the termination condition is satisfied, every agent in  $Q$  either
  - (a) has a goal of  $G$ ;
  - (b) believes that the re-evaluation condition of some rule in  $conv$  is satisfied, and has the goal corresponding to that re-evaluation condition; where the termination condition is that the goal part of some convention rule is satisfied

■ This tells agents what to expect of others in the “team”



# Using Joint Commitment

- Four step coordination process
  1. **Recognition:** an agent establishes a goal **X** it is unable to achieve in isolation
  2. **Team Formation:** find other cooperative agents and establish a joint commitment to the goal **X**
  3. **Plan Formation:** negotiate a joint plan **P** to achieve **X** (may involve further joint commitments)
  4. **Team Action:** plan P is carried out according to relationships defined in conventions **conv**
- | The jointly held commitments underpin the process

# Gastvorlesung zu Sozionik am 25. Juli 2006

- Dr. Frank Hillebrandt  
Technische Universität Hamburg-Harburg  
Arbeitsbereich Technikbewertung und Technikgestaltung

*Sozionische Modellbildung zur Steigerung  
der Robustheit von Multiagentensystemen*

