

# ***Künstliche Intelligenz***

Sebastian Iwanowski  
FH Wedel

**Kap. 1:**  
Einführung und Überblick

# Vorlesungsüberblick

## Inhaltliche Voraussetzungen:

Diskrete Mathematik, Grundlagen der Theoretischen Informatik,  
Programmieren I und II

*hilfreich: Objektorientierte Programmiertechnik*

## Lernziele dieser Vorlesung:

Begeisterung für KI-Anwendungen und KI-Technologie

Kenntnis mehrerer Anwendungsgebiete von KI

Vertieftes Verständnis der Basistechnologien der KI

*Welche Anwendungsgebiete und Basistechnologien das sind,  
wird im Laufe dieser Einführung vorgestellt.*

# Was ist KI ?

## Der Turing-Test



***Eine Software verhält sich intelligent, wenn ein Mensch ihr Verhalten nicht vom Verhalten eines Menschen unterscheiden kann.***

# **Anwendung: Medizinische Diagnose**

## **Psychoanalyse: Eliza**      1966: Joseph Weizenbaum, MIT

**Computer nimmt psychotherapeutische Sitzung vor und reagiert so, „wie man sich das von einem Psychotherapeuten erwartet“.**

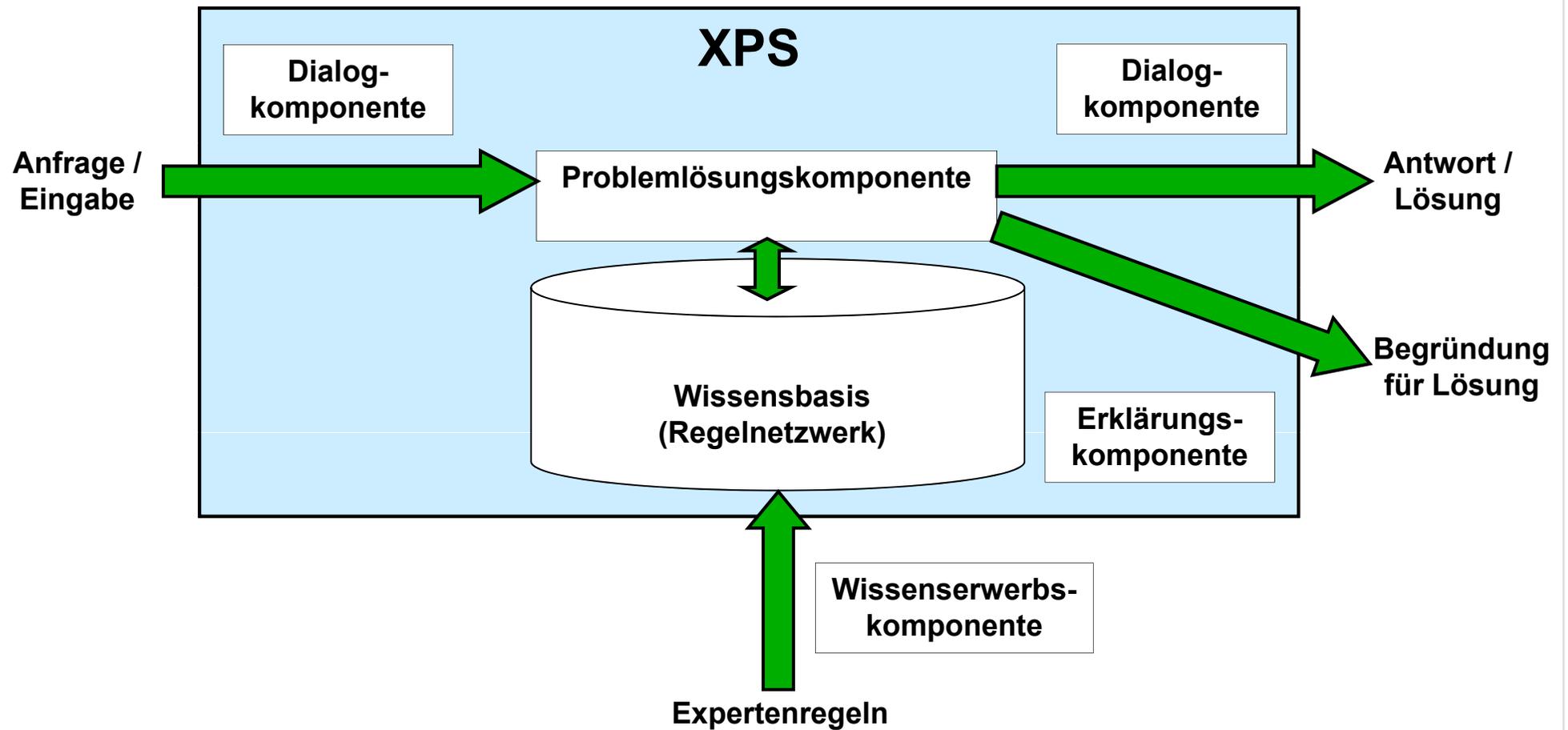
- **bestand bei vielen Menschen den Turing-Test**
- **eingebauter Sprachassembler und -composer**
- **Reaktionsregeln**

## **Medizinische Diagnose: Mycin**      1972: University of Stanford

- **zur Diagnose und Therapie von Infektionskrankheiten**
- **arbeitete mit probabilistischen Regeln**
- **lieferte gute Trefferquoten**
- **wenig Akzeptanz bei Ärzten wegen Misstrauen gegen Computer**

# Basistechnologie: Expertensystem

## Architektur Expertensystem



# Anwendung: Technische Diagnose

## Was ist Technische Diagnose?

### Gegeben:

- Ein technisches System (z.B. Auto, Zug)
- Beobachtungen (z.B. Messwerte, Fehlercodes, Fahrerbeanstandung), nicht nominal.

### Aufgabe:

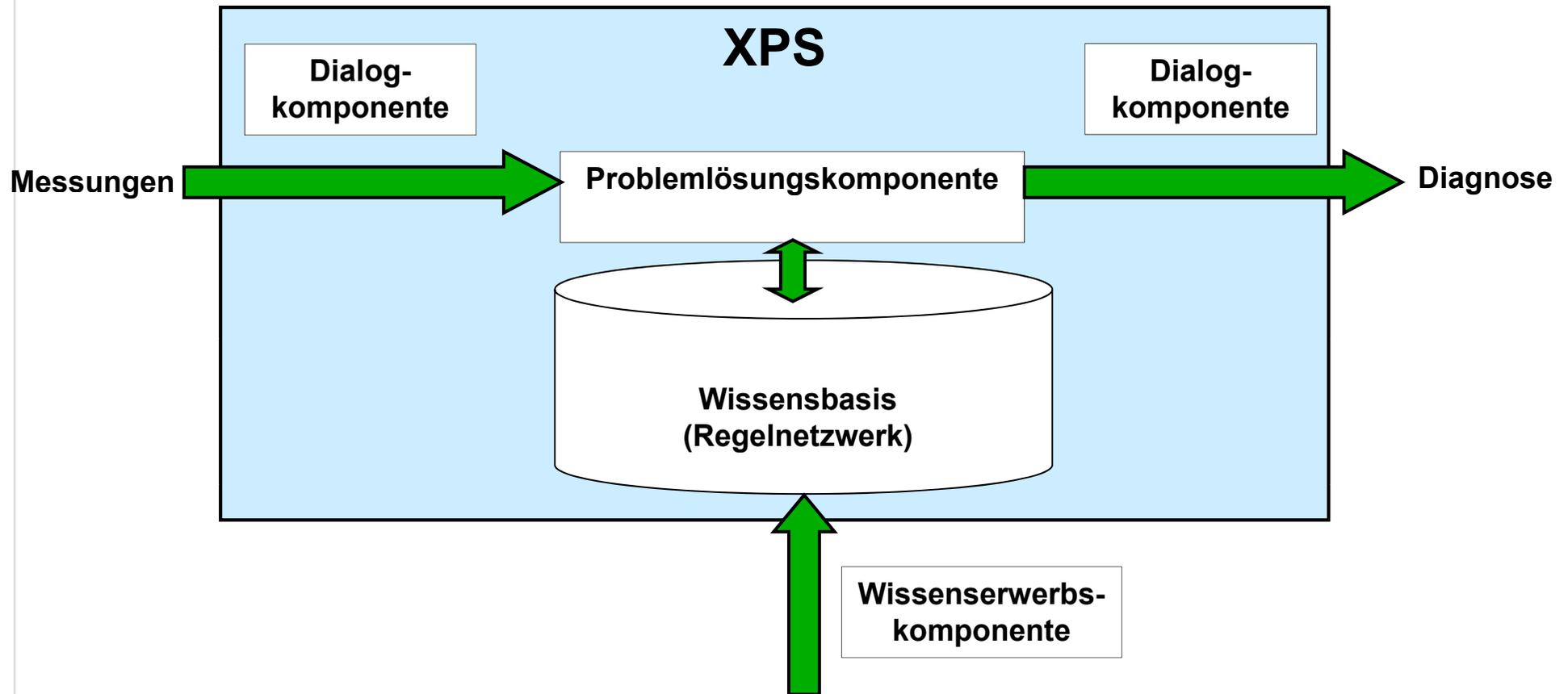
Bestimme,

- in welcher Weise das System defekt ist
- genau genug, dass das nominale Verhalten des Systems wiederhergestellt werden kann.



# Anwendung: Technische Diagnose

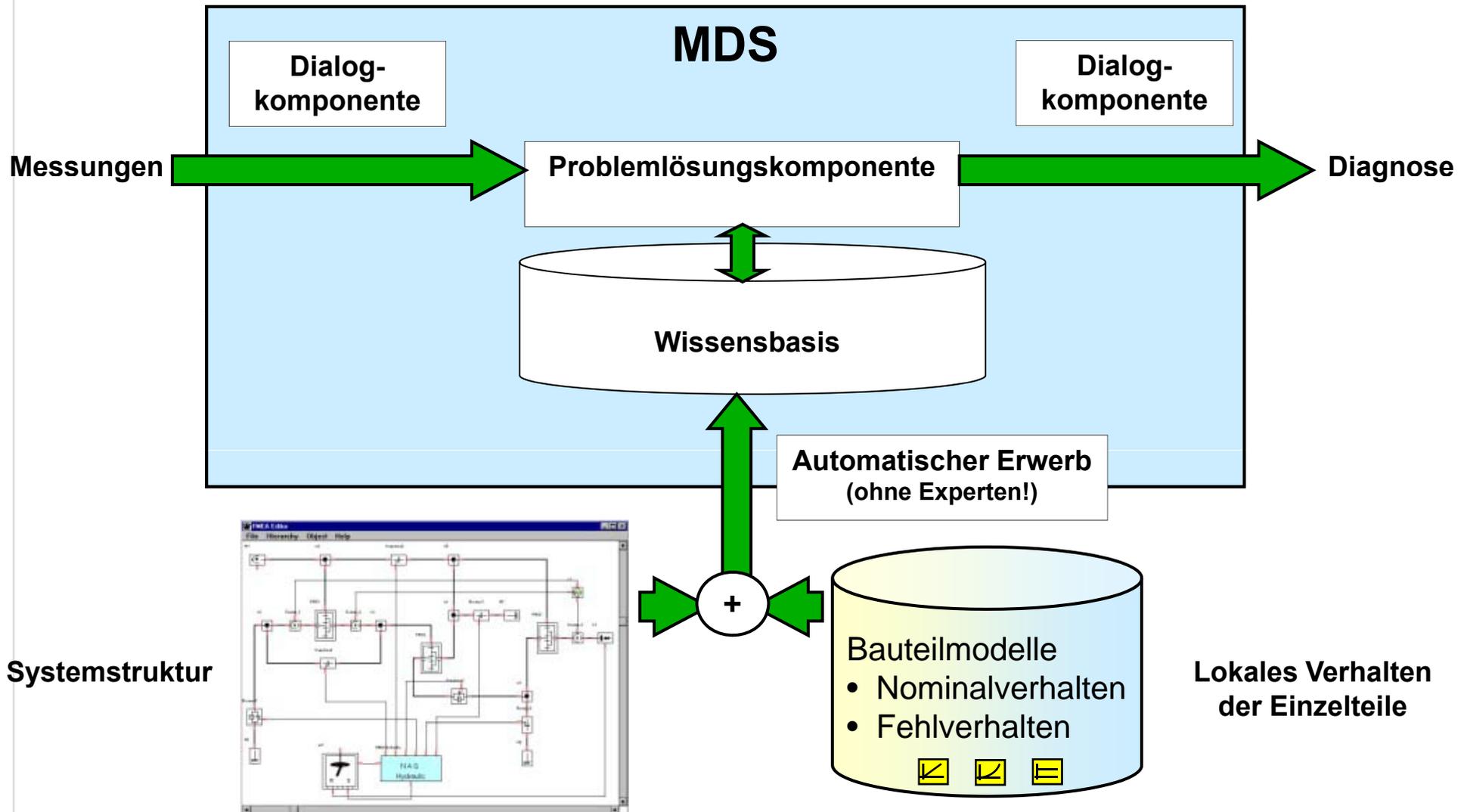
1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation



**Bauplan- und Funktionswissen:  
Konkretes Symptom ⇒ konkrete Diagnose**

# Anwendung: Technische Diagnose

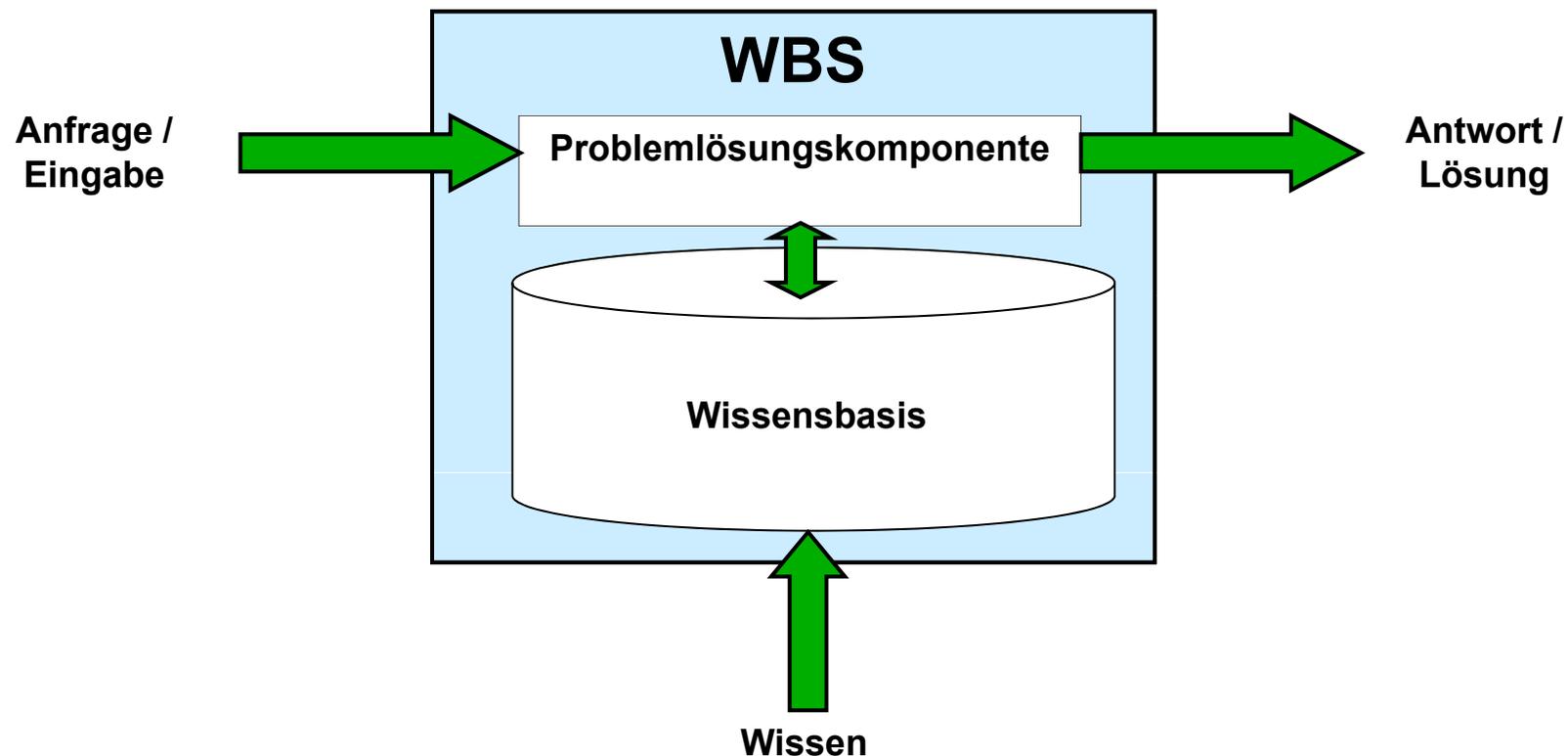
1980er: Diagnose = modellbasiertes Schließen



# Basistechnologie: Wissensbasiertes System



## Architektur WBS (allgemeiner)



# Anwendung: Fahrgastinformationssystem

## Aufgabe:

Finde zu zwei Punkten A und B in einem gegebenen Verkehrsnetz den kürzesten Weg von A nach B, der ausschließlich Strecken dieses Verkehrsnetzes benutzt.



## Lösung:

### Algorithmus von Dijkstra

(siehe Vorlesung Diskrete Mathematik, Kap. 6, Graphentheorie)

### A\*-Algorithmus

Optimierungen durch weitere Heuristiken (z.B. Geofox für HVV)

Optimierungen durch preprocessing (z.B. Hafas für Deutsche Bahn)

Weitere Infos: Seminarvortrag und Ausarbeitung von Stefan Görlich, SS 2005, Nr. 5

# Anwendung: Fahrgastinformationssystem

## Statische Fahrgastinformation

### Grundlage: Langzeitfahrplan

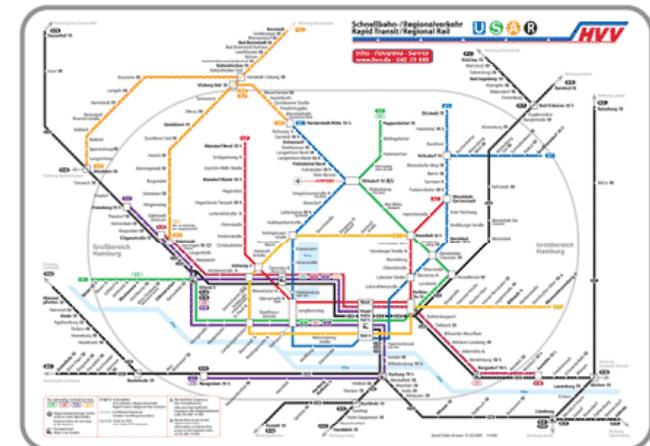
- Änderung zyklisch (Deutsche Bahn ca. einmal im Jahr)
- Anpassungen bei früh bekannten Störungen

### Keine Information bei kurzfristigen Abweichungen

- Fahrgast erfährt Abweichung durch Nicht-Eintreffen des Fahrzeugs
- Bestimmung des Ausmaßes durch Warten

### Statische Fahrgastinformationsmedien

- Fahrplan an Haltestellen
- Linienverlaufsanzeiger
- Routeninformation im Internet
- ...



# Anwendung: Fahrgastinformationssystem

## Dynamische Fahrgastinformation

### Grundlage: Statische Fahrgastinformation

- Erweitert um aktuelle Verbindungslage

### Information bei kurzfristigen Abweichungen

- Ursache für Abweichungen
- Abweichungsumfang
- Ersatzrouten

### Dynamische Fahrgastinformationsmedien

- Lautsprecherdurchsagen
- Dynamische Anzeigegeräte
- ...



| Linie | Ziel              | Abfahrt in |
|-------|-------------------|------------|
| 2 S   | Hackescher Markt  | 1 min      |
| 6 U   | Schwartzkopffstr. | 6 min      |
| 4 S   | Hackescher Markt  | 10 min     |
| 3 S   | Hackescher Markt  | 14 min     |
| 5 S   | Hackescher Markt  | 15 min     |

Spandauer Straße



# **Anwendung: Fahrgastinformationssystem**

## **Personalisierte Dynamische Fahrgastinformation (PDFIS)**

*Masterarbeit von Michael Schiefenhövel (WS 2005/2006)*

Filterung von Informationen für den Fahrgast

- nur die Informationen, die er benötigt
- keine verwirrenden Mehrinformationen
- sowohl statische als auch dynamische FG-Informationen

Erstellung von Mehrwertdiensten

- Routenberechnung aktualisiert an konkrete Lage
- Touristeninformation

Personalisierte Fahrgastinformationsmedien

- Persönliche Auskunft (über Handy, etc.)
- Multimediaterninals

# **Anwendung: Fahrgastinformationssystem**

## **Personalisierte Dynamische Fahrgastinformation (PDFIS)**

*Masterarbeit von Michael Schiefenhövel (WS 2005/2006)*

## **Fahrgastinformation für den HVV über Smartphones:**

*Diplomarbeit Sebastian Hammes (eos-uptrade, SS 2010)*

*Bachelorarbeit Henning Reimer (HBT, SS 2010)*

Entwicklung und Implementierung konkreter Prototypen:

- iPhone
- Android-Handy

# **Anwendung: Straßennavigation**

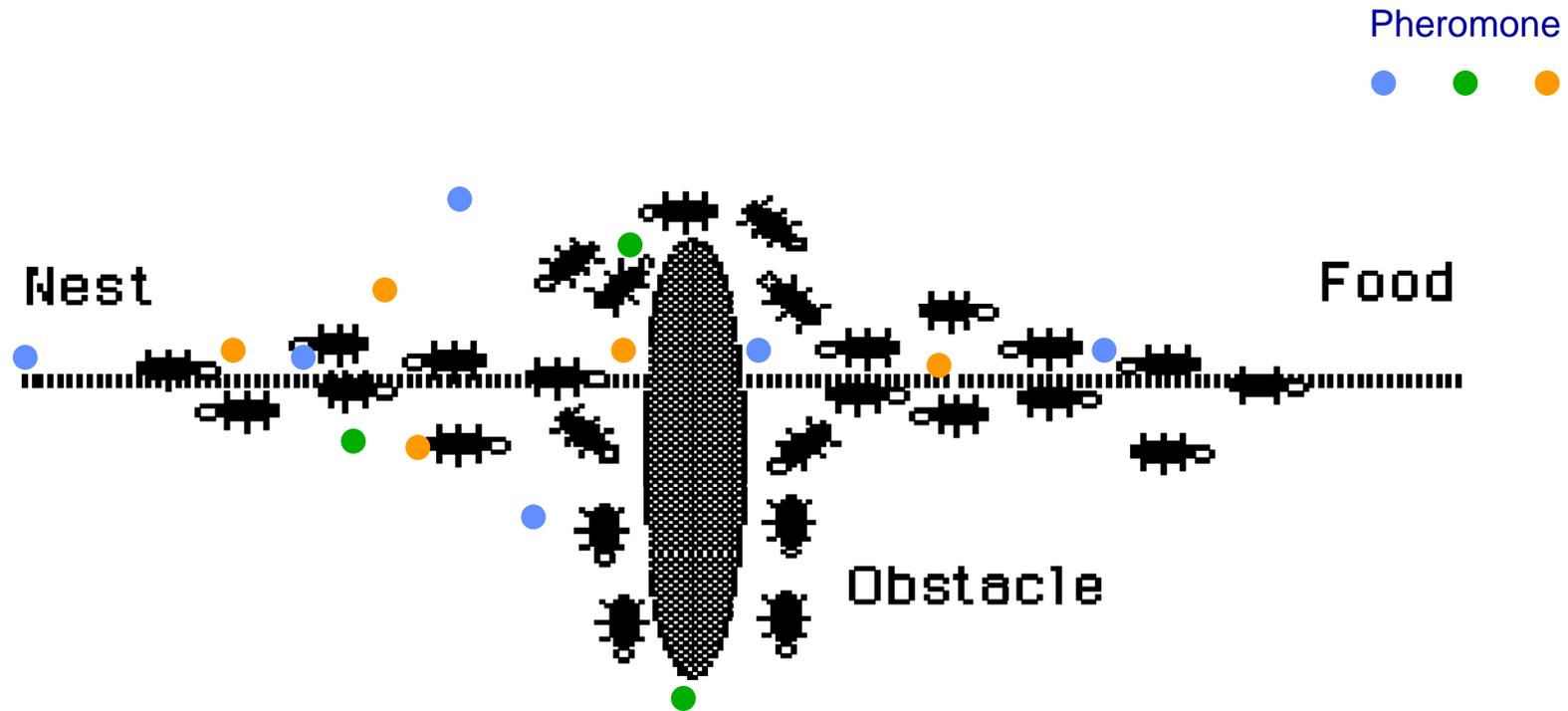
## **Unterschiede bei Übertragung auf Straßenverkehr:**

- **Streckennetz ist wesentlich dichter**
- **keine Fahrpläne bzw. Öffnungszeiten**
- **Fahrzeiten hängen sehr stark von Belegungsdichte ab**
- **Verkehrsträger werden nicht zentral gesteuert**

# Anwendung: Straßennavigation

Schwarmintelligenz: Pheromonbasierter Ansatz

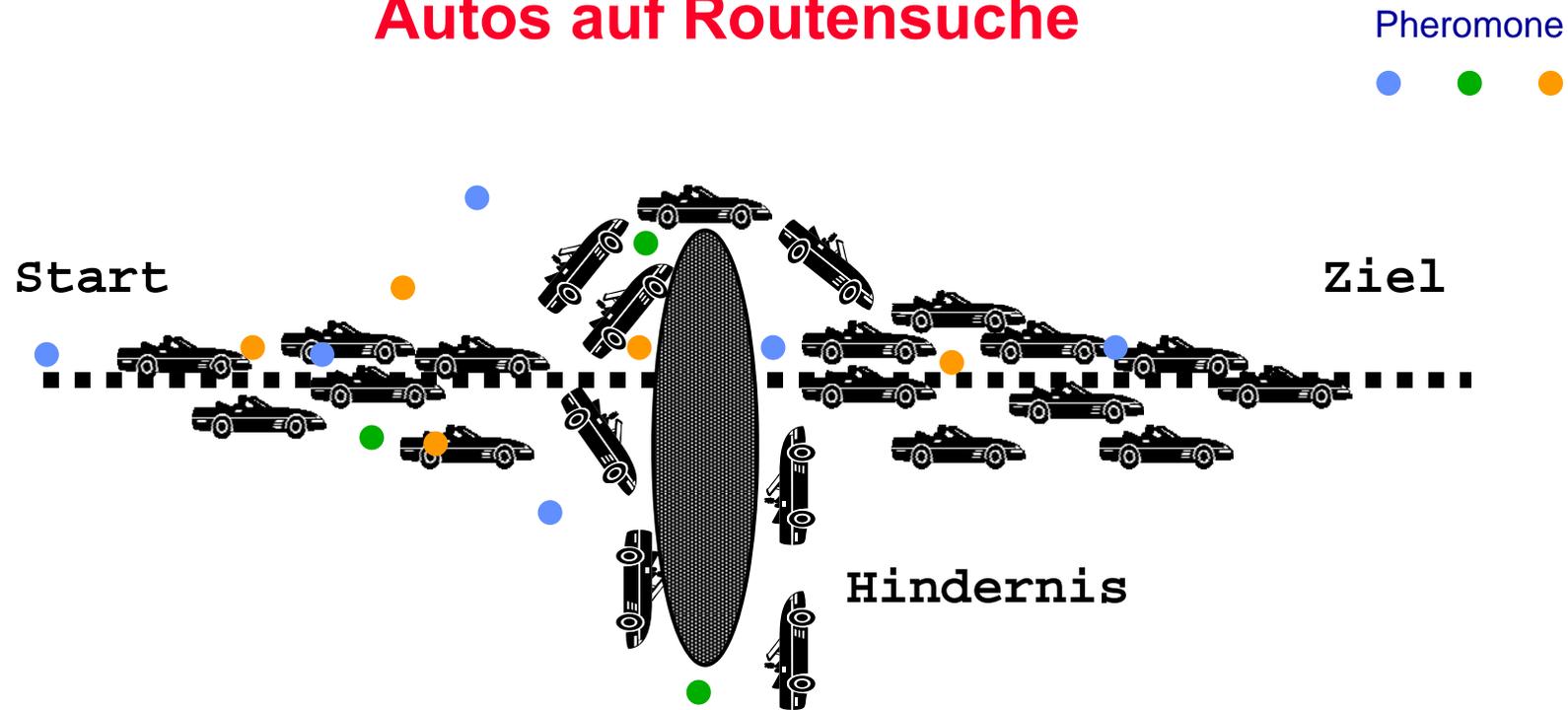
## Ameisen auf Futtersuche



# Anwendung: Straßennavigation

## Schwarmintelligenz: Pheromonbasierter Ansatz

### Analogon: Autos auf Routensuche



# **Basistechnologie: Schwarmintelligenz**

- **viele kleine autonome Einheiten, die einzeln nicht viel können**
- **Gesamtorganismus kann mehr als die Summe der Einheiten  
(emergentes Verhalten)**
- **festes Regelwerk für Gesamtorganismus**
- **anytime-Eigenschaft**

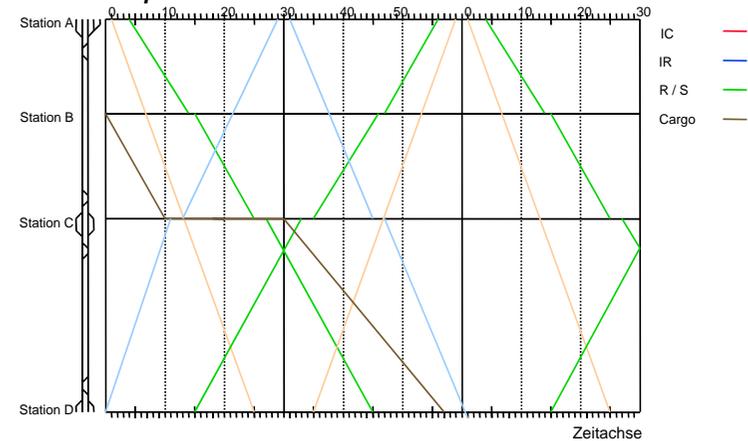
# Anwendung: Koordination im Schienenverkehr

Welcher Zug darf wann auf welchem Streckenelement fahren ?

## Dispositionsebene:

Koordinierung aller Züge  
über alle Streckenelemente

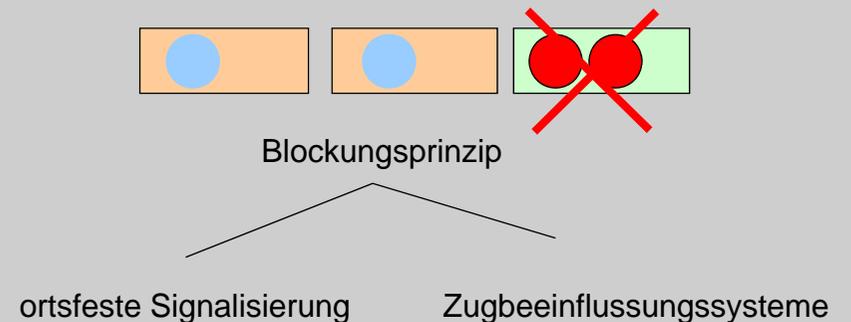
Graphische Fahrplankonstruktion



## Sicherungssebene:

Absicherung eines Streckenelements:  
Nur 1 Zug zur gleichen Zeit

wird hier nicht verändert



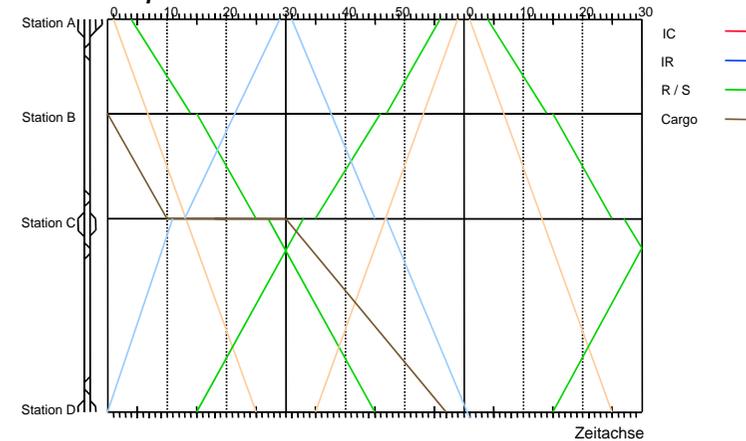
# Anwendung: Koordination im Schienenverkehr

Welcher Zug darf wann auf welchem Streckenelement fahren ?

## Dispositionsebene:

Koordinierung aller Züge  
über alle Streckenelemente

Graphische Fahrplankonstruktion



Stand der Technik: Fahrpläne und Routenführungen werden in Zentrale vorausgeplant

Weichen werden zentral gestellt

## Problem:

unflexibel gegenüber

- unvorhersehbaren spontanen Änderungen ("Störungen")
- spontane Bedarfsänderung

# Anwendung: Koordination im Schienenverkehr

**Weg von der zentralen Steuerung !      Hin zum verteilten Management !**

**Methode:**      **Züge stellen sich selbst alle Weichen**  
**Züge handeln sich untereinander freie Belegungen aus**

**bereits realisiert:**      **Straßenbahnen**      **durch Menschen**  
**(mit elektronischer Unterstützung)**

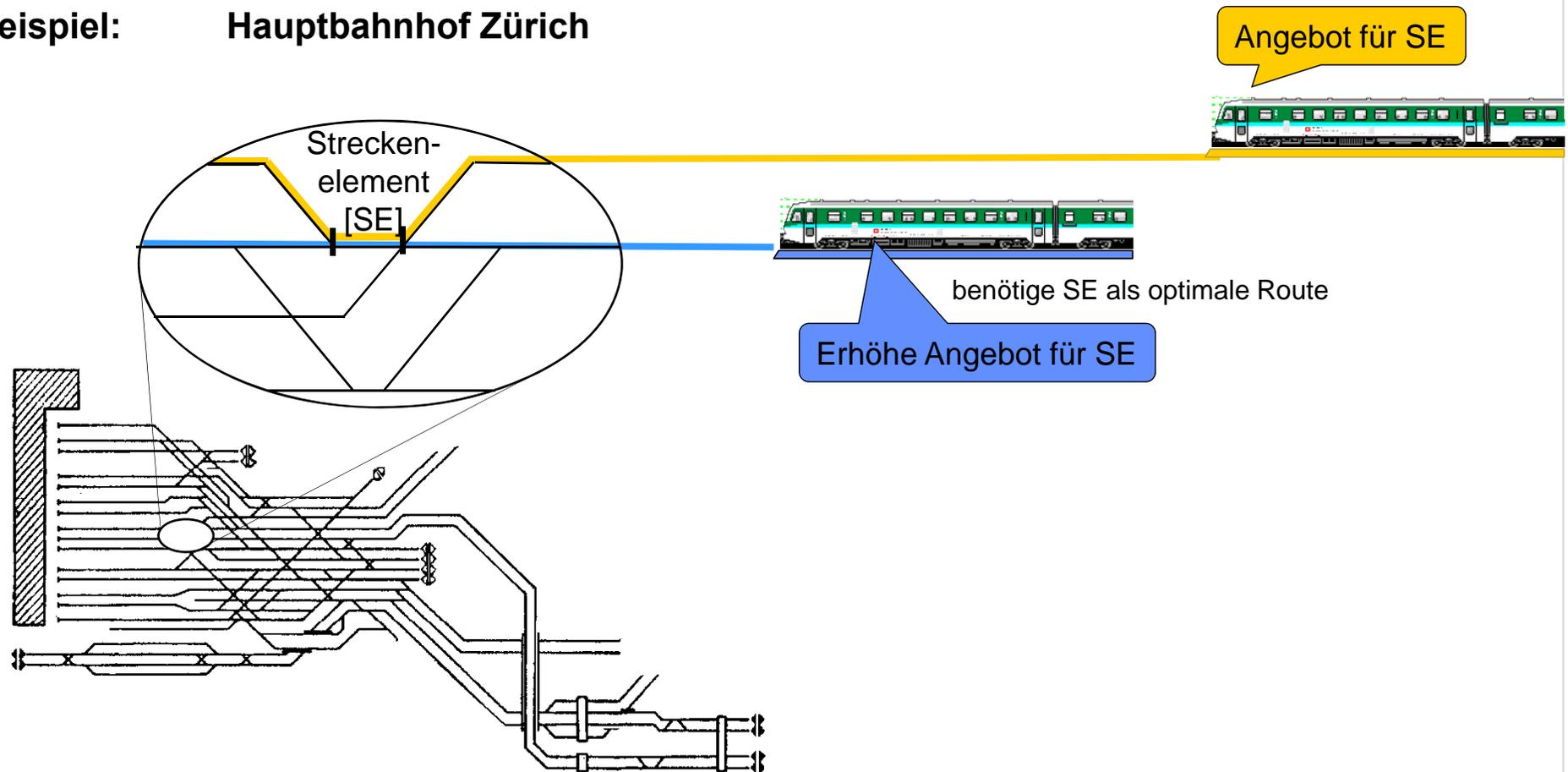
**neues Konzept für:**      **Fernverkehr**      **durch autonome Softwareeinheiten**

- **Züge mit Fahrplan**      **hauptsächlich Personenverkehr**
- **Züge ohne Fahrplan**      **hauptsächlich Güterverkehr**

# Anwendung: Koordination im Schienenverkehr

Verhandlungsmethode: Elektronische Auktion

Beispiel: Hauptbahnhof Zürich





# **Anwendung: Koordination im Straßenverkehr**

## **Was ist anders bei Straßenfahrzeugen ?**

- **Fahrzeuge können nicht gezwungen werden, auf ein Streckenelement zu verzichten**
- **strikte Trennung zwischen Netzbetreiber und Fahrzeugbetreiber**
- **mehrere Fahrzeuge zur gleichen Zeit pro Streckenelement zugelassen**
- **Vielzahl alternativer Routen möglich**

# Anwendung: Koordination im Straßenverkehr

## Dynamische Zielführung im Straßenverkehr

### Auf dem Markt befindliche dynamische Zielführungssysteme

- machen mehrere Routenvorschläge,  
die die aktuelle Verkehrslage berücksichtigen
- geben jedem Autofahrer mit gleichem Start und Ziel  
zur selben Zeit die gleichen Vorschläge

**Was passiert, wenn viele Autos solch ein  
dynamisches Navigationssystem haben ?**

# Anwendung: Koordination im Straßenverkehr

## Problem

Störungen verlagern sich von einer Stelle zur anderen,  
weil alle Autofahrer ihr auf die gleiche Weise ausweichen

## Lösungsidee

Koordiniere die Autofahrer  
und mache unterschiedliche Vorschläge

## Problem

Autofahrer lassen sich ungern bevormunden

## Lösungsidee

Lass die Autofahrer Einfluss nehmen auf die Vorschläge  
durch Priorisierungen und unterschiedliche Wichtungen

# Anwendung: Koordination im Straßenverkehr

## Auktionsbasierte Verkehrssteuerung

Straßennetz ist unterteilt in Streckensegmente mit vorgesehener Höchstbelegung von Fahrzeugen zur selben Zeit

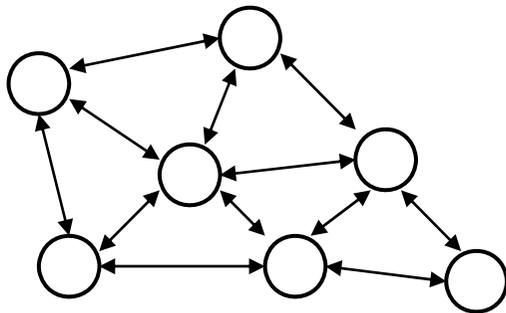
Die Benutzungsrechte für Streckensegmente für bestimmte Zeitintervalle werden an die Fahrzeuge in periodischen Auktionsrunden versteigert. Hierfür erhalten die Fahrzeuge periodisch ein *virtuelles Budget* („Spielgeld“).

Die Versteigerung wird auf Fahrzeugseite durch individualisierte Softwarekomponenten vorgenommen. Die Kommunikation mit der Versteigerungszentrale erfolgt automatisch ohne die Notwendigkeit einer Fahrerinteraktion.

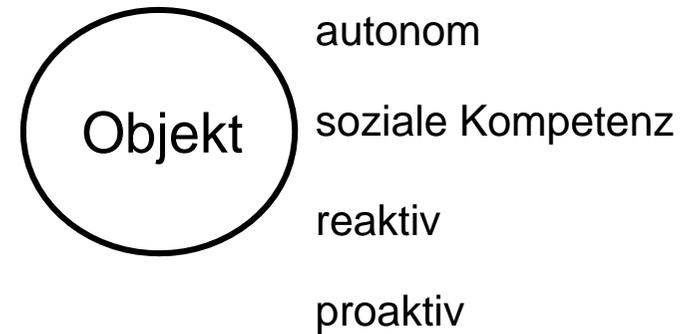
**Damit ist die Verkehrssteuerung primär ein Softwareproblem**

# Basistechnologie: Agentenorientierte Software

Multiagentensystem:



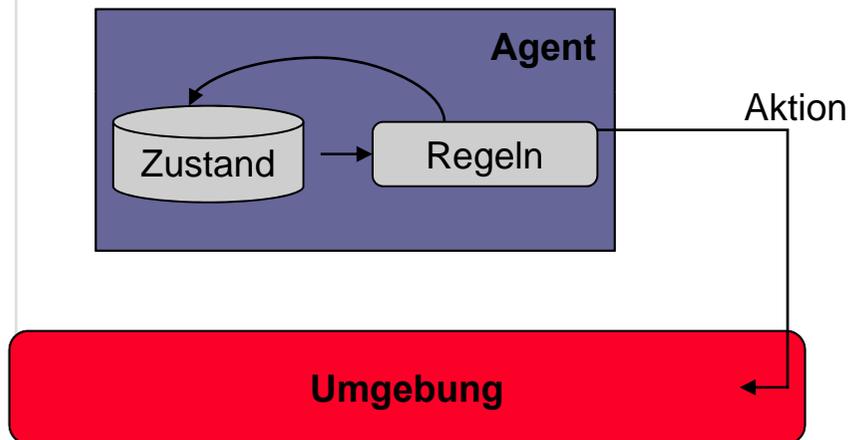
Softwareagent:



Weitere Infos: Seminarvortrag und Ausarbeitung von Matthias Rohr, SS 2004, Nr. 4,  
<http://www.fh-wedel.de/~si/seminare/ss04/Termine/Themen.html>, erreichbar über **archiv/iw**

# Basistechnologie: Agentenorientierte Software

## Agenteigenschaft: Proaktivität (Zielgerichtetheit)



Agenten reagieren nicht nur auf Reize der Umgebung, sondern besitzen internen Zustand und sind zu zielgerichtetem Planung und Handeln fähig.

=> Sie ergreifen die **Initiative**

*„The difference between an automation and an agent is a somewhat like the difference between a dog and a butler. If you send your dog to buy a copy of the New York Times every morning, it will come back with its mouth empty if the news stand happens to have run out one day. In contrast, the butler will probably take the **initiative** to buy you a copy of the Washington Post, since he knows, that sometimes you read it instead.“*

**Le Du**

Quelle: Seminarvorlesung zur Agentenorientierten Software von Matthias Rohr, SS 2004, Nr. 4

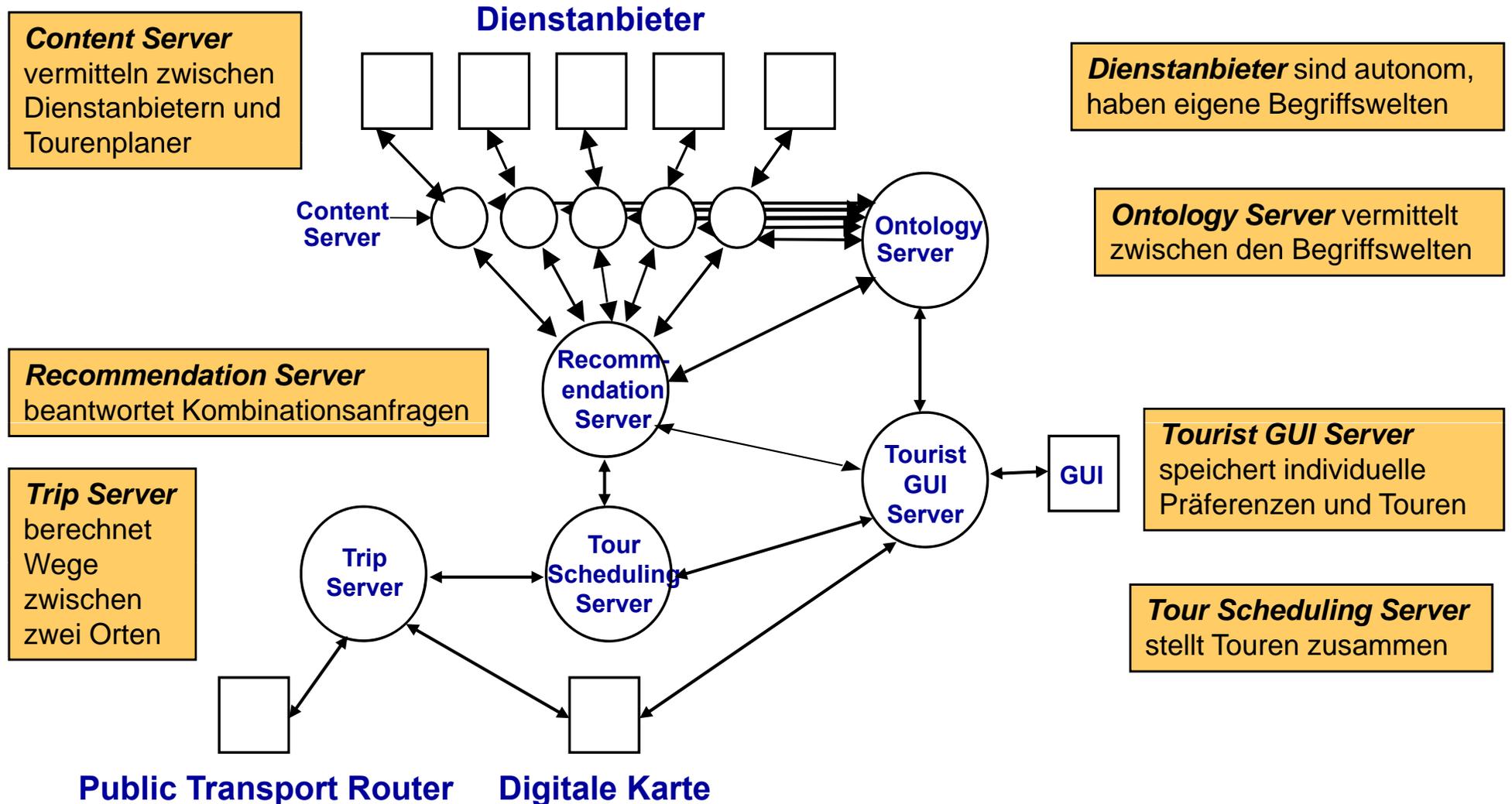
# Anwendung: Touristeninformationssystem

## Forderungen:

- Tourist hat die endgültige Kontrolle
- Dienstanbieter ist autonom und trägt die Verantwortung für die Informationen
- Unabhängiges Makeln zwischen verschiedenen Anbietern
- Flexibilität gegenüber Anforderungsänderungen, sogar während der Tour
- Fehlertoleranz gegenüber Ausfall von Dienstanbietern
- **Beliebige** Dienstanbieter sollen während des Systembetriebs automatisch eingeklinkt und ausgeklinkt werden können.

# Anwendung: Touristeninformationssystem

## Architektur des Tourenplaners: Prototyp einer SOA



# **Basistechnologie: Semantisches Netzwerk**

- **Ontologiemanagement**
- **Beschreibungssprache**
- **Beschreibungslogik**

# Anwendung: Spiele-KI

**Schachcomputer** (Bsp. für rundenbasiertes Spiel)

**Meilenstein 1997:**

Kasparov **2.5** – Deep Blue **3.5**



Weitere infos: <http://www.research.ibm.com/deepblue>



## Anwendung: Spiele-KI

### Beispiele für Echtzeit-Strategiespiele:



**Half Life**



**Command + Conquer 3**

# Anwendung: Spiele-KI

## Echtzeit-Strategiespiele

### Typische KI-Anforderungen:

- Wegfindung und Terrainanalyse
- Ressourcen-Planung
- Taktiken und Strategien

Quelle: Seminarvortrag und Ausarbeitung von Julian Huppertz, SS 2007, Nr. 1

# Basistechnologie: Suchstrategien

- **Konstruktion von Suchräumen**
- **Uninformierte Suchstrategien**
  - **Breitensuche**
  - **Tiefensuche**
  - **kombinierte Suche** → **Spezialfall: Dijkstra-Algorithmus**
- **Informierte Suchstrategien**
  - **Spezialfall: A\*-Algorithmus**

# Definitionen von KI

| Systeme, die wie Menschen denken   | Systeme, die rational denken   |
|--|--|
| <p>„Die aufregende und neuartige Anstrengung, Computern das Denken beizubringen, ... KI will die Sache selbst: Maschinen mit Verstand, im vollen und wörtlichen Sinne.“ (Haugeland, 1985)</p> <p>„[Die Automatisierung von] Aktivitäten, die wir dem menschlichen Denken zuordnen, Aktivitäten wie beispielsweise Entscheidungsfindung, Problemlösung, Lernen ...“ (Bellman, 1978)</p> | <p>„Die Studie mentaler Fähigkeiten durch die Nutzung programmier-technischer Modelle.“ (Charniak und McDermott, 1985)</p> <p>„Die Studie der Programmtechniken, die es ermöglichen, wahrzunehmen, logisch zu schließen und zu agieren.“ (Winston, 1992)</p> |
| Systeme, die wie Menschen agieren  | Systeme, die rational agieren  |
| <p>„Die Kunst, Maschinen zu schaffen, die Funktionen erfüllen, die, werden sie von Menschen ausgeführt, der Intelligenz bedürfen.“ (Kurzweil, 1990)</p> <p>„Die Studie, wie man Computer dazu bringt, Dinge zu tun, bei denen ihnen momentan der Mensch noch überlegen ist.“ (Rich und Knight, 1991)</p>   | <p>„Computerintelligenz ist die Studie des Entwurfs intelligenter Agenten.“ (Poole et al., 1998)</p> <p>„KI ... beschäftigt sich mit intelligentem Verhalten in künstlichen Maschinen.“ (Nilsson, 1998)</p>  |

**Definitionen aus Russell / Norvig**

# Definitionen von KI

**KI beschäftigt sich mit Problemen, die**

- **in der Praxis relevant sind.**
- **häufig nicht exakt spezifiziert werden können.**
- **NP-vollständig sind, wenn sie exakt spezifiziert werden können.**

**Definition iw**

# Merkmale klassischer KI-Lösungen

Der klassische Gegensatz von verschiedenen  
Forschergemeinden in der Informatik:

## KI vs. Algorithmik

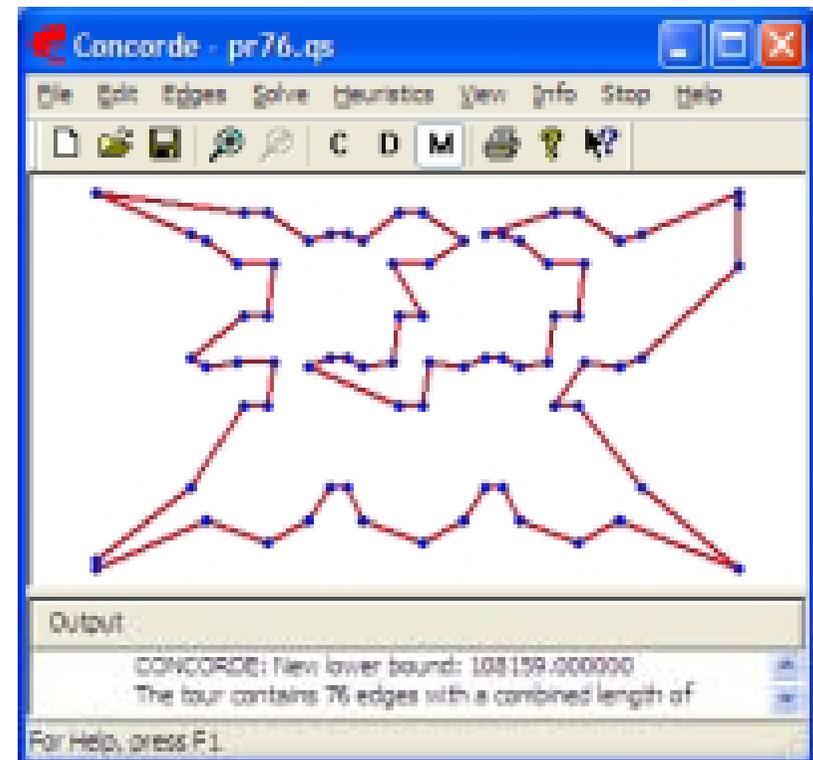
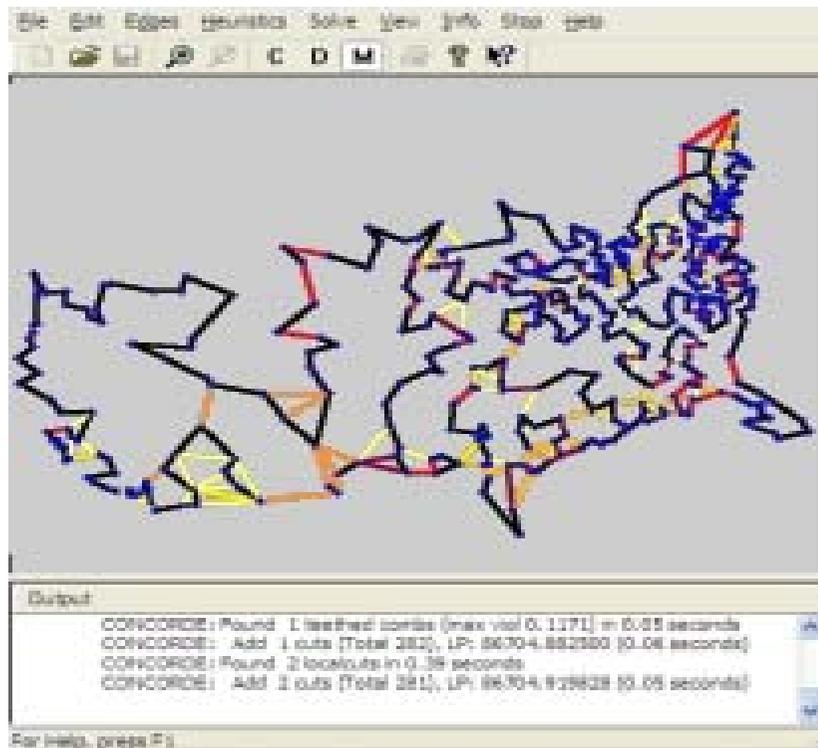
- flexibel
- kundenzentriert
- exakt
- effizient

**Das muss kein Widerspruch sein!**

# Das Traveling Salesman Problem (TSP)

**Beispiel für ein NP-vollständiges Problem:**

**Finde zu einer gegebenen Menge von Städten mit gegebenen Entfernungen die kürzeste Rundreise, die jede Stadt genau einmal durchquert.**



Quelle: <http://www.tsp.gatech.edu//index.html>

# **Anwendung: Das Traveling Salesman Problem (TSP)**

## **Verallgemeinerung in der Logistik:**

- **Beachtung von zeitlichen Beschränkungen (Zeitfenster)**
- **Beachtung von Ladekapazitäten bei Auslieferungen**
- **Weitere systemspezifische Anforderungen**

## **Beispiel für Abschlussarbeiten in einer Firma:**

**implico: Tourenplanungsproblem in Öl- und Gasbranche (SS 2010, SS 2011)**

## **Langzeit-Entwicklungsprojekt: Touristen-Infomations-System**

**Christoph Forster / Thomas Kresalek / Felix Döppers:  
Masterprojekt Hamburger Touristen Information (ab 2009)**

<http://vsrv-studprojekt2.fh-wedel.de:8080/touristinformationsystem/home>

## **Lösung dynamischer Problemstellungen durch Ameisensysteme**

### **Beispiel einer Abschlussarbeit in einer Firma:**

**Christopher Blöcker: Dynamische Optimierung von Liefertouren mit einem Ameisen-System, SS 2011)**

# **Anwendung: Das Stundenplanproblem (Scheduling)**

**Gegeben endliche Mengen Fächer, Räume, T(Zeiten)**

**Aufgabe: Generierung einer injektiven Funktion  $F \rightarrow R \times T$**

**Nebenbedingungen:**

- **Bestimmte Fächer dürfen nicht zur selben Zeit stattfinden**
- **Nicht jedes Fach darf zu jeder Zeit stattfinden**
- **Nicht jedes Fach darf in jedem Raum stattfinden**

**Weiche Kriterien (dürfen verletzt werden):**

- **Bestimmte Fächer sollen zu bestimmten Zeiten möglichst nicht stattfinden**
- **Bestimmte Fächer sollten möglichst hintereinander stattfinden**
- **Bestimmte Fächer sollten möglichst nicht am selben Tag stattfinden**

**Optimierungsfunktion:**

- **Möglichst wenige Verletzungen von weichen Kriterien**
- **Möglichst wenige Freistunden für Studiengänge**
- **Möglichst gleichmäßige Verteilung auf verschiedene Tage für ...**

# Basistechnologie: Constraint Satisfaction Problem (CSP)

## Spezifikation eines CSP:

- **Variablenmenge**
- **Definitionsbereiche (Domains)**
- **Constraints: Beziehungen zwischen den Variablen (harte und weiche)**  
(in der Regel Gleichungen oder Ungleichungen)
- **Optimierungskriterium**  
(in der Regel Funktion der Variablen, die minimiert oder maximiert werden soll)

## gültige Lösung:

Belegung aller Variablen mit Werten, sodass alle harten Constraints erfüllt sind

## optimale Lösung:

gültige Lösung, die das Optimierungskriterium optimiert

***Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in Fragestellungen der Logistik***

# Merkmale klassischer KI-Lösungen

Intelligente Lebewesen können auch sehr allgemeines Wissen verarbeiten:  
Je allgemeiner, desto intelligenter

Allgemeine Verarbeitungsfähigkeiten benötigen allgemeine  
Beschreibungsmöglichkeiten für die Daten und Verarbeitungsregeln

Die allgemeinste objektive Beschreibungssprache  
ist die Sprache der mathematischen Logik.

**Daher arbeiten traditionelle KI-Verfahren mit logischen  
Beschreibungssprachen.**

- Probleme:**
- **Aufgaben liegen häufig anders formuliert vor.**
  - **Allgemeinheit geht auf Kosten der Effizienz.**

# **Basistechnologie: Logische Programmiersprache**

- **Input:**  
**Spezifikation des Problems mit logischer Beschreibungssprache**
- **Output:**  
**Antwort in logischer Beschreibungssprache**
- **automatisch:**  
**Generierung des Outputs aus Input**
- **Zur Effizienzverbesserung:**  
**Beeinflussung der Generierung des Outputs aus Input**

# Zusammenfassung Kapitel 1

## KI-Ziele für die SW-Lösungen

- **Allgemeinheit**
- **Flexibilität, Erweiterbarkeit**
- **Erklärbarkeit der Antworten** (nur „klassische“ KI)

## Typisch verwendete Tools und Methoden in der KI

- **Logische Programmiersprachen (PROLOG)**
- **Objektorientierte Programmiersprachen (Smalltalk)**
- **Funktionale Programmiersprachen (Lisp)**
- **Verteilte Systeme (Neuronale Netze, Multiagentensysteme, Schwarmintelligenz)**
- **Begriffswelten (Ontologien)**

# Zusammenfassung Kapitel 1

## Anwendungsgebiete der KI:

- **Diagnose**
  - Medizinische Diagnose
  - Technische Diagnose
- **Optimierungsprobleme mit dynamischen Parametern**
  - Fahrgastinformationssysteme
  - Straßenverkehrsnavigation
  - Logistik (TSP, Scheduling)
- **Ressourcenverteilung**
  - Streckenbelegungsplan in Eisenbahnnetzen
  - Straßenverkehrskoordination
  - Zuordnungsprobleme mit vielfältigen Nebenbedingungen (Bsp. Stundenplan)
- **Flexibles Management von verteiltem Wissen**
  - Touristeninformationssystem
- **Spiele, in denen die Maschine andere Spieler simuliert**
  - rundenbasiert
  - Echtzeit

# Zusammenfassung Kapitel 1

## Basistechnologien der KI:

- **Wissensbasierte Systeme (Spezialfall: Expertensysteme)**
  - Trennung in Wissen und Inferenzmaschine
  - Intelligenter Wissenserwerb und Wissensrepräsentation
  - Hauptfokus: Wiederverwendung
- **Schwarmintelligenz**
  - verteilt
  - statistisch
  - nebenläufige Aktualisierung
- **Agentenorientierte Software**
  - verteilt
  - autonom
  - proaktiv

# Zusammenfassung Kapitel 1

## Basistechnologien der KI:

- **Semantisches Netzwerk**
  - **Ontologien: Aufbau und Verwaltung von Begriffswelten**
- **Suchstrategien**
  - **uninformiert vs. informiert**
- **Constraint Satisfaction Problem (CSP)**
  - **Suche nach gültigen Lösungen**
  - **Suche nach optimalen Lösungen**
- **Logische Programmiersprachen**
  - **Was** wird vom Menschen spezifiziert
  - **Wie** wird automatisch generiert

# Literatur

## KI allgemein:



Günter Görz / Claus-Rainer Rollinger /  
Josef Schneeberger: *Handbuch der  
Künstlichen Intelligenz*  
Oldenbourg 2000 (3. Auflage), ISBN 3-  
486-25049-3



Stuart Russell / Peter Norvig:  
*Artificial Intelligence: A Modern  
Approach*,  
Pearson 2003 (2. Auflage),  
ISBN 0-13-080302-2

Wolfgang Ertel / Josef Schneeberger: *Grundkurs Künstliche Intelligenz*  
Vieweg 2009 (2. Auflage), ISBN 987-3-8348-0783-0

## spezielle Gebiete der KI:

Christoph Beierle / Gabriele Kern-Isberner: *Methoden Wissensbasierter Systeme*,  
Vieweg 2008 (4. Auflage), ISBN 978-3-8348-0504-1

Michael Wooldridge: *An Introduction to MultiAgent Systems*,  
Wiley 2009 (2. Auflage), ISBN 978-0-4705-1946-2

Marco Dorigo / Thomas Stützle: *Ant Colony Optimization*, MIT Press 2004, ISBN 0-262-04219-3