

Künstliche Intelligenz

Sebastian Iwanowski
FH Wedel

Kap. 1:
Einführung und Überblick

Vorlesungsüberblick

Inhaltliche Voraussetzungen:

GdP/GTI, Programmieren I und II

hilfreich: Objektorientierte Programmiertechnik

Lernziele dieser Vorlesung:

Kenntnis der Anwendungsgebiete von KI

Methoden, Techniken und Architekturen der KI

Theoretisches Verständnis der zugrundeliegenden Logik

Detailkenntnisse in: Modellbasierte Diagnosetechnik

Ameisenalgorithmen (pheromonbasierte Ansätze)

Wegfindung in der Spiele-KI

Vorlesungsüberblick

Vorlesungsgliederung:

1. Einführung und Überblick (1 Woche)
2. Logische Grundlagen der KI (2 Wochen)
3. Algorithmische Grundlagen der KI (1 Woche)
4. Verschiedene Wissensrepräsentationsarten und deren Verarbeitung (1)
5. Anwendungsgebiet: Technische Diagnose (2 Wochen)
6. Software-Agenten und Semantic-Web-Technologien (1 Woche)
7. Ameisenalgorithmen und ihre Anwendungen (2 Wochen)
8. Anwendungsgebiet: Spiele-KI (2 Wochen)

Was ist KI ?

Der Turing-Test



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

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

Anwendung: Spiele-KI

Echtzeit-Strategiespiele

Anforderung Wegfindung und Terrainanalyse

(Beispiele aus Command + Conquer)

- Wie kommt gesamte Armee von meiner Basis zur gegnerischen Basis?
- Wie überquert gesamte Armee Brücke und behindert sich dabei nicht gegenseitig?
- Gibt es auf einer geplanten Route Hindernisse?
- Gibt es Terrain, welches ich besser nicht überquere?
- Wo baue ich was? – z.B. um nicht Ionenstürmen ausgesetzt zu sein

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

Anwendung: Spiele-KI

Echtzeit-Strategiespiele

Anforderung Ressourcen-Planung (Beispiele aus Command + Conquer)

- Ich habe 27.500\$, wie gebe ich diese auf lange Sicht am sinnvollsten aus?
- In welchem Technologiezweig soll ich investieren? (z.B. Luft- oder Bodeneinheiten)

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

Anwendung: Spiele-KI

Echtzeit-Strategiespiele

Anforderung Taktiken und Strategien (Beispiele aus Command + Conquer)

- Wie baue ich meine Basis auf, um mich gut verteidigen zu können?
- Welche Formation ist bei einem Angriff am sinnvollsten?
- Analyse des Gegnerverhaltens
- Viele kleine Einheiten bilden oder eine große?

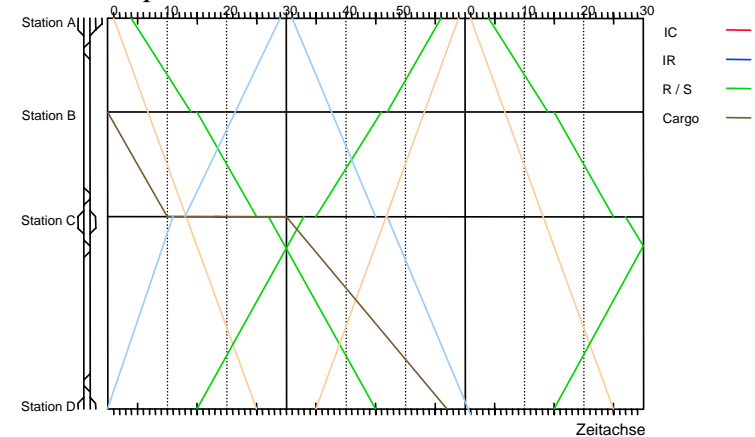
Anwendung: Schienenverkehr

Welcher Zug darf wann auf welchem Streckenelement fahren ?

Dispositionsebene:

Koordinierung aller Züge
über alle Streckenelemente

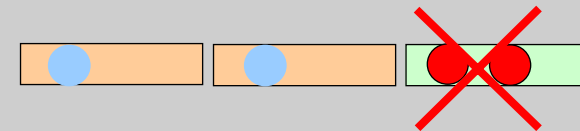
Graphische Fahrplankonstruktion



Sicherungssebene:

Absicherung eines Streckenelements:
Nur 1 Zug zur gleichen Zeit

wird hier nicht verändert



Blockungsprinzip

ortsfeste Signalisierung

Zugbeeinflussungssysteme

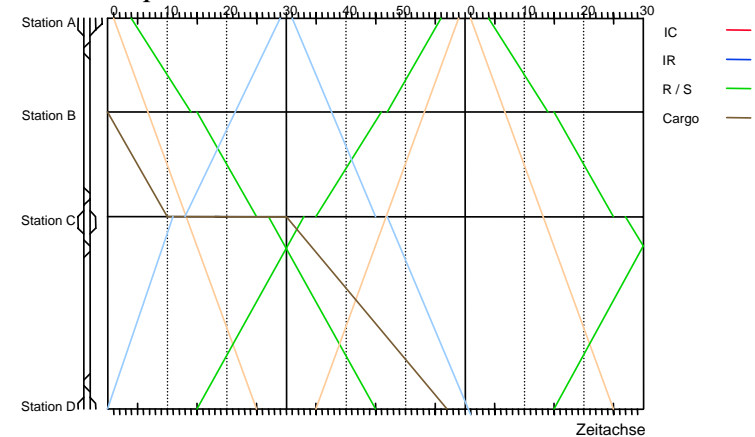
Anwendung: Schienenverkehr

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: 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)

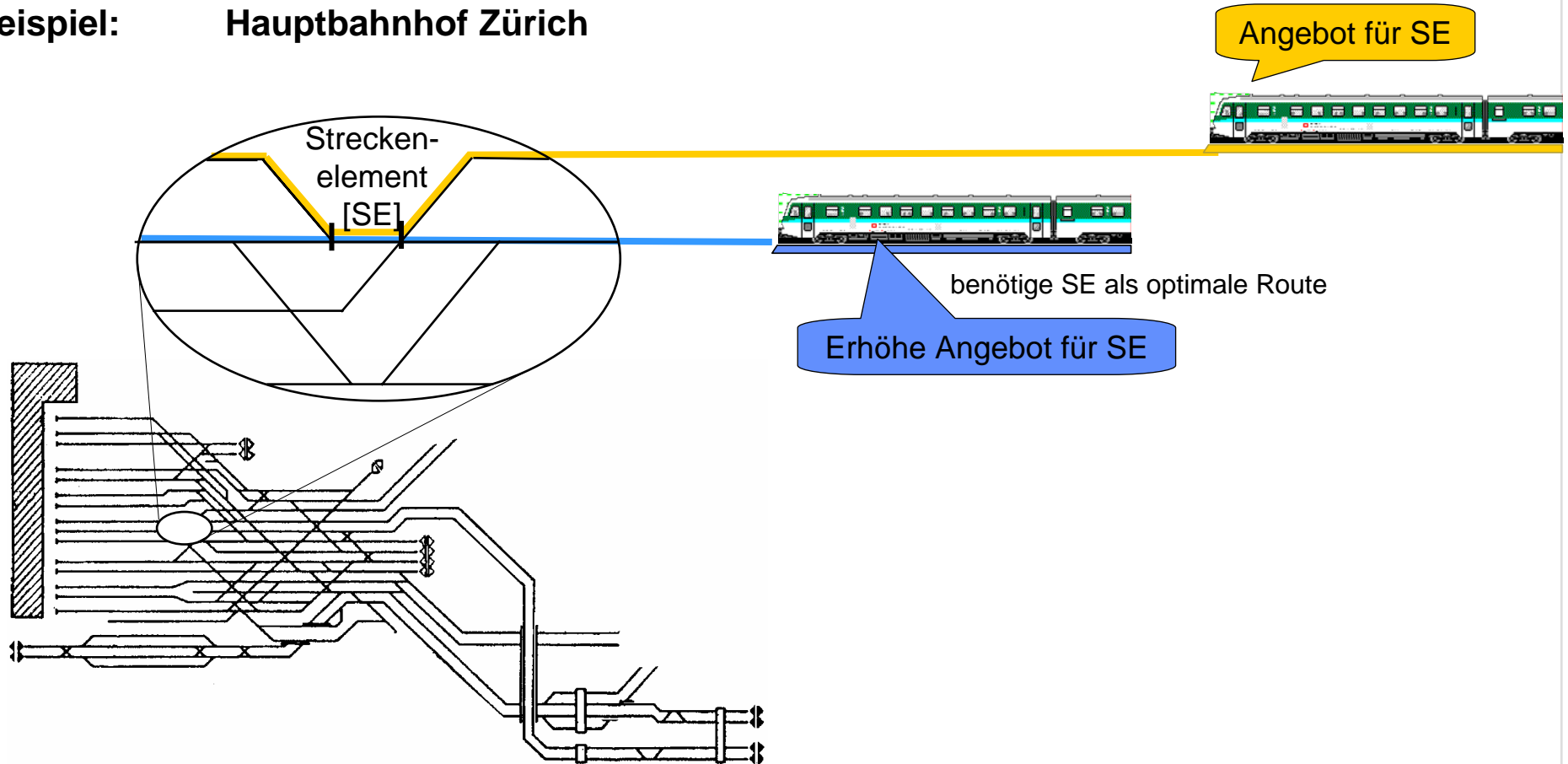
neues Konzept für: Fernverkehr durch autonome Softwareeinheiten

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

Anwendung: Schienenverkehr

Verhandlungsmethode: Elektronische Auktion

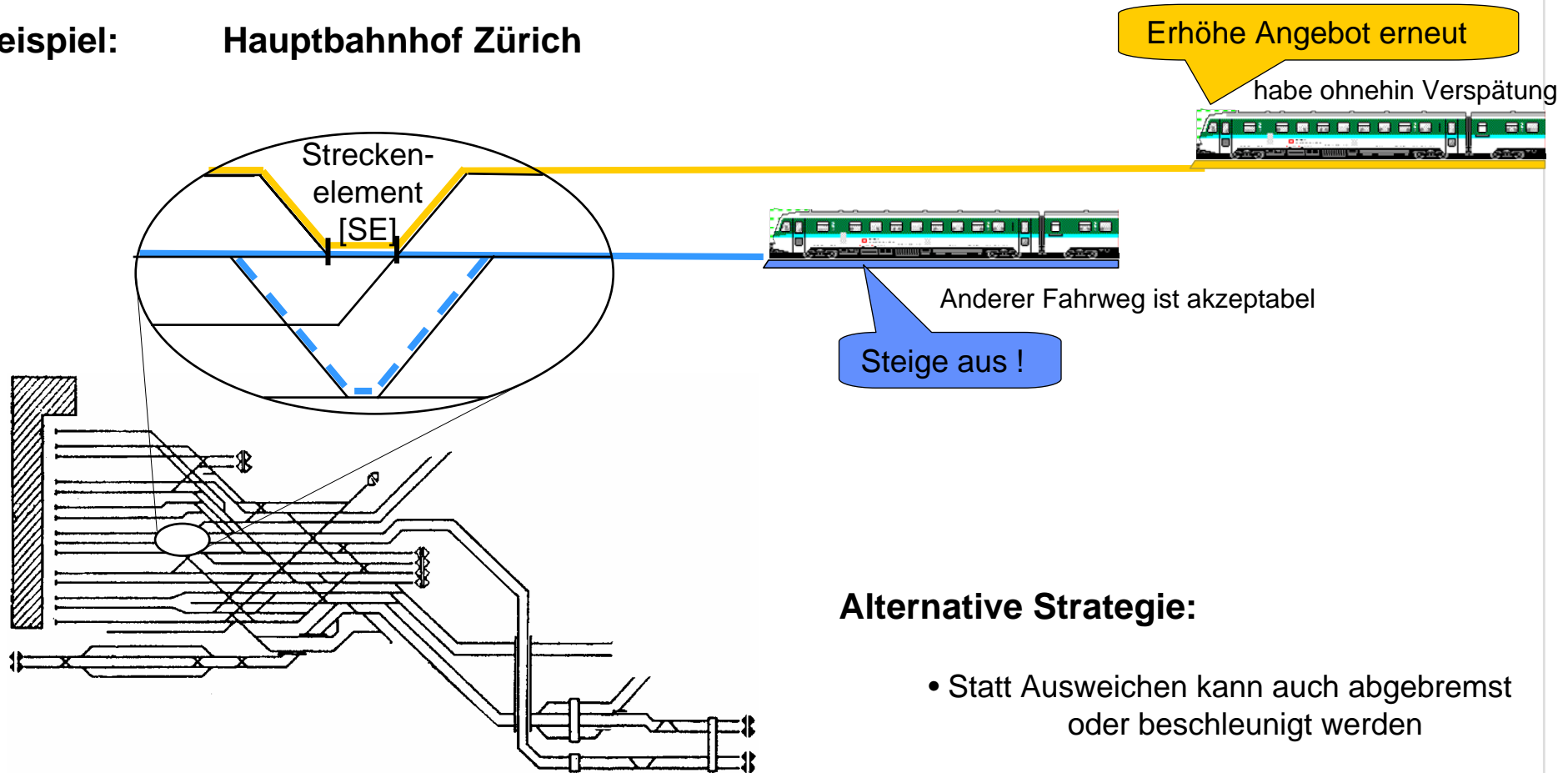
Beispiel: Hauptbahnhof Zürich



Anwendung: Schienenverkehr

Verhandlungsmethode: Elektronische Auktion

Beispiel: Hauptbahnhof Zürich



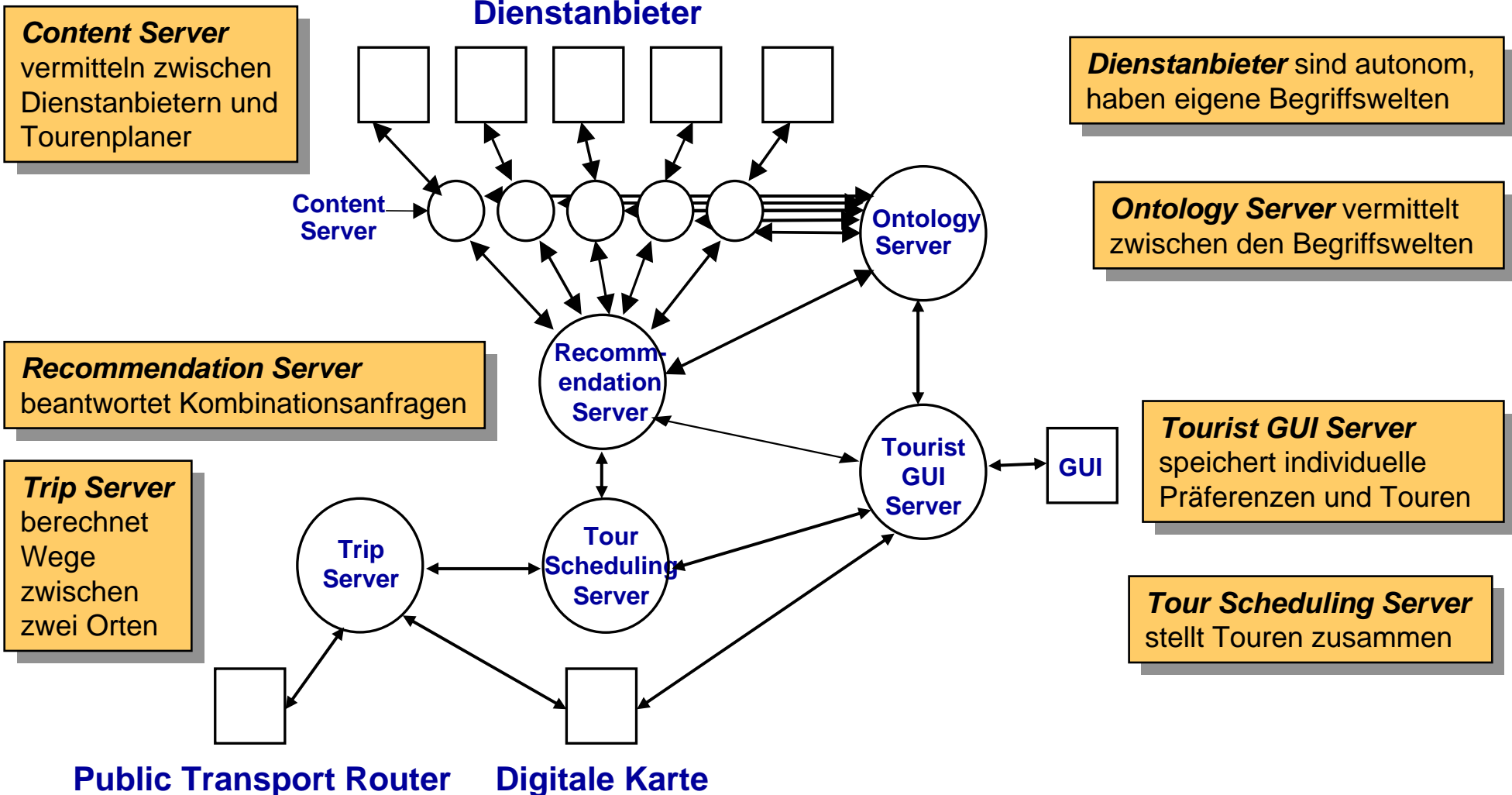
Verteiltes Touristeninformationssystem

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

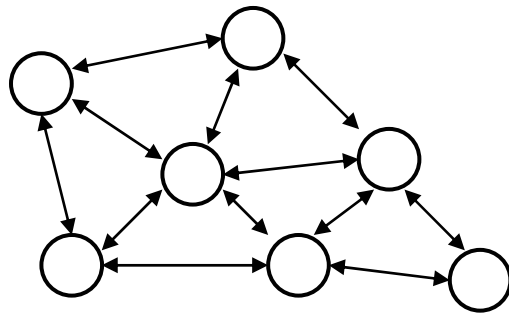
Verteiltes Touristeninformationssystem

Architektur des Tourenplaners: Weiteres Beispiel des verteilten Managements

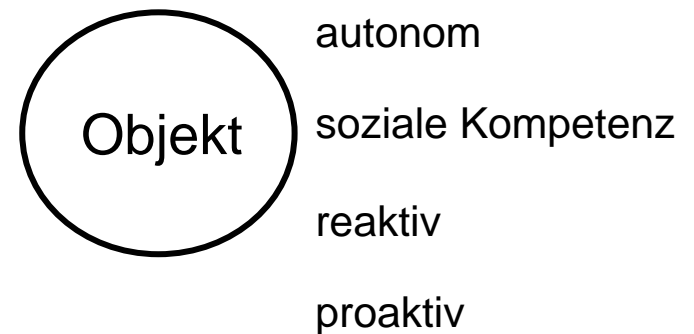


Basistechnologie: Agentenorientierte Software

Multiagentensystem:



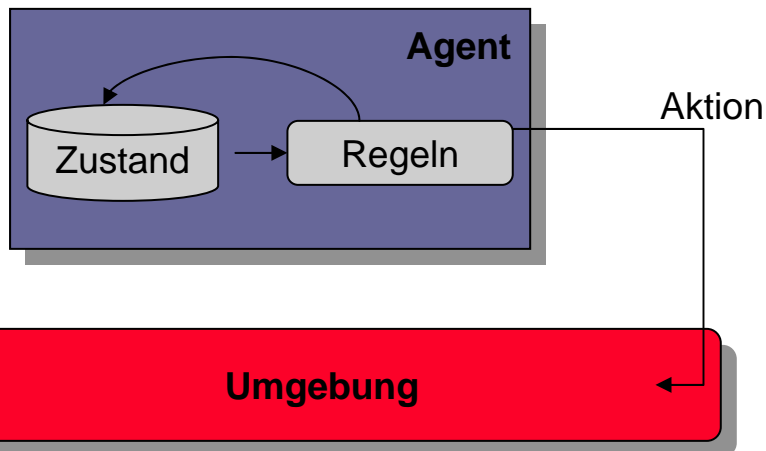
Softwareagent:



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.

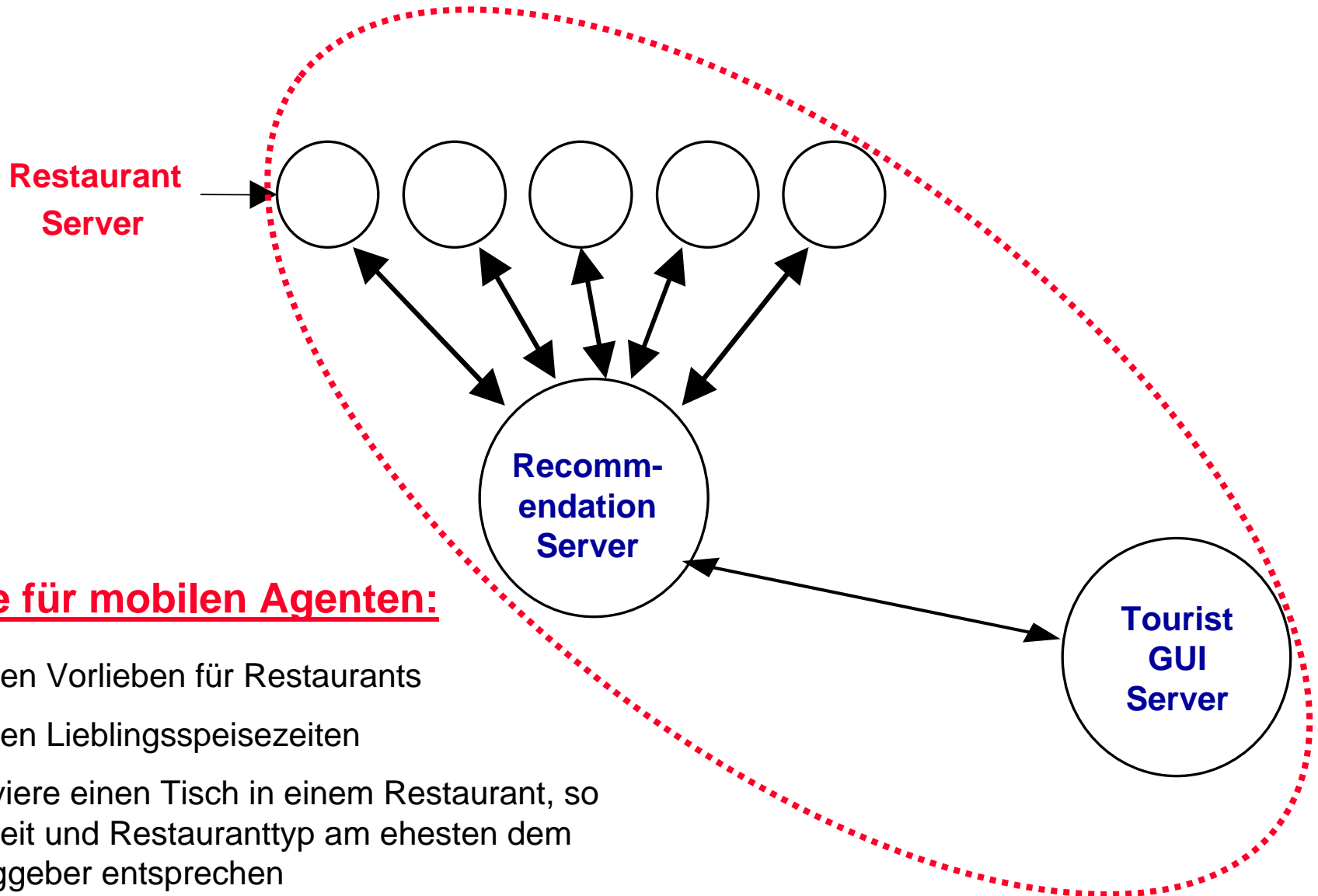
=> Sie ergreifen die **Initiative**

*„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: Seminar ... von Matthias Rohr, SS 2004, Nr. 4

Verteiltes Touristeninformationssystem



Aufgabe für mobilen Agenten:

- Gegeben Vorlieben für Restaurants
- Gegeben Lieblingsspeisezeiten
- Reserviere einen Tisch in einem Restaurant, so dass Zeit und Restauranttyp am ehesten dem Auftraggeber entsprechen

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

(siehe Vorlesung Wissensbasierte Systeme, Kap. 3, Algorithmische Grundlagen)

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

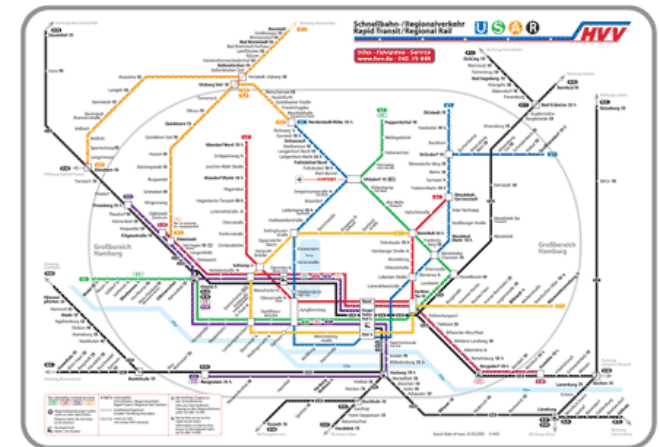
- Änderung zyklisch (Deutsche Bahn ca. einmal im Jahr)
- Anpassungen bei früh bekannten Störungen

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



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

Information bei kurzfristigen Abweichungen

- Ursache für Abweichungen
- Abweichungsumfang
- Ersatzrouten

Dynamische Fahrgastinformationsmedien

- Lautsprecherdurchsagen
- Dynamische Anzeigegeräte
- ...



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

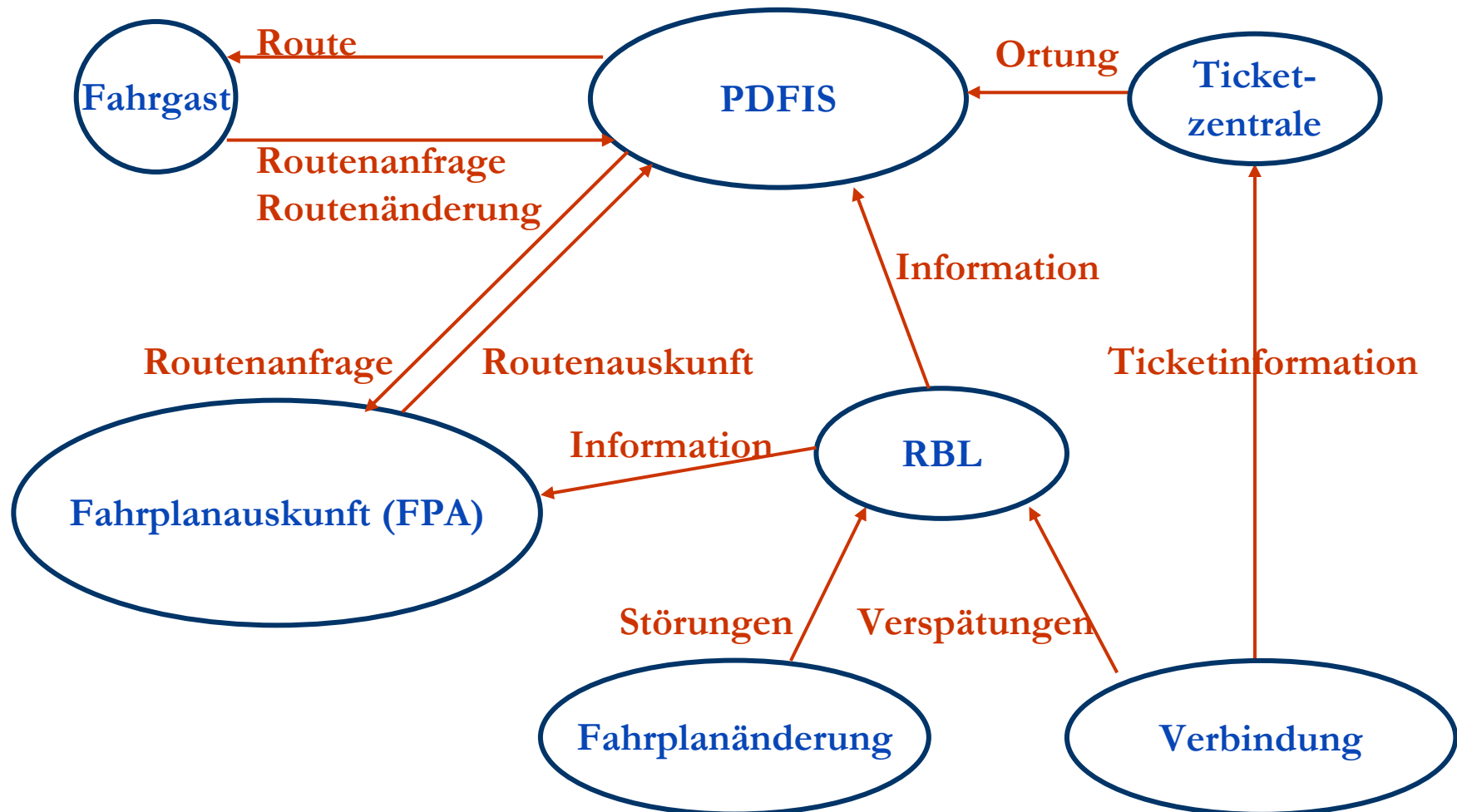
- Routenberechnung aktualisiert an konkrete Lage
- Touristeninformation

Personalisierte Fahrgastinformationsmedien

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

Anwendung: Fahrgastinformationssystem

Einbindung des PDFIS in das Gesamtsystem



Anwendung: Fahrgastinformationssystem

Erweiterungsmöglichkeiten:

Wechsel des Kommunikationsmediums

- Büro: e-mail auf Computer
- Unterwegs: SMS auf Handy

Zeitungebundene Begleitung

- Erfordert flexiblere Auskunft des ÖPV-Anbieters

Bewertung und Realisierung der Anschlusssicherung

- Warten bei vielen Anschlussfahrgästen
- Abfahrt bei wenig Anschlussfahrgästen

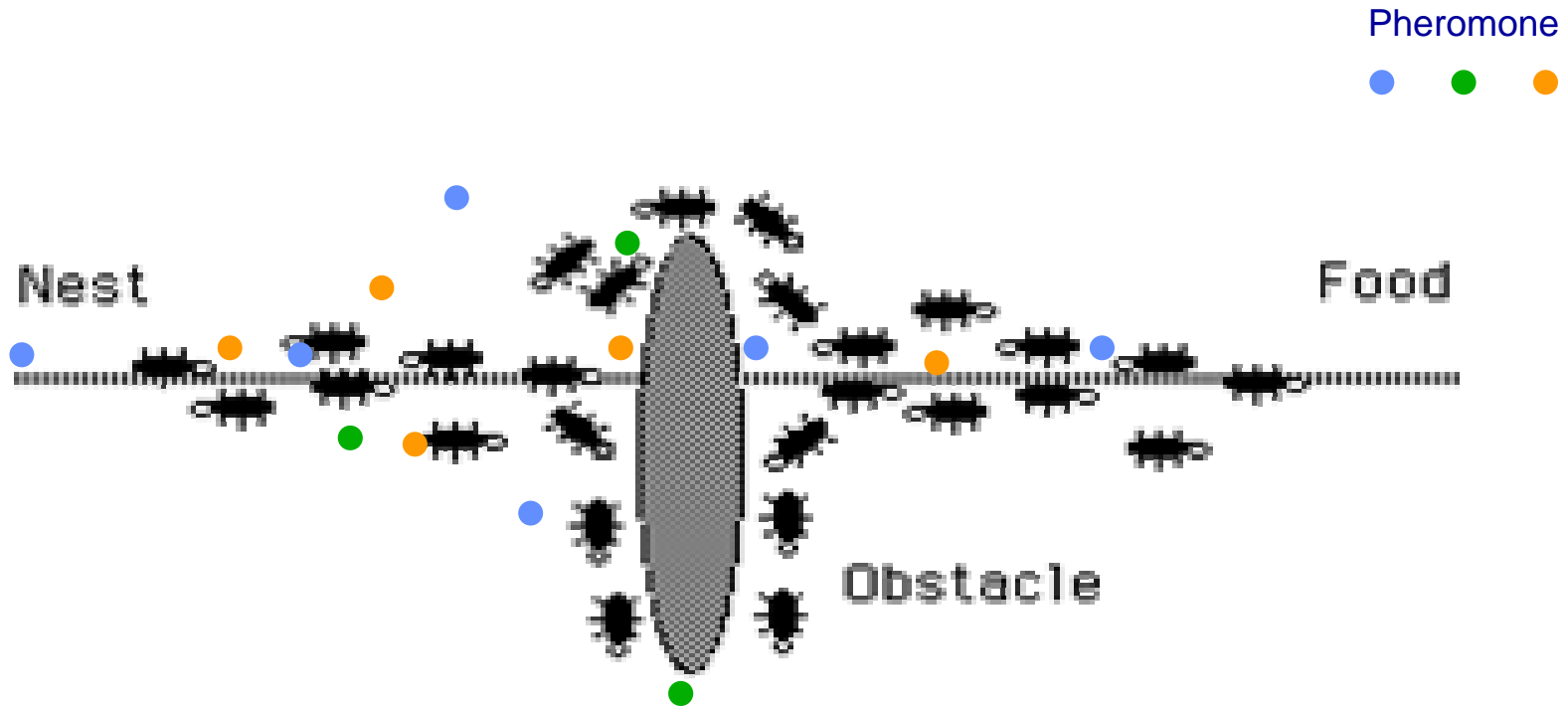
Vision:

- Wechsel zwischen verschiedenen ÖPV Anbietern
- Wechsel zwischen ÖPV und Individualverkehr (intermodales Routen)

Basistechnologie: Schwarmintelligenz

Pheromonbasierter Ansatz

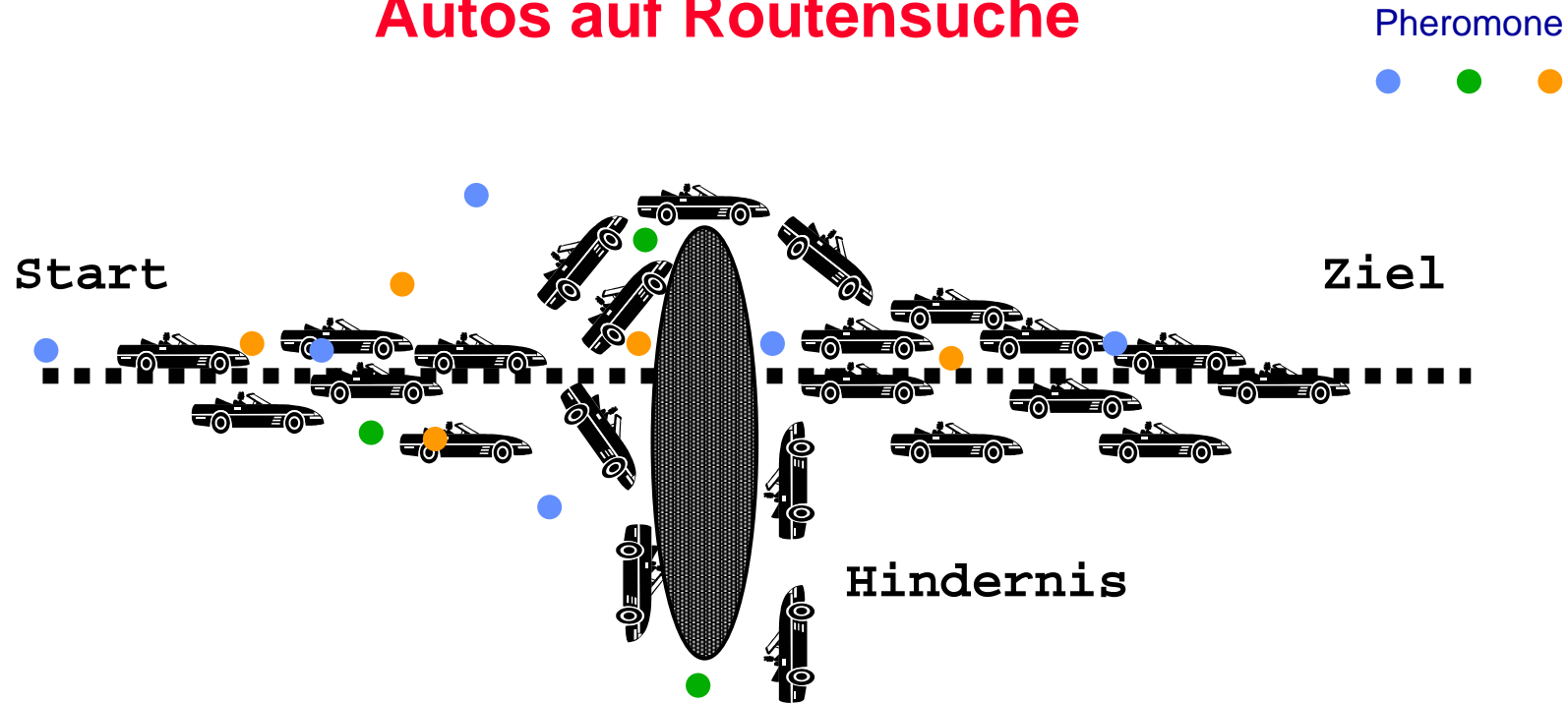
Ameisen auf Futtersuche



Basistechnologie: Schwarmintelligenz

Pheromonbasierter Ansatz

Analogon: Autos auf Routensuche



Anwendung: Dynamische Verkehrsnavigation

Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

Schilderung der historischen Entwicklung der KI-Technologien am Beispiel eines Anwendungsgebietes

Die folgenden Folien sind im Wesentlichen einem Vortrag entnommen zum Thema *Diagnose technischer Systeme* von Jakob Mauss (QTronic GmbH, Berlin)

Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

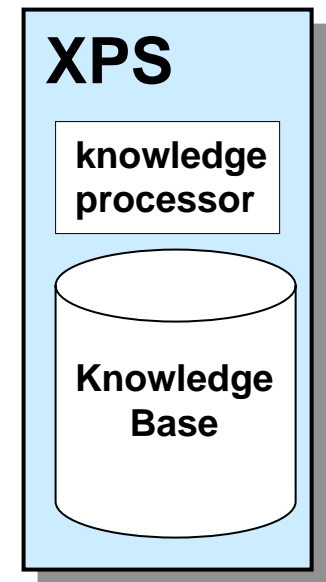
1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation

Was ist Diagnose?

Diagnose ist der Schluss von beobachteten Symptomen auf klassifizierte Systemeigenschaften

Einsatzgebiete:

- Medizin
- industrielle Fertigungsprozesse
- Fahrzeugdiagnose
- Luft- und Raumfahrt



Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation

Was ist **Technische** Diagnose?

Gegeben:

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

Aufgabe:

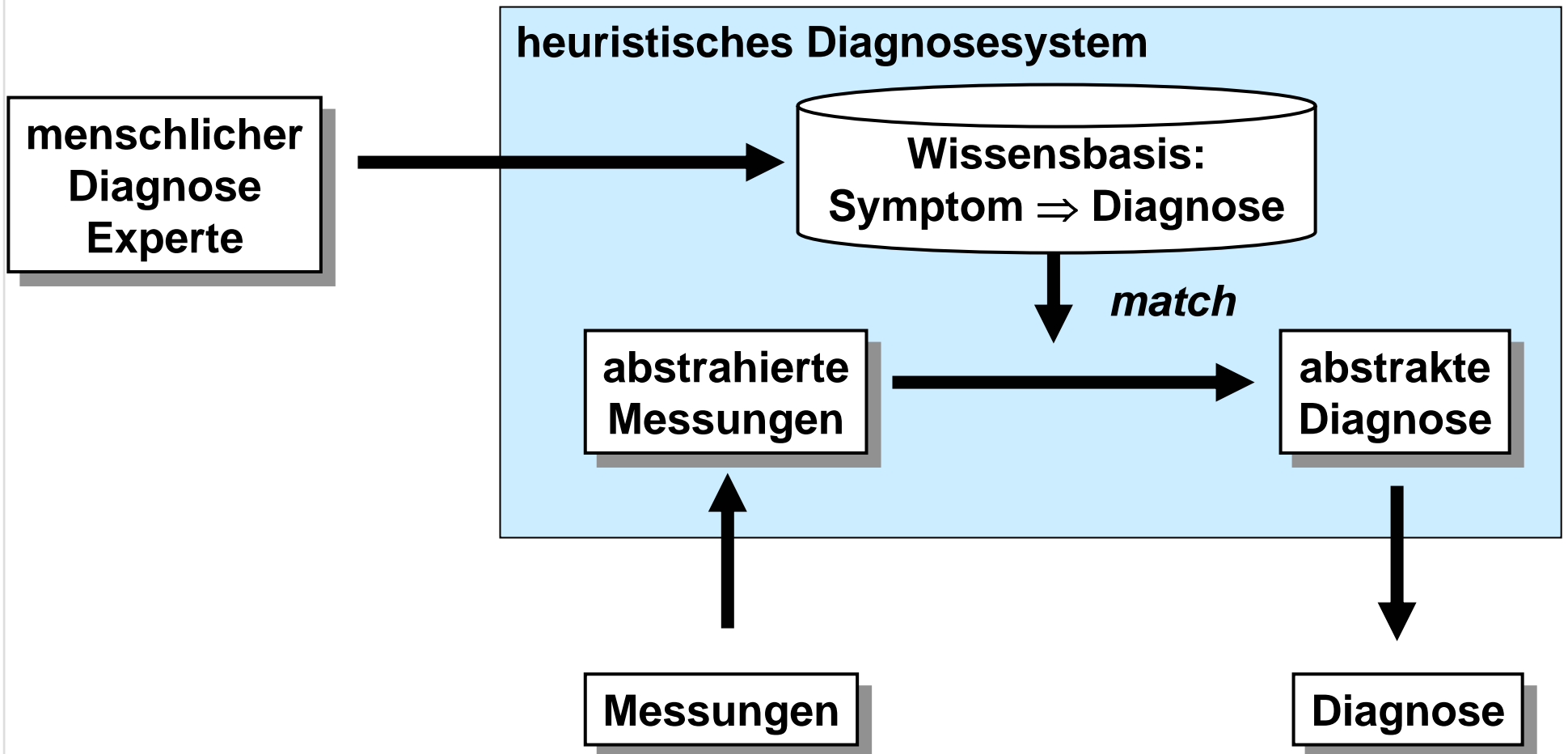
Bestimme,

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



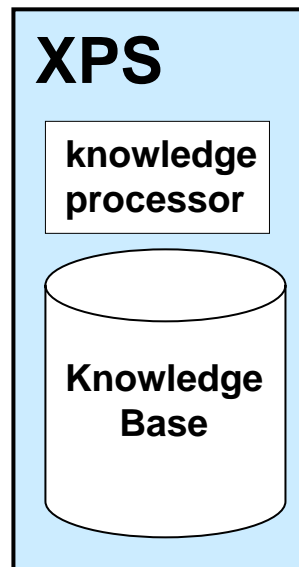
Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation



Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation

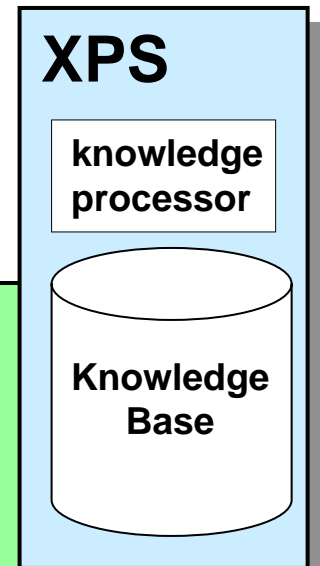


verschiedene Realisierungen des Konzeptes:

- regelbasierte Diagnose:
sicher, probabilistisch, fuzzy, ...
- Diagnose mit Entscheidungsbäumen
- fallbasierte Diagnose
(case-based reasoning CBR)
- Klassifikation mit neuronalen Netzen

Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation



Stärken:

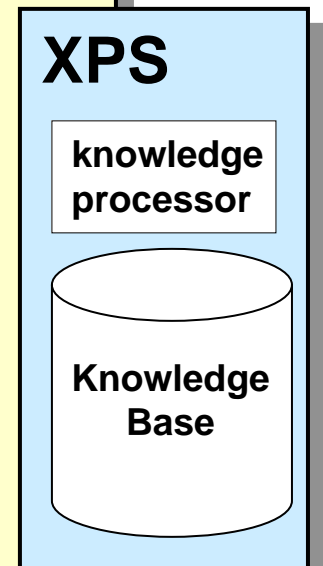
- breit anwendbar
- viele Werkzeuge verfügbar
- Erfahrungen mit vielen unterschiedlichen Anwendungen verfügbar

Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1970er: Diagnose = heuristische Klassifikation

Schwächen:

- Aufbau und Wartung der Wissensbasis:
knowledge-acquisition bottleneck
 - Verfügbarkeit menschlicher Experten
 - Erweiterung der Wissensbasis um neue Fälle
 - Objektivität des erfassten Wissens
 - Vollständigkeit
 - Wiederverwendung einer Wissensbasis
- Wirtschaftlichkeit der Softwareerstellung
- Diagnose unvorhergesehener Fehler
schwierig / unmöglich
- Diagnose von Mehrfachfehlern schwierig
- Erklärung generierter Diagnosen



Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

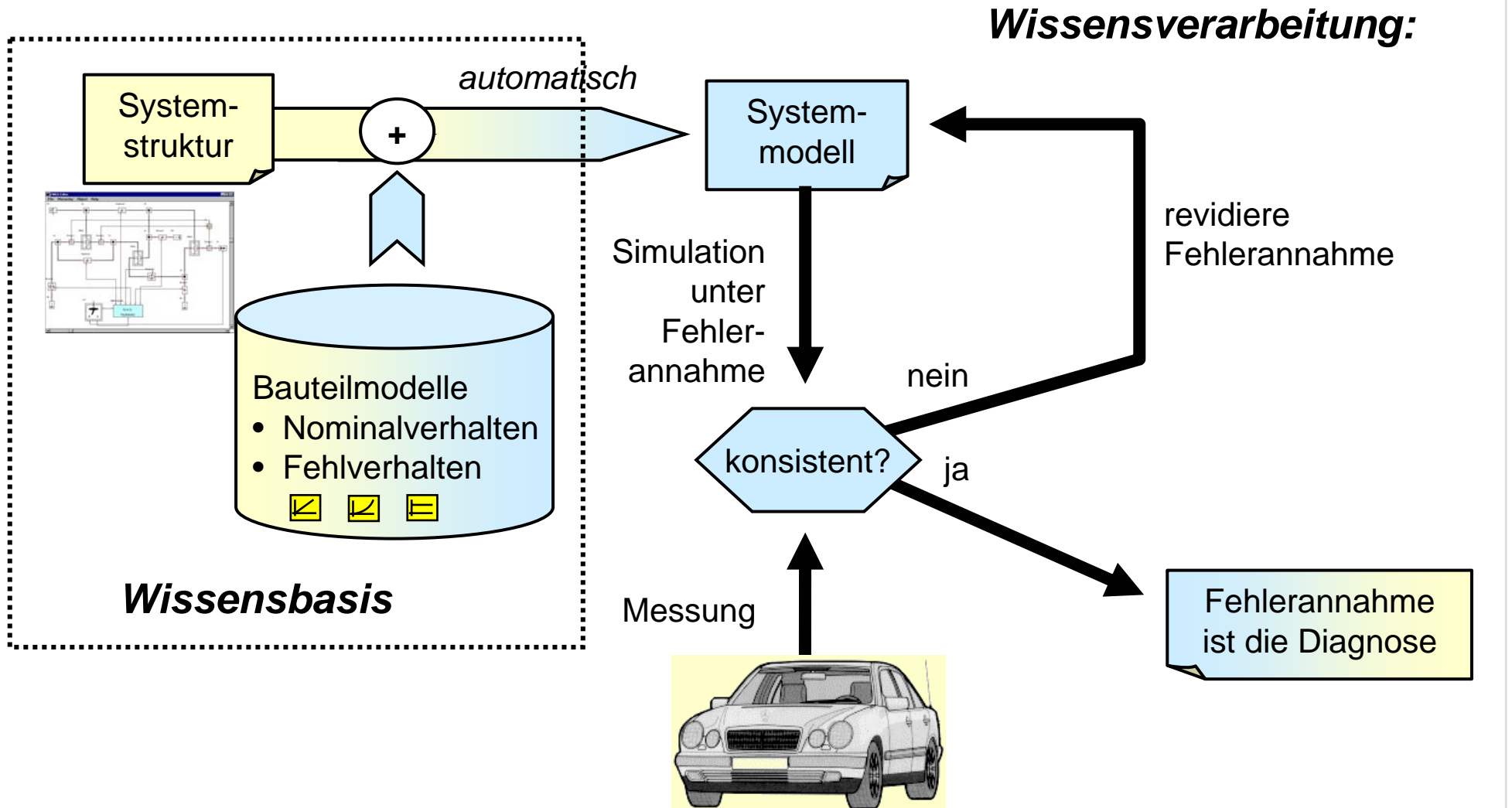
ca.1985: Diagnose = modellbasiertes Schließen

Ideen:

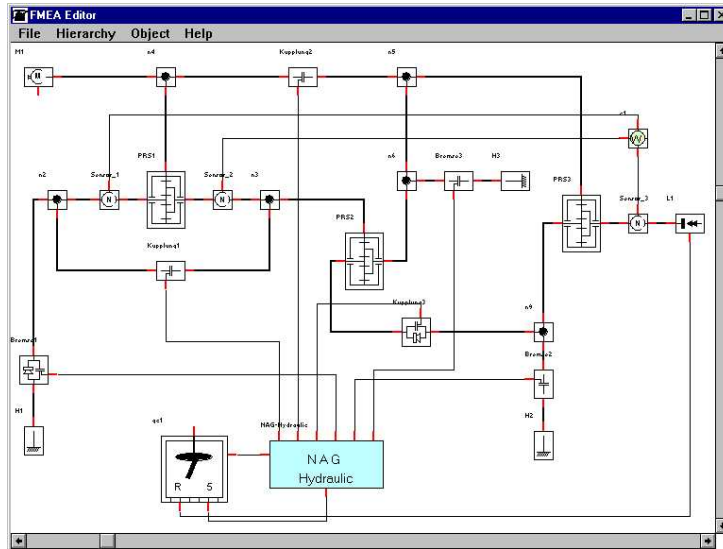
- Erfahrungswissen \Rightarrow Modell des zu diagnostierenden Systems
- objektives Modell, unabhängig von Diagnoseaufgabe
- löst viele der Probleme des heuristischen Ansatzes
- Schlagworte
 - Second Generation XPS
 - tiefes Wissen
 - Schliessen 'from first principles'
 - modellbasiert

Anwendungsgebiet: Technische Diagnose

1980er: Diagnose = modellbasiertes Schließen



Wissenserwerb bei der modellbasierten Diagnose



Systemstruktur:

Welche Komponenten von welchem Typ sind wie miteinander verbunden ?

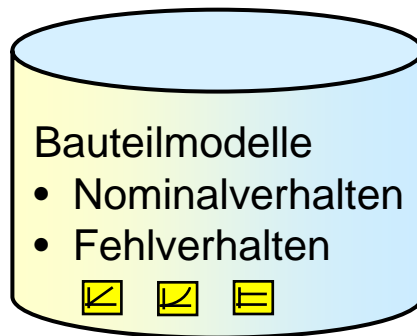
→ erhältlich aus CAD-Daten

Komponentenmodelle:

Wie ist die Abhängigkeit zwischen den Werten, die an den Verbindungspunkten einer Komponente anliegen ?

→ pro Komponententyp einmal zu modellieren

→ Modell ist wiederverwendbar für alle Systeme, in denen Komponenten dieses Typs enthalten sind



Die GDE:

1987: *Der Prototyp* für die modellbasierte Diagnose

Problem:

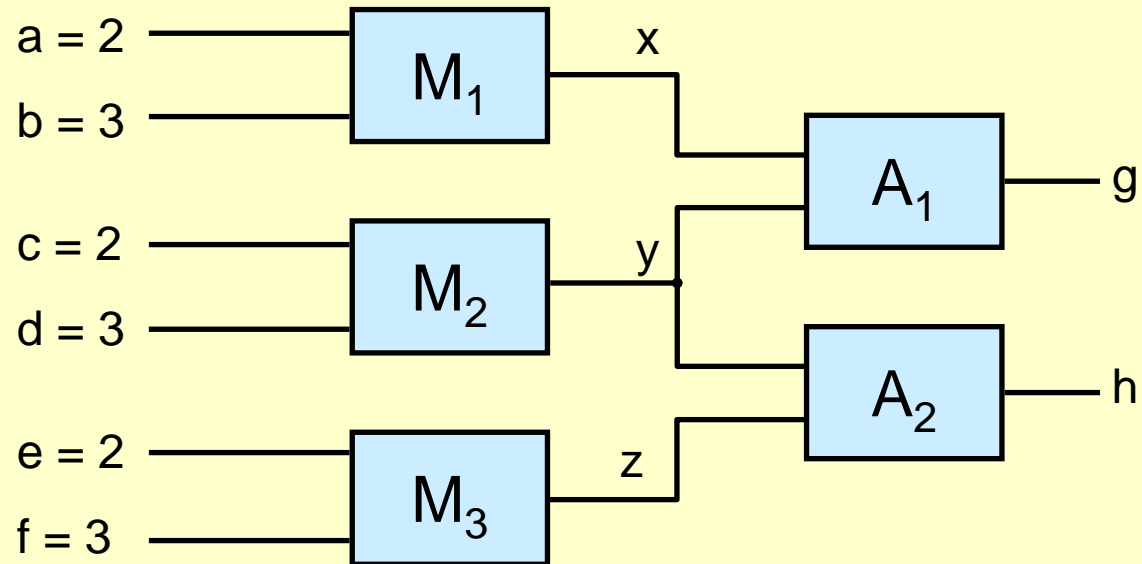
- ‚brute-force‘ Simulation **aller** Fehlerannahmen
kombinatorisch nicht realisierbar

Idee: General Diagnostic Engine GDE, deKleer & Williams 1987

- intelligente Suche im Raum der möglichen Fehlerannahmen
- nutzt inkonsistente Annahmen zum Verkleinern des Suchraums
- Prinzip: konfliktgesteuerte Suche

GDE - Beispiel

Systemstruktur



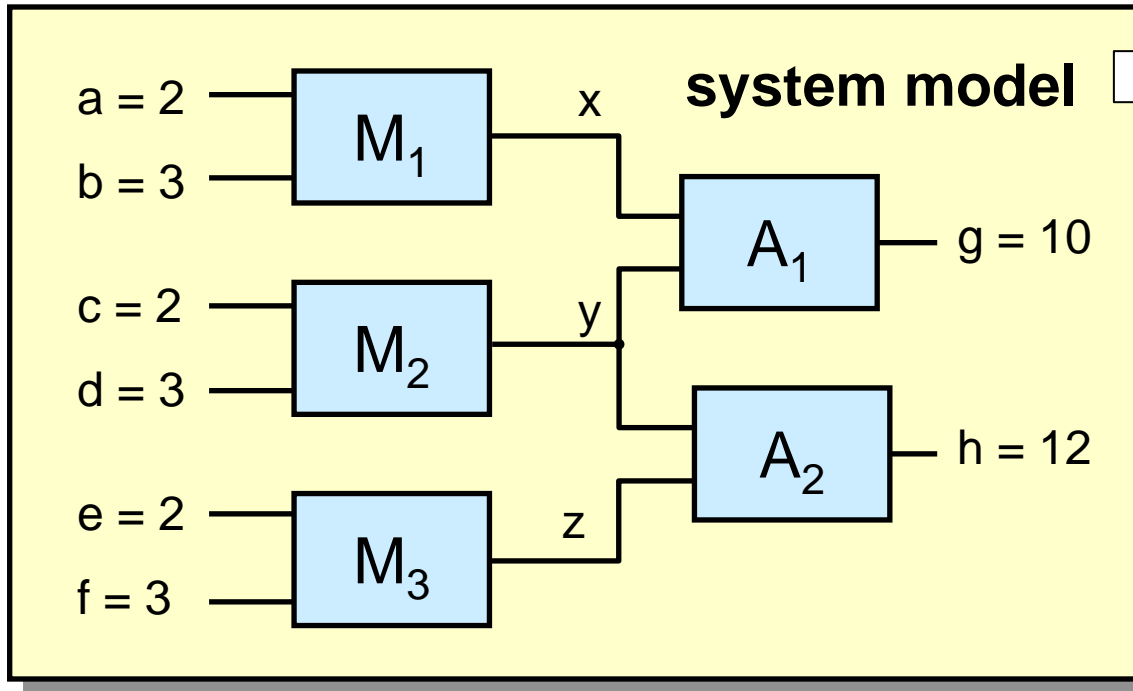
Komponentenmodelle

- Multiplizierer: $\text{mode=ok} \Rightarrow \text{out} = \text{in}_1 * \text{in}_2$
- Addierer: $\text{mode=ok} \Rightarrow \text{out} = \text{in}_1 + \text{in}_2$

Messungen

$$g = 10 \wedge h = 12$$

GDE - Beispiel



simulation

$x = 6$ {M1}

$y = 6$ {M2}

$z = 6$ {M3}

$g = 12$ {M1 M2 A1}, $g = 10$

$y = 4$ {M1 A1}

$h = 10$ {M1 A1 A2 M3}, $h = 12$

$y = 6$ {A2 M3}

two conflicts

diagnoses:

single-fault **M1**

single-fault **A1**

double fault **M2 M3**

:

M1	M2	M3	A1	A2
X	X		X	
X		X	X	X

Modellbasierte Diagnose: Entwicklung seit 1987

GDE - deKleer & Williams 87

Sherlock - deKleer & Williams 89
explicit fault models, probabilities

GDE+ - Struss & Dressler 89
explicit fault models, ordering

roδon
R.O.S.E. Informatik

many years of research ...

- speed-up: focusing techniques
- modeling assumptions, model switching
- dynamics, e.g. finite-state machine models
- real applications: power networks, vehicles, ...

Raz'r 1.0, 1997
commercial
product (OCC'M)

RA - Williams et al. 98
Remote Agent flight software
NASA AMES & JPL
CommonLisp

MDS 1.5, 2000
Daimler Research
Smalltalk

Modellbasierte Diagnose

Stärken (gegenüber dem heuristischem Ansatz):

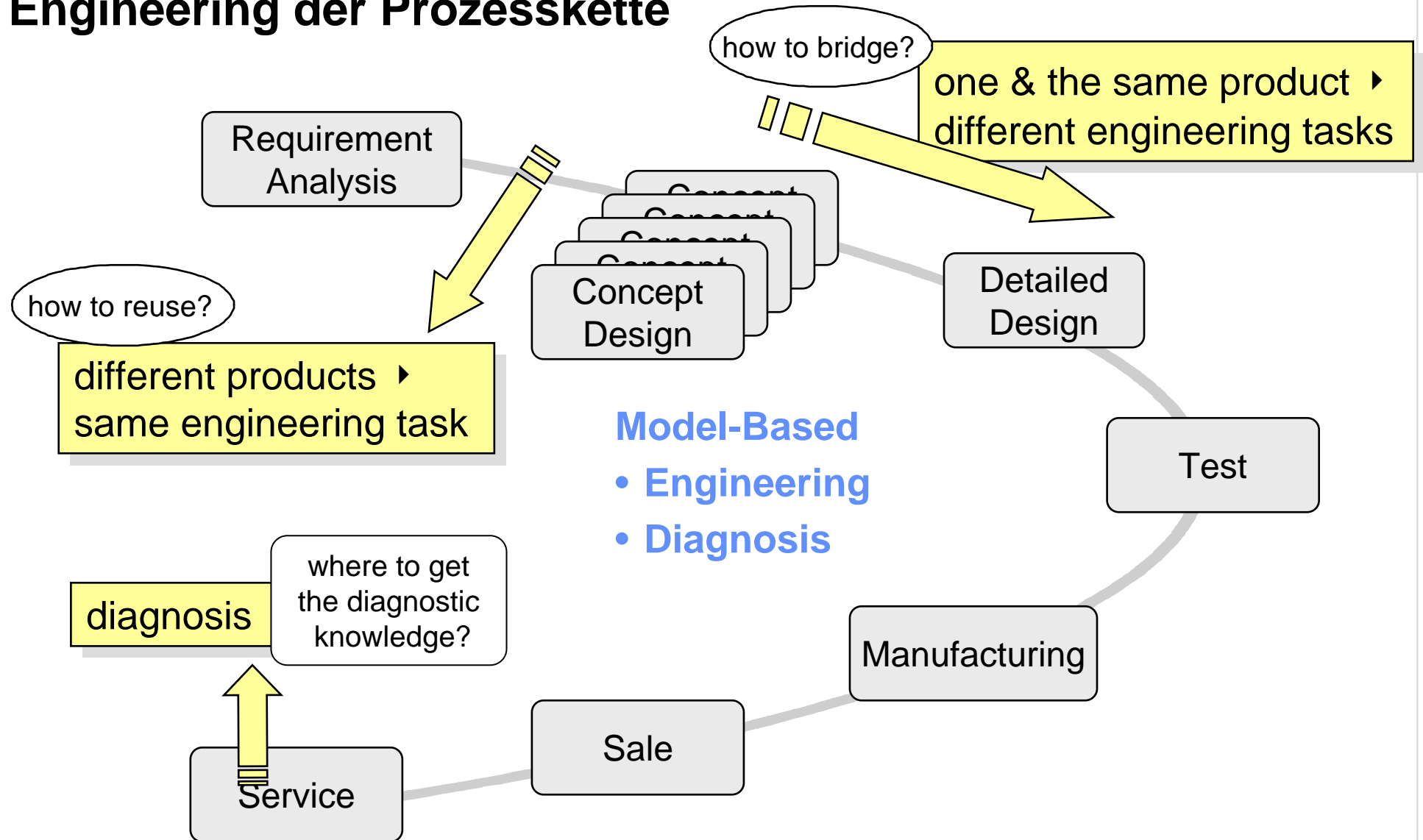
- wiederverwendbare Bauteilmodelle
- Aufbau und Wartung eines Systemmodells: einfach
- Systemmodell: objektiv, nachprüfbar, lokal modifizierbar
- neue Systeme auch ohne Erfahrung diagnostizierbar
- Mehrfachfehler und dynamische Systeme
- nachvollziehbare Erklärung von Diagnosen

Schwächen:

- Aufbau wiederverwendbarer Bauteilmodell-Bibliotheken: schwierig, verborgene Modellierungsannahmen
- rechenintensiv
- bisher wenige Werkzeuge und reale Anwendungen verfügbar

Wirtschaftliche Relevanz von KI-Techniken

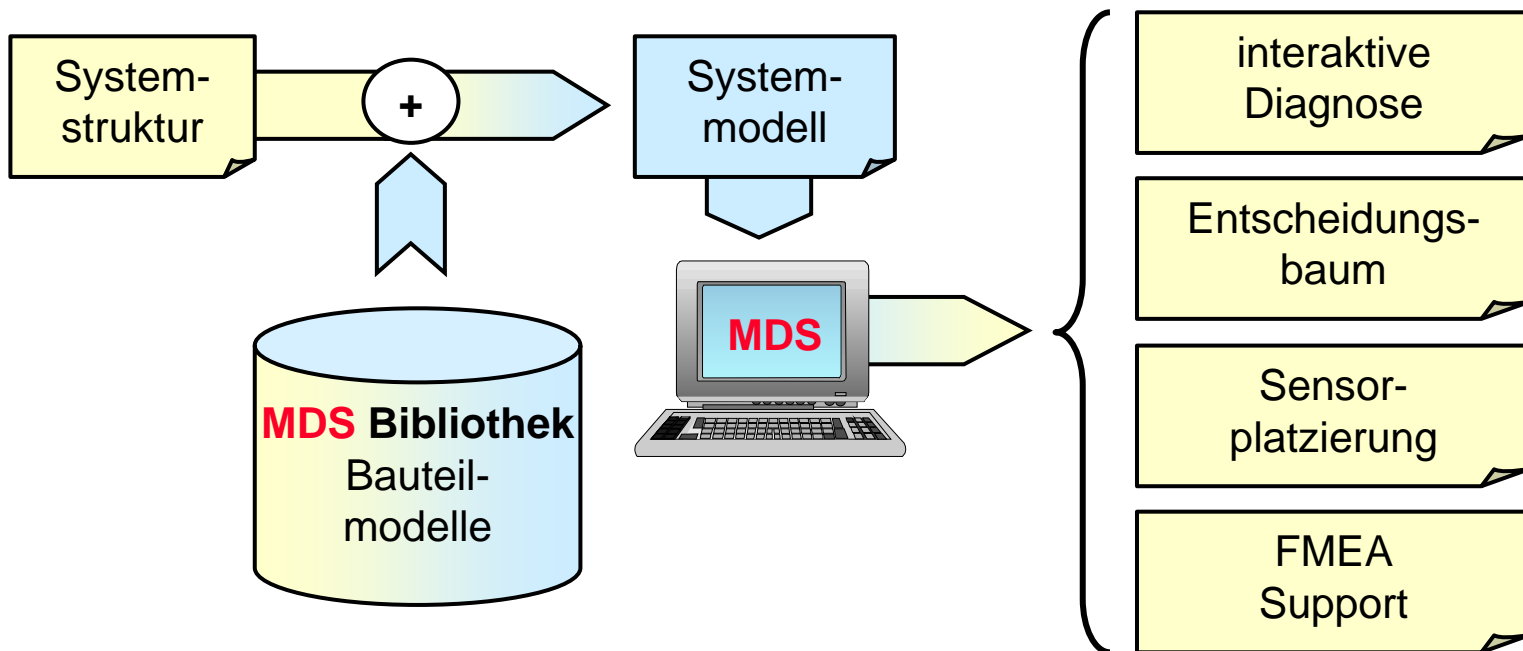
Engineering der Prozesskette



Wirtschaftliche Relevanz von KI-Techniken

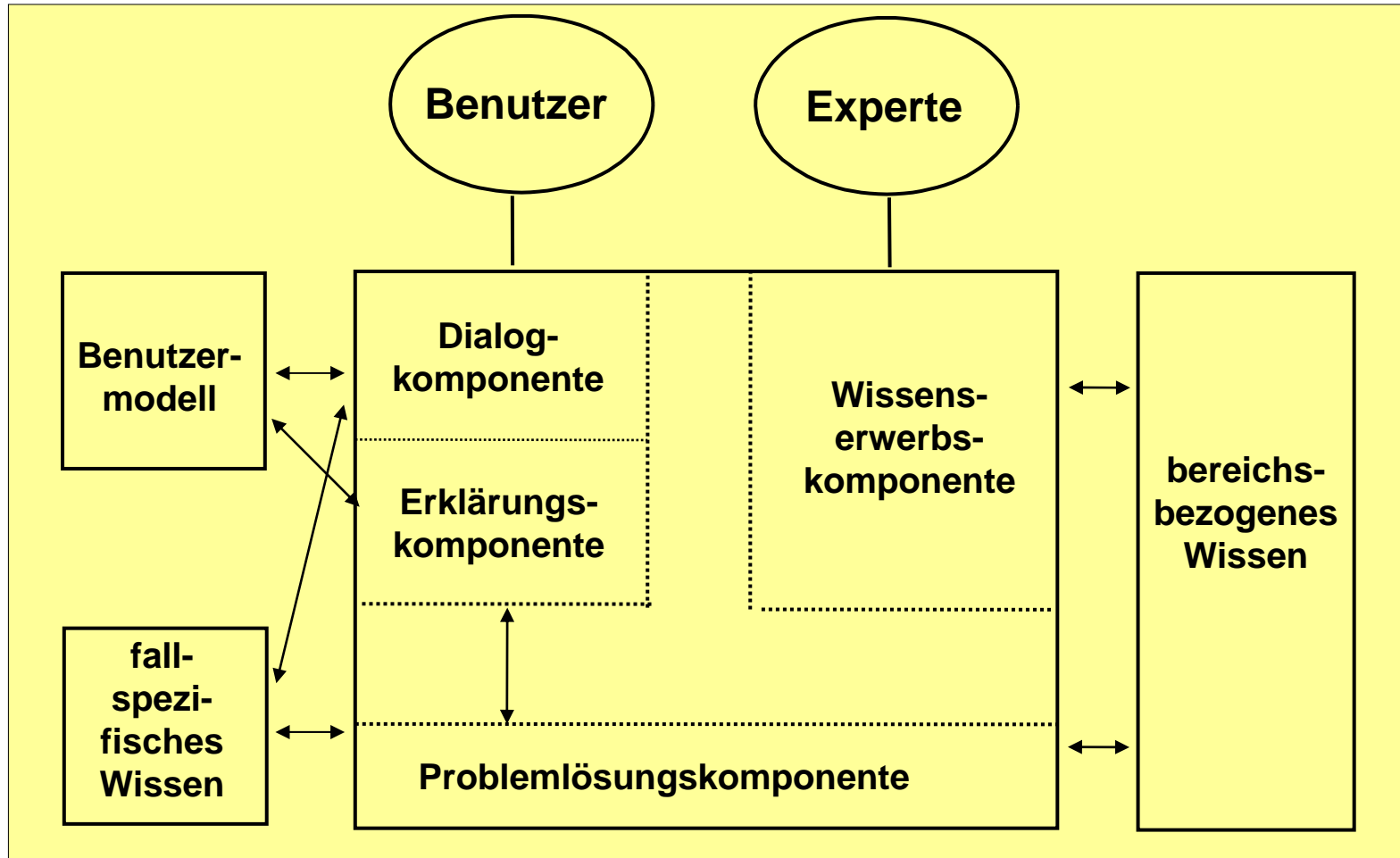
Wiederverwendbarkeit

MDS: Modellbasiertes Diagnose- und Analysesystem

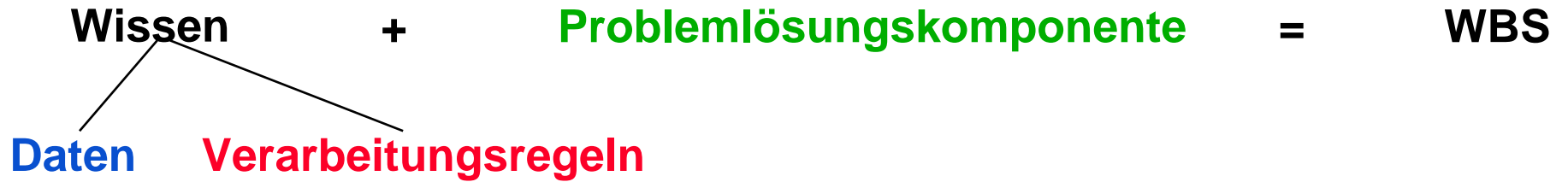


Basistechnologie: Wissensbasiertes System

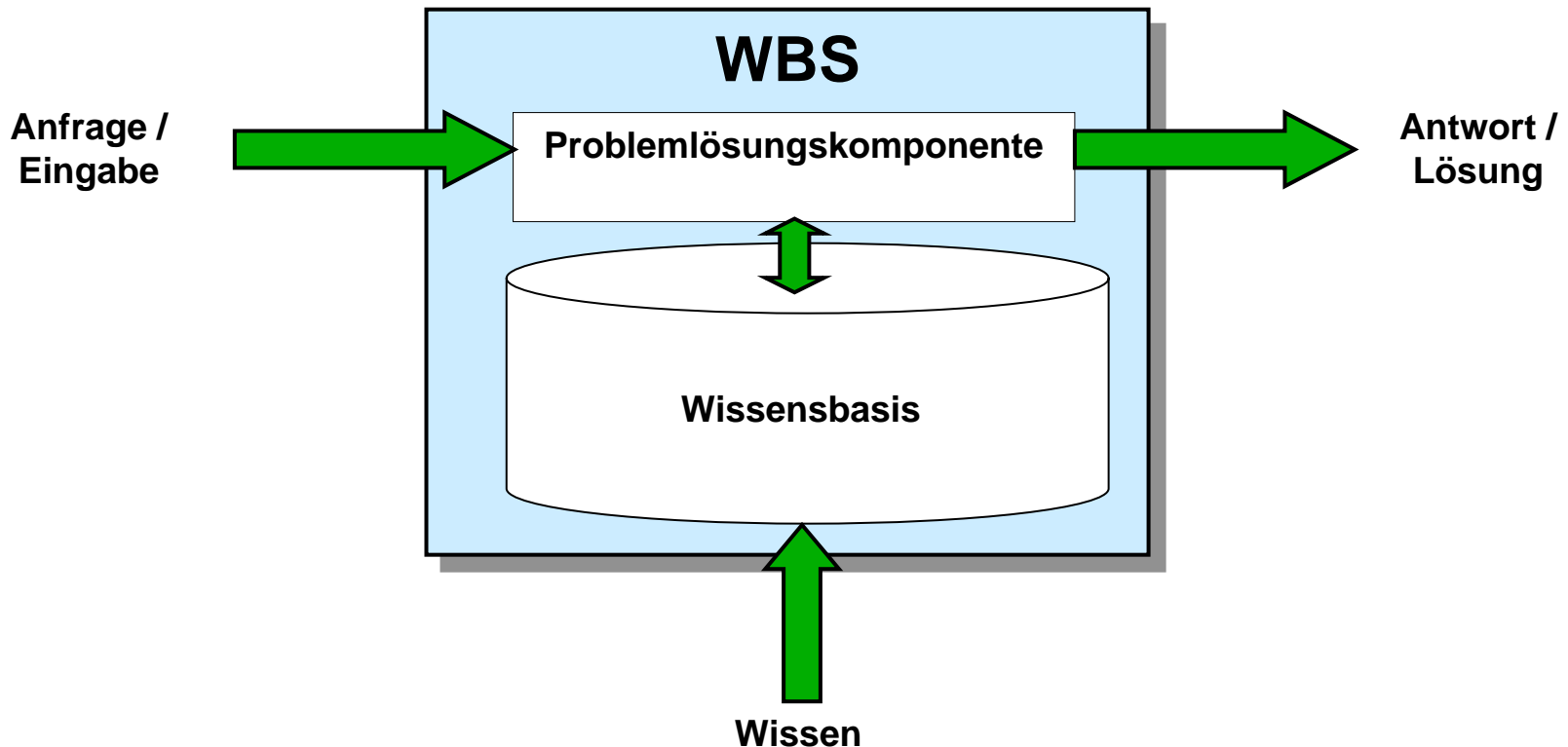
Architektur XPS (klassisch)



Basistechnologie: Wissensbasiertes System



Architektur WBS (allgemeiner)



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

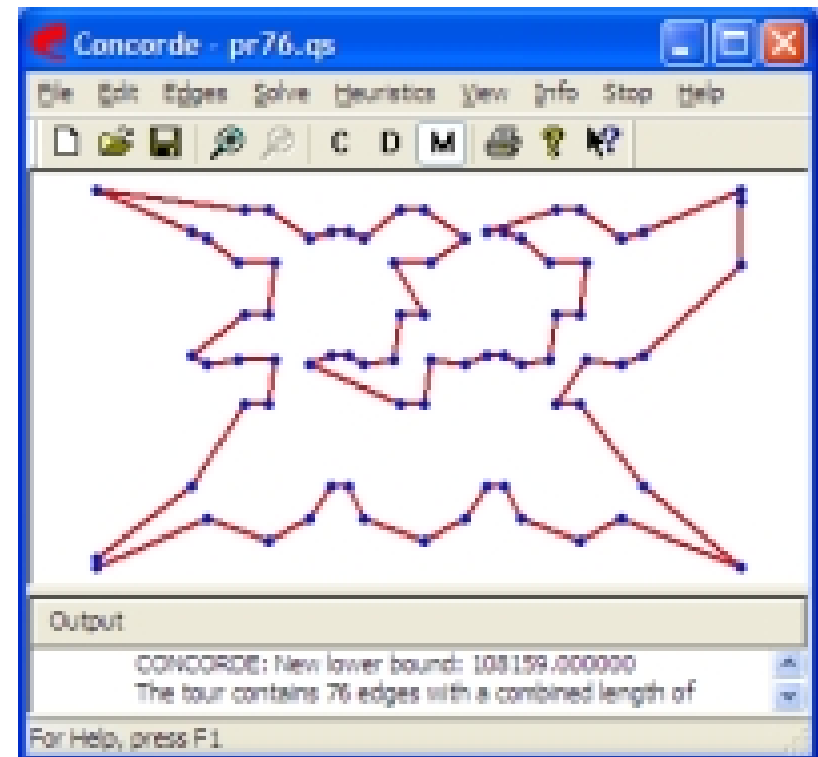
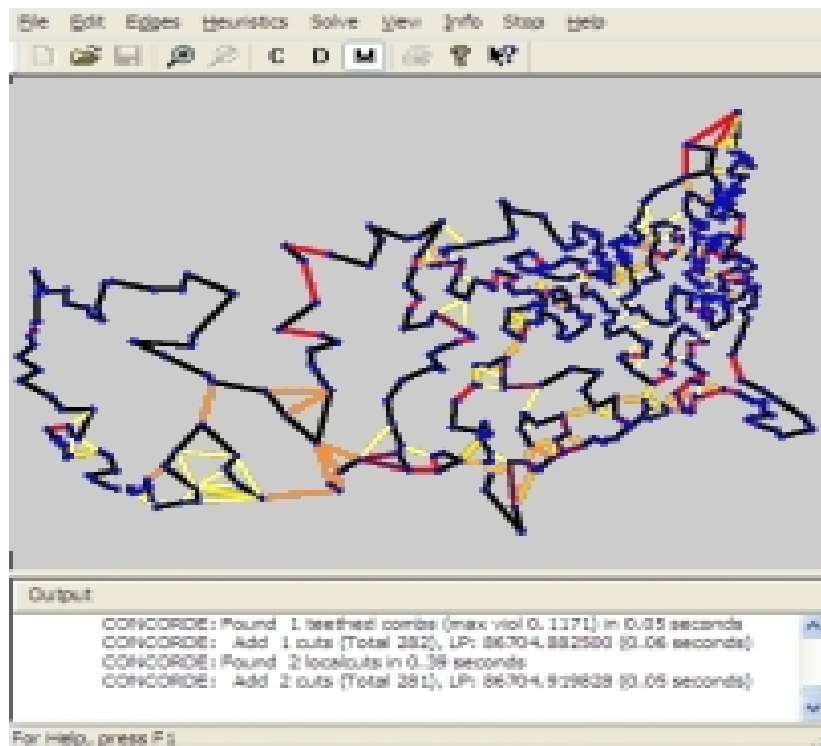
- **in der Praxis relevant sind.**
- **häufig nicht exakt spezifiziert werden können.**
- **NP-vollständig sind, wenn sie exakt spezifiziert werden können.**

Definition iw

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>

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.**

Merkmale klassischer KI-Lösungen

Der klassische Gegensatz von verschiedenen Forschungsgemeinden in der Informatik:

KI vs. Algorithmik

- flexibel
- kundensorientiert
- exakt
- effizient

Das muss kein Widerspruch sein!

Zusammenfassung Kapitel 1

KI-Ziele für die SW-Lösungen

- **Allgemeinheit**
- **Flexibilität, Erweiterbarkeit**
- **Erklärbarkeit der Antworten**

Typisch verwendete Tools und Methoden in der KI

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

Zusammenfassung Kapitel 1

Anwendungsgebiete der KI:

- **Spiele, in denen die Maschine andere Spieler simuliert**
- **Ressourcenverteilung**
 - Streckenbelegungsplan in Eisenbahnnetzen
- **Optimierungsprobleme mit dynamischen Parametern**
 - Verkehrsnavigation
- **Verteiltes Management von verteiltem Wissen**
 - Touristeninformationssystem
- **Diagnose**
 - Medizinische Diagnose
 - Technische Diagnose

Zusammenfassung Kapitel 1

Basistechnologien der KI:

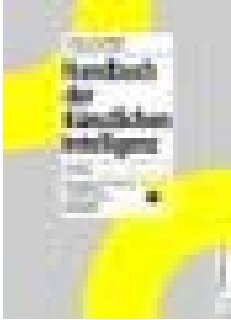
- **Agentenorientierte Software**
 - verteilt
 - autonom
 - proaktiv

- **Schwarmintelligenz**
 - verteilt
 - statistisch
 - nebenläufige Aktualisierung

- **Wissensbasierte Systeme**
 - Trennung in Wissen und Inferenzmaschine
 - Intelligenter Wissenserwerb und Wissensrepräsentation
 - Hauptfokus: Wiederverwendung

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

spezielle Gebiete der KI:

Michael Wooldridge: *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley 2002, ISBN 0-471-49691-X

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

Thomas Walther: *Dynamische Fahrzeugnavigation auf Basis von Ameisenkolonien*, Master-Thesis WS 2005/2006