

Wissensbasierte Systeme

Vorlesung 3 vom 27.10.2004
Sebastian Iwanowski
FH Wedel

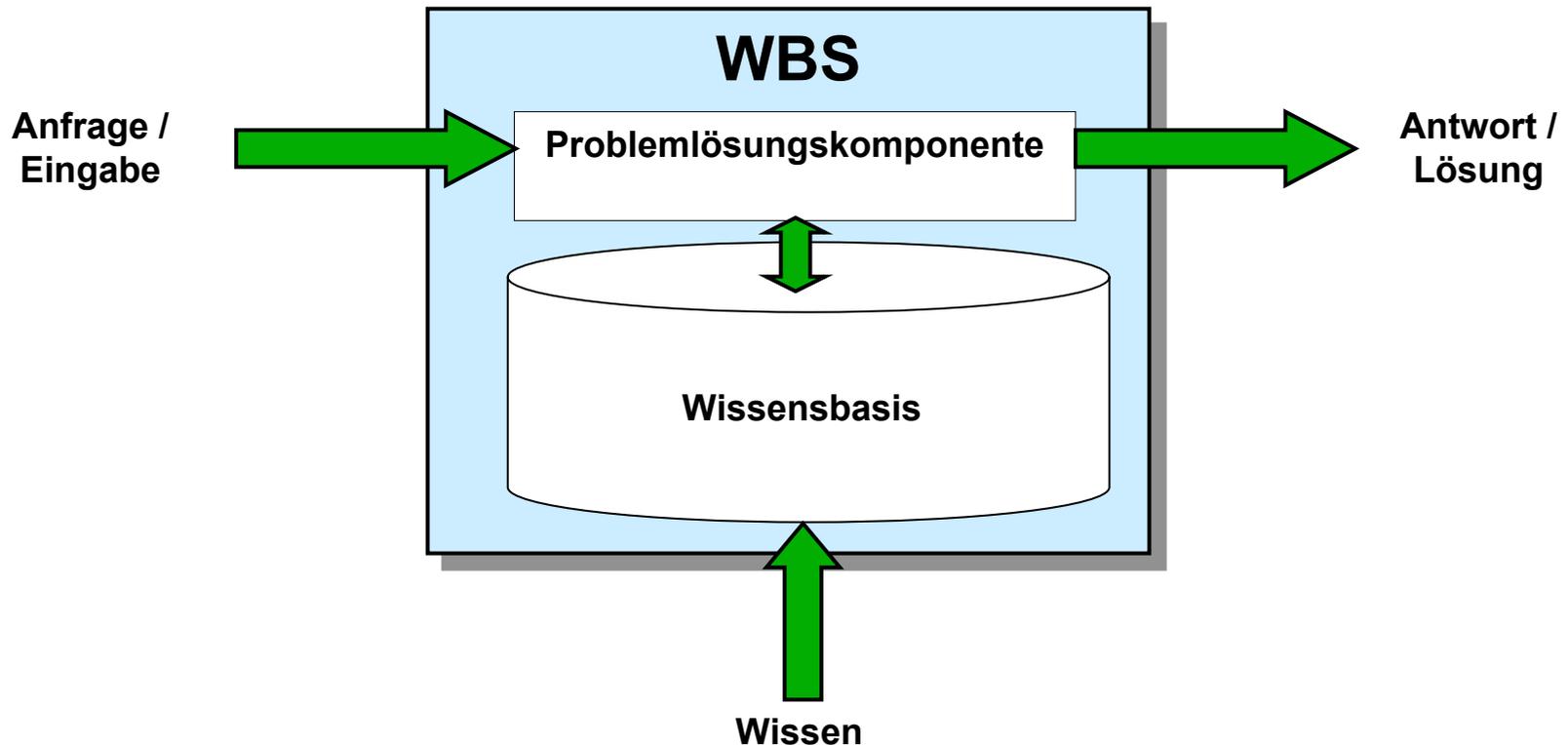
Wissensbasierte Systeme

1. Motivation
- 2. Prinzipien und Anwendungen
3. Logische Grundlagen
4. Suchstrategien
5. Symptombasierte Diagnose
6. Modellbasierte Diagnose
 - Kandidatengenerierung
 - Konfliktgenerierung
 - Wertpropagierung
 - Gesamtarchitektur
 - Komponentenmodellierung
7. Weitere Wissensrepräsentationsformen
8. Bewertung wissensbasierter Systeme

Wdh.: Prinzipien eines WBS



Architektur WBS (allgemein)



Wdh.: Prinzipien eines WBS

Verschiedene Repräsentationsformen von Wissen

- Frames, Semantische Netze
- Logik, Produktionsregeln
- Constraints

Verschiedene Qualitäten von Wissen

- flach vs. tief
- sicher vs. unsicher (betrachte die Wahrscheinlichkeit einer Aussage)
- exakt vs. unscharf (betrachte die Genauigkeit einer Aussage)

Verschiedene Verarbeitungsmechanismen von Wissen

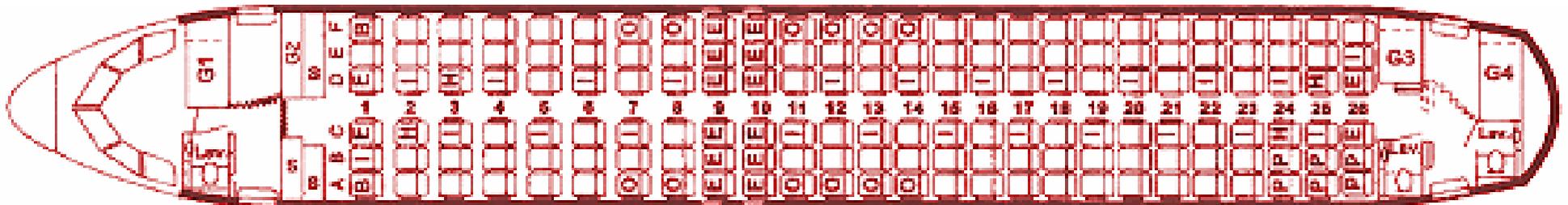
- heuristisch *für relativ flaches Wissen*
- kausal *für flaches oder tiefes Wissen*
- fallbasiert (Ähnlichkeitsmaß, Neuronale Netze, Data Mining) *für sehr flaches Wissen*

Anwendungen für Wissensbasierte Systeme

- **Diagnose**
- **Konfiguration**
- **Informations- und Beratungssysteme**
 - **Reisebuchung** siehe *Wissensbasierte Systeme*, Vorlesung 6, FH Deggendorf, 2004
- **Entscheidungsunterstützung**
 - **Kreditbewertung** siehe *Wissensbasierte Systeme*, Vorlesungen 3 und 5, FH Deggendorf, 2004
 - **Produktionsplanung** siehe *Wissensbasierte Systeme*, Vorlesung 7, FH Deggendorf, 2004
 - **Betriebswirtschaftliches Controlling**
siehe *Wissensbasierte Systeme*, Vorlesung 8, FH Deggendorf, 2004

Bsp. für Konfiguration

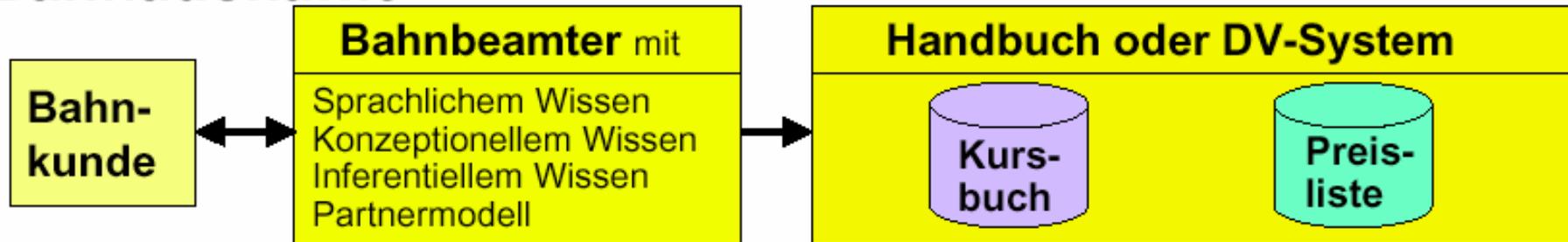
Kabinenlayout für Passagierflugzeuge



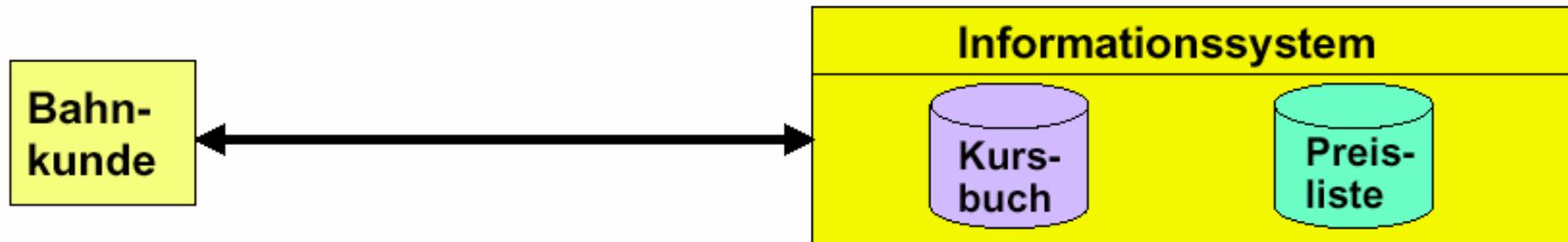
Platzierung der Kabineneinrichtung (Sitze, Küchen, Toiletten, etc.) unter Berücksichtigung von:

- Kundenwünschen
- Technischen Möglichkeiten
- Legalen Beschränkungen
- Optimalitätskriterien

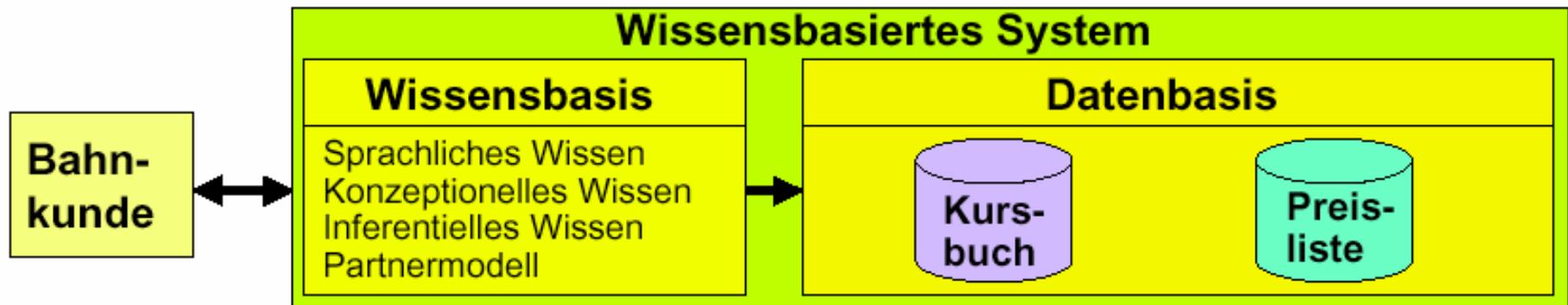
Datenverarbeitung vs. Wissensverarbeitung am Beispiel Bahnauskunft



Klassische Auskunftssituation ggf. mit DV-Einsatz zur Unterstützung des Beraters



Minderung der Dienstleistungsqualität bei Rationalisierung durch konventionellen DV-Einsatz



Vervielfachung der Beratungskapazität ohne Qualitätsverlust bei der Dienstleistung durch die Kombination von Wissens- und Datenverarbeitung

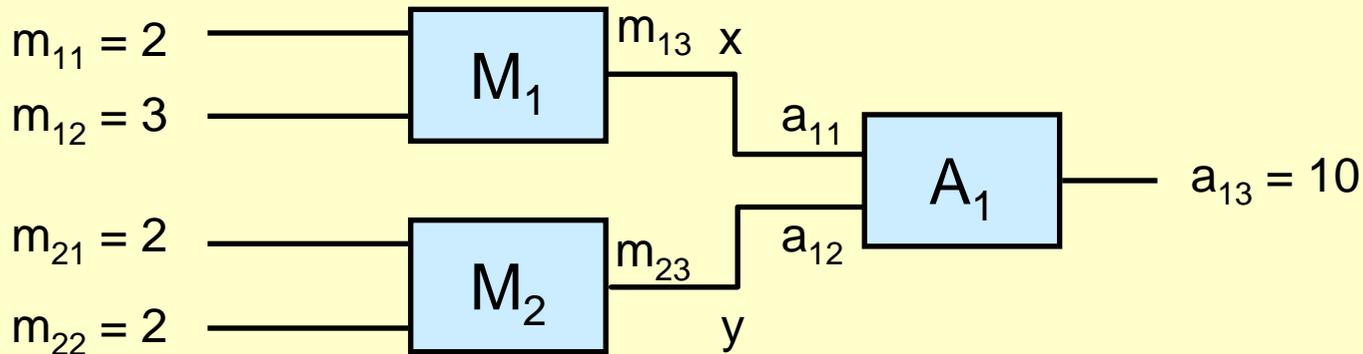
© Wolfgang Wahlster

Wissensbasierte Systeme

1. Motivation
2. Prinzipien und Anwendungen
- 3. Logische Grundlagen
4. Suchstrategien
5. Symptombasierte Diagnose
6. Modellbasierte Diagnose
 - Kandidatengenerierung
 - Konfliktgenerierung
 - Wertpropagierung
 - Gesamtarchitektur
 - Komponentenmodellierung
7. Weitere Wissensrepräsentationsformen
8. Bewertung wissensbasierter Systeme

Ein vereinfachtes Diagnose-Beispiel

Systemstruktur



Komponentenmodelle

- Multiplizierer M_i : $x_i = 1 \Rightarrow m_{i3} = m_{i1} * m_{i2}$; $x_i = 1 \vee x_i = 0$
- Addierer A_i : $x_i = 1 \Rightarrow a_{i3} = a_{i1} + a_{i2}$; $x_i = 1 \vee x_i = 0$

Wdh.-Frage: In welcher Form braucht man die Constraints für das GDE-Prinzip ?

Neue Aufgabe: Beschreibe das Diagnoseproblem mit einer aussagenlogischen Formel !

Wdh.: Aussagenlogik

Was ist eine Aussage ?

- **Eine Aussage ist ein beliebiges Objekt.**
- **In der Aussagenlogik sind Aussagen unteilbar.**
 - Wegen der Unteilbarkeit heißen Aussagen auch *Atome*
 - Da sie wegen der Unteilbarkeit sinnvollerweise mit Buchstaben abgekürzt werden, nennt man Aussagen auch *Literale*

Was ist ein Wahrheitswert ?

- **Ein Wahrheitswert ist ein Element aus einer zweielementigen Menge (z.B. dargestellt als $\{w, f\}$).**

Was macht die Aussagenlogik ?

- **Die Aussagenlogik beschäftigt sich mit Funktionen, die jeder Aussage einen Wahrheitswert zuordnen.**
 - Solche Funktionen heißen *binäre Funktionen*

Wdh.: Aussagenlogische Verknüpfungen

Einstelliger Operator:

- Negation (\neg)

Zweistellige Operatoren:

- Konjunktion (\wedge), Disjunktion (\vee), Implikation (\rightarrow), Äquivalenz (\leftrightarrow)

| p | q | $\neg p$ | $p \wedge q$ | $p \vee q$ | $p \rightarrow q$ | $p \leftrightarrow q$ |
|---|---|----------|--------------|------------|-------------------|-----------------------|
| w | w | f | w | w | w | w |
| w | f | f | f | w | f | f |
| f | w | w | f | w | w | f |
| f | f | w | f | f | w | w |

Syntaktische Ersetzungsregeln:

$$p \rightarrow q \Leftrightarrow \neg p \vee q$$

Ersetzen der Implikation durch \neg und \vee

$$p \leftrightarrow q \Leftrightarrow (p \rightarrow q) \wedge (q \rightarrow p)$$

Ersetzen der Äquivalenz durch Implikationen

$$\neg(p \wedge q) \Leftrightarrow \neg p \vee \neg q$$

$$\neg\neg p \Leftrightarrow p$$

$$\neg(p \vee q) \Leftrightarrow \neg p \wedge \neg q$$

deMorgansche Regeln

Doppelte Negation

Folgerung aus den Ersetzungsregeln:

- Für die Darstellung jeder logischen Verknüpfung reichen die Operatoren \neg , \wedge und \vee aus !
- Man kann sogar auf einen dieser 3 Operatoren verzichten !
(auf welchen ?)

Wdh.: Aussagenlogische Formeln

- Eine aussagenlogische **Formel** ist eine Verknüpfung von endlich vielen Literalen mit aussagenlogischen Operatoren.
 - Die Literale sind als Variable aufzufassen, die genau einen von 2 Werten annehmen können
 - Eine **Belegung einer Formel** ist eine Zuweisung von Wahrheitswerten an die Literale derart, dass dieselben Literale immer denselben Wahrheitswert erhalten.
 - Eine Formel heißt **erfüllbar**, wenn es eine Belegung gibt derart, dass die Formel wahr ist.
 - Das Erfüllbarkeitsproblem ist in der Aussagenlogik immer lösbar, da man alle (endlich vielen) Belegungsmöglichkeiten der Variablen nur nacheinander auszuprobieren braucht.
 - Leider dauert das Lösen durch Ausprobieren sehr lange (exponentiell in der Anzahl der Variablen). Es ist bis heute kein effizienterer Algorithmus bekannt.
- Das Problem ist NP-vollständig !***

Aussagenlogik als Beschreibungssprache

Nach dieser Wiederholung wissen wir, wie das Diagnoseproblem als aussagenlogisches Problem formuliert werden kann:

Warum sollten wir das Diagnoseproblem als aussagenlogisches Problem formulieren ?

- Wegen der allgemeingültigen und international einheitlichen Ausdrucksmöglichkeit
- Um das Diagnoseproblem mit einem allgemeinen aussagenlogischen Inferenzmechanismus zu lösen

Das ist der klassische KI-Ansatz zur Realisierung wissensbasierter Systeme !

Logische Programmiersprachen

Es gibt allgemeine Algorithmen, die jedes aussagenlogisch formulierte Problem lösen.

→ Logisches Programmieren reduziert sich auf das Formulieren des Problems in einer logischen Beschreibungssprache.

😊 • Damit steht ein allgemeingültiges Problemlösungsverfahren zur Verfügung.

😞 • Die Formulierung der Eingabe ist nur mit Übung zu bewältigen.
• Die Lösung kann sehr ineffizient sein.

Hilfstechnik zur Beschleunigung des Verfahrens:

😐 → Resolution

$$(p \vee q) \wedge (r \vee \neg q) \Rightarrow (p \vee r)$$

Resolventenbildung

😞 • Im ungünstigen Fall bringt das gegenüber Ausprobieren keine Verbesserung.
• Es gibt viele Probleme, die sich aussagenlogisch gar nicht formulieren lassen.

Bsp. für die mangelnde Ausdruckskraft der Aussagenlogik

In der Aussagenlogik haben alle Formeln nur zwei mögliche Werte für die Variablen.

Formeln mit Variablen, die einen unendlichen Wertebereich haben, sind also nicht enthalten.

- Anm.: Für solche Formeln versagt die Methode des Ausprobierens aller Möglichkeiten.

Bsp.: Finde $x, y \in \mathbf{R}$ mit folgenden Eigenschaften:

$$(2 < x < 4) \wedge (0 < y < 6) \wedge (x + y > 7) \wedge (x \cdot y < 10)$$

Kommen solche Probleme bei wissensbasierten Systemen überhaupt vor ?

Ja, sehr oft !

Wdh.: Prädikatenlogik

Die Prädikatenlogik (1. Stufe) erweitert die Aussagenlogik um folgende Elemente:

- **Prädikate**
 - Aussagen, die von Variablen abhängen
(wenn es von k Variablen abhängt,
dann heißt das Prädikat k -stellig)
- **Variable**
 - entsprechen den Literalen der Aussagenlogik,
können aber beliebig viele Werte annehmen
- **Funktionen**
 - eindeutige Zuordnungen, die von Variablen abhängen
(wenn sie von k Variablen abhängt,
dann heißt die Funktion k -stellig)
 - 0-stellige Funktionen sind Konstante
- **Quantoren**
 - Existenzquantor (\exists) und Allquantor (\forall)
 - Quantoren werden nur auf Variablen angewendet (sonst nicht 1. Stufe)

Wdh.: Prädikatenlogische Formeln

- Eine prädikatenlogische **Formel** ist eine Verknüpfung von endlich vielen Variablen, Funktionen und Prädikaten mit aussagenlogischen Operatoren oder Quantoren, die sich nur auf Variable beziehen.

Bsp.: $\forall x (R(y, z) \wedge \exists y (\neg P(y, x) \vee R(y, z)))$

Grüne Vorkommen von y und z sind **frei**.

Rote Vorkommen von x , y und z sind **gebunden**.

Geschlossene Formeln:

Formeln, die keine freien Variablen enthalten.

Offene Formeln:

Formeln, die keine gebundenen Variablen enthalten.

Substitution:

$\varphi [x/t]$ bezeichnet diejenige Formel, die aus φ entsteht, wenn alle freien Vorkommen von x durch t ersetzt werden.

Wdh.: Prädikatenlogische Formeln

- Eine **Belegung einer Formel** ist eine Zuweisung von *Werten aus festgelegten Definitionsbereichen an die freien Variablen* derart, dass dieselben Variablen immer denselben Wert erhalten.
- Eine Formel heißt **erfüllbar**, wenn es eine Belegung gibt derart, dass die Formel wahr ist.
 - Das Erfüllbarkeitsproblem ist in der Prädikatenlogik **nicht entscheidbar**, d.h. kein Algorithmus kann jemals in der Lage sein, von jeder Formel zu entscheiden, ob sie erfüllbar ist oder nicht.

Das allgemeine Problem ist unlösbar !

Gibt es dennoch einen Ausweg ?

Ja, löse ein spezielleres Problem !

***Beim nächsten Mal:
Logisches Programmieren für die Prädikatenlogik
Suchstrategien***