

# h\_da



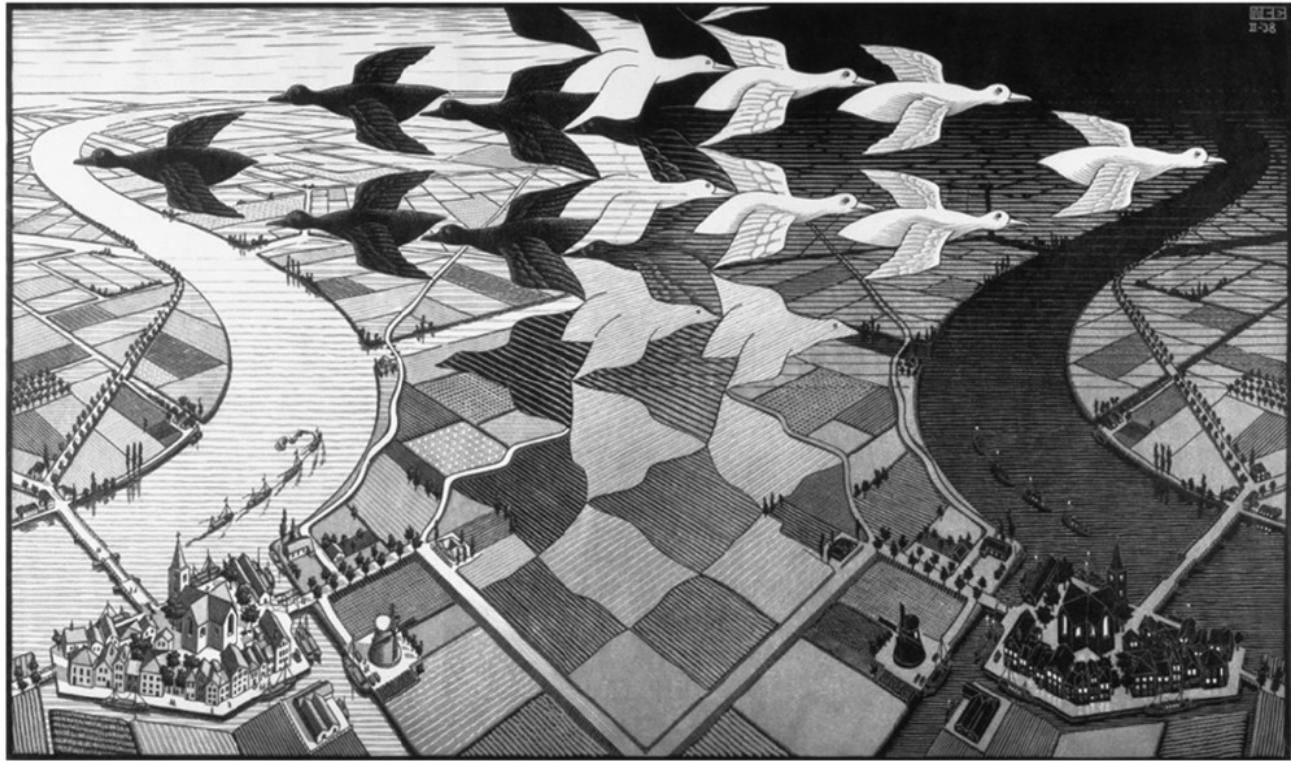
HOCHSCHULE DARMSTADT  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Wissens- basierte Diagnostik

Kap. 10:  
Modellbasierte Diagnose  
Teil 1

Dr. N. Waleschkowski  
Fachbereich Informatik

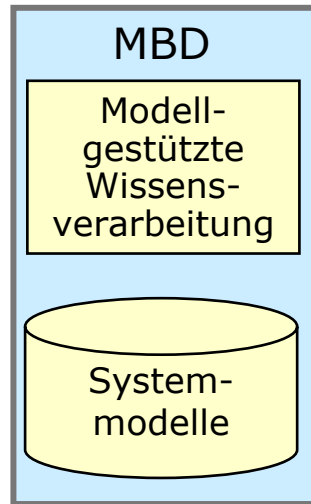
Vorl. Master-Studiengang  
Wintersemester 2009/10



M.C. Escher: Tag und Nacht

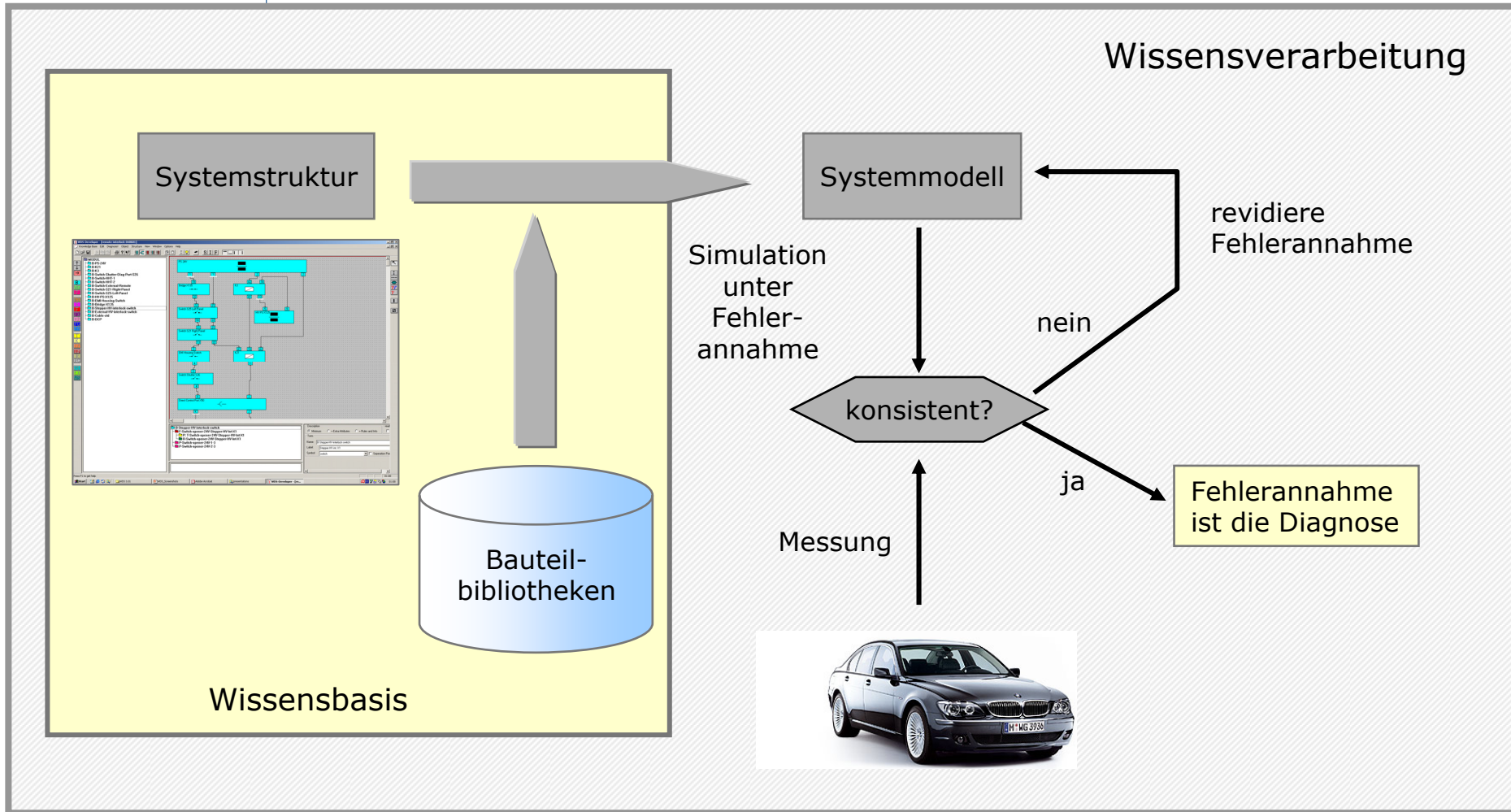
## Diagnosestrategie: Die modellbasierte Diagnose

### ■ Ideen und Motive:



- ◆ Ersetze Erfahrungswissen durch Modelle der zu diagnostizierenden Systeme
- ◆ Objektive Modelle, unabhängig nutzbar von Diagnoseaufgaben
- ◆ MBD kann einige Probleme heuristischer Ansätze lösen
- ◆ Schlagworte:
  - „tiefes“ Wissen
  - Schließen „from first principles“
  - modellbasiert

## Prinzip der modellbasierten Diagnose



## Diagnose auf der Grundlage von Modellen des Normalverhaltens

- Anlass und Ausgangspunkt der modellbasierten Diagnose (MBD) ist eine signifikante, beobachtbare Abweichung des beobachteten Systems vom erwarteten Normalverhalten.
- Dazu wird ein Modell des Normalverhaltens benötigt.
- Stimmen alle aktuellen Beobachtungen mit diesem Modell überein, so liegt – zumindest offensichtlich – kein Fehlverhalten vor.
- Anmerkung: Fehlverhalten kann nur positiv bestätigt werden. Liegt keine Beobachtung von Fehlverhalten vor, kann man nicht automatisch schließen, dass das System fehlerhaft ist.
- Für die MBD werden benötigt:
  - ◆ Ein Modell des Normalverhaltens; alle Abweichungen davon sind Fehler. Die möglichen Fehler müssen also nicht explizit modelliert werden.
  - ◆ Die Beschreibung des Systemverhaltens bezieht sich auf die einzelnen Komponenten (Bauteile) des beobachteten Systems. Dadurch lassen sich die fehlerhaften Komponenten bestimmen.
- Es werden also (kontextunabhängige) Komponentenbibliotheken benötigt. Auf dieser Grundlage soll Vollständigkeit in bezug auf die diagnostizierbaren Komponentenfehler erreicht werden.

## Kritik an herkömmlichen Diagnosemodellen

- Fehler und Symptome müssen explizit modelliert sein.
- Sie müssen außerdem vorher (vor der Diagnose) bekannt sein.
- Die Beziehungen zwischen den Fehlern müssen ebenfalls bekannt sein.
- Bevor Fehler überhaupt modelliert werden können, müssen diese schon einmal aufgetreten sein.
- Wie behandelt man Mehrfachfehler?
- ...

## Logische Diagnosetheorien

- Wenn sich die Struktur eines technischen System nicht geändert hat - etwa durch einen Unfall - so kann man schließen, dass eine oder mehrere Komponenten nicht korrekt funktionieren, wenn ein Fehlverhalten auftritt.
- Eine Komponente  $c$  kann sich in einem von mehreren Verhaltens- oder Fehlermodi befinden:
  - ◆  $\text{mode}(c) \in \text{modes}(c)$ .
- Mindestens ein Modus repräsentiert das korrekte Verhalten von  $c$ :
  - ◆  $\text{ok}(c) \in \text{modes}(c)$ .
- Im einfachsten Fall gibt es mindestens einen anderen Modus für das anomale Verhalten:
  - ◆  $\text{ab}(c) \in \text{modes}(c)$ .
- Gibt es zu einem Modus ein Verhaltensmodell, so ist es logisch mit diesem verbunden:
  - ◆  $\text{ok}(c) \rightarrow [ \text{input}(c) = x \rightarrow \text{output}(c) = f(x) ]$ .
- Das Systemmodell  $SM$  enthält alle diese Implikationen sowie Informationen über die Struktur des beobachteten Systems.

Eine Komponenten hat somit mindestens 2 Modi:

- ok (Komponente i.O.)

-ab (Komponente fehlerhaft, anomal)

## Logische Diagnosetheorien (2)

- Eine Moduzuweisung  $P$  an alle Komponenten ist bei vorliegenden Beobachtungen  $BEO$  genau dann eine (konsistenzbasierte) Diagnose, wenn
  - ◆ sie jeder Komponente  $c$  genau einen Modus aus  $modes(c)$  zuordnet &
  - ◆  $SM \cup BEO \cup P$  erfüllbar ist.
- Damit wird verlangt, dass eine Diagnose im Sinne der Logik erfüllbar (konsistent) mit den Beobachtungen ist.
- Abduktive Diagnosen fordern, dass die Diagnosen erklärt, also abgeleitet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Menge der Beobachtungen  $BEO$  in disjunkte Teilmengen  $INPUTS$  und  $OUTPUTS$  zerlegt werden kann, so dass Modelle eine kausale Richtung bekommen:
  - ◆  $BEO = INPUTS \cup OUTPUTS$ .
- Eine abduktive Diagnose ist definiert als Moduzuweisung  $P$  mit
  - ◆  $SM \cup INPUTS \cup P$  ist erfüllbar und
  - ◆  $SM \cup INPUTS \cup P \models OUTPUTS$ . ( $SM \cup INPUTS \cup P$  ist ein Modell von Outputs)
- Eine (abduktive oder konsistenzbasierte) Diagnose heißt minimal, wenn die Menge der als fehlerhaft angenommenen Komponenten minimal bzgl. der Mengeninklusion ist.

## Logische Diagnosetheorien (3)

- Bei  $n$  Komponenten mit jeweils  $k$  verschiedenen Modi gibt es  $k^n$  mögliche Kombinationen von Moduzuweisungen.
- Damit stellt sich die Frage, welche von diesen tatsächlich minimale Diagnosen darstellen.
- Hier gibt es verschiedene Verfahren der Behandlung, z.B.
  - ◆ Primimplikation (für 2 Modi)
  - ◆ Defaultlogik (für mehr als 2 Modi)
- Damit ist das Diagnoseproblem als logisches Problem formuliert und kann entsprechend untersucht werden.

## Realisierung modellbasierter Diagnosesysteme (1)

- Wenn eine Moduzuweisung  $P$  zu Diskrepanzen zwischen erwartetem und beobachtetem Verhalten führt, dann ist  $SM \cup BEO \cup P$  nicht erfüllbar.
- I.d.R. reicht bereits eine partielle Moduzuweisung  $P_k \subset P$  aus, um diese Situation herzustellen, d.h.  $SM \cup BEO \cup P_k$  ist nicht erfüllbar.
- Solche Moduzuweisungen nennt man Konflikte. Die minimalen Konflikte sind solche, bei denen sich eine der Komponenten nicht im angegebenen Modus befindet.
- Auf dieser Grundlage lassen sich nun Diagnosekandidaten generieren, die die Konflikte berücksichtigen.

## Realisierung modellbasierter Diagnosesysteme (2)

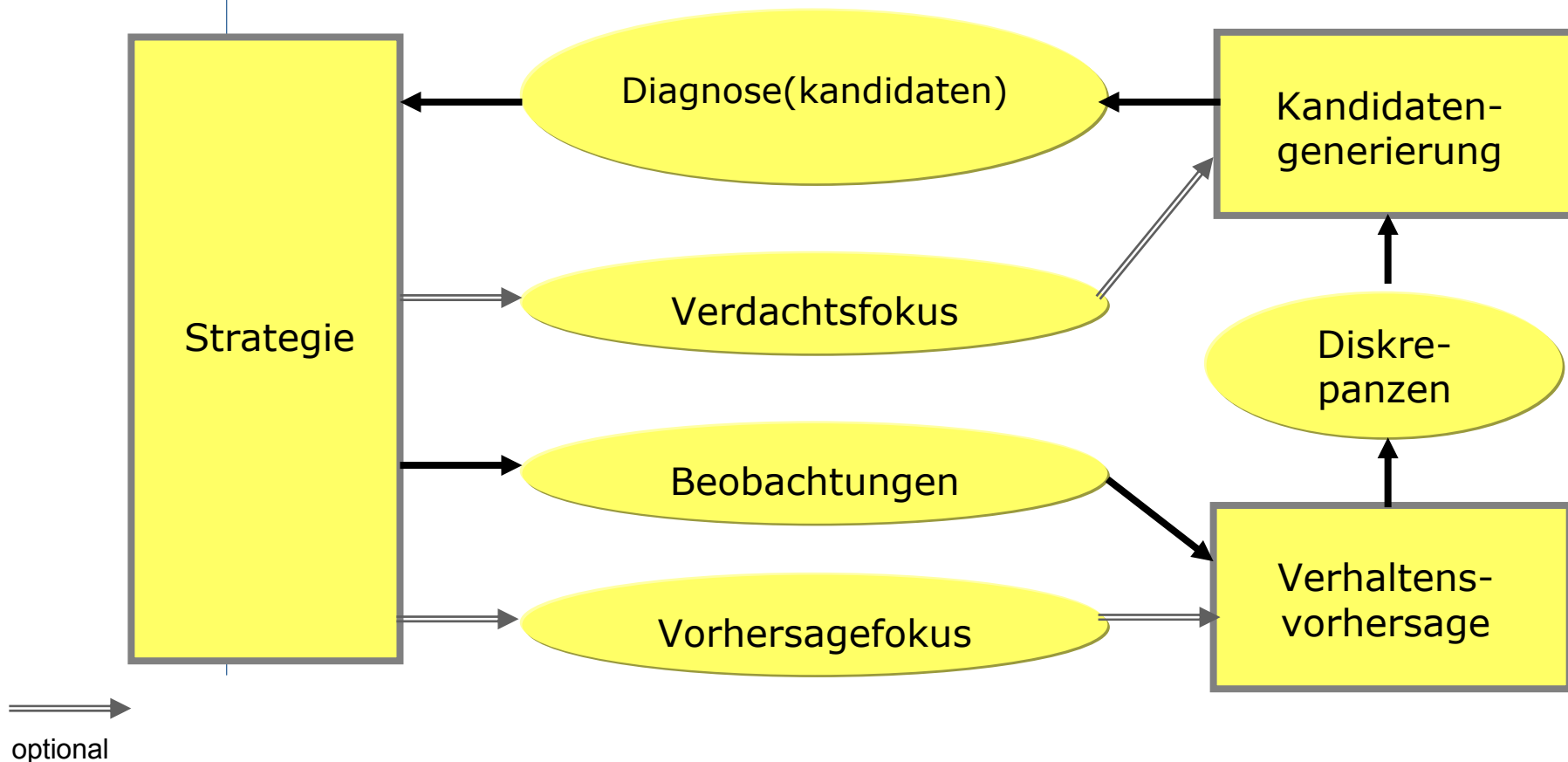
- Beispiel: In einem System befinden sich die Komponenten A, B und C, die alle jeweils nur mit den beiden Modi „ok“ und „ab“ modelliert wurden.
- Es wurden zwei minimale Konflikte gefunden:  
 $\{ \text{ok}(A), \text{ok}(B) \}$  und  $\{ \text{ok}(B), \text{ok}(C) \}$
- Die dazugehörigen minimalen Kandidaten sind  
 $\{ \text{ab}(A), \text{ok}(B), \text{ab}(C) \}$  und  $\{ \text{ok}(A), \text{ab}(B), \text{ok}(C) \}$
- Es ist also entweder B defekt, oder es sind sowohl A als auch C defekt. Alle weiteren Erklärungsmöglichkeiten nehmen unnötigerweise zusätzliche Fehler an.
- Diese Diagnosekandidaten sind anschließend dem Konsistenztest zu unterziehen. Es ist also zu prüfen, ob
  - ◆  $SM \cup \text{BEO} \cup \{ \text{ab}(A), \text{ok}(B), \text{ab}(C) \}$  und
  - ◆  $SM \cup \text{BEO} \cup \{ \text{ok}(A), \text{ab}(B), \text{ok}(C) \}$erfüllbar sind.
- Wenn zusätzlich Wissen über das Fehlerverhalten einer Komponente modelliert werden kann, können weitere Diskrepanzen und Konflikte gefunden und untersucht werden.

## Realisierung modellbasierter Diagnosesysteme (3)

- Wenn schließlich die minimalen, konsistenten Diagnosekandidaten bestimmt sind, kann durch weitere Beobachtungen (Erweiterung der Menge BEO) zwischen den Diagnosen diskriminiert werden.
- Dieses Vorgehen bildet das Gerüst für unterschiedliche Ausprägungen von Diagnosealgorithmen.
- Beobachtungen / Vorhersagen
  - Diskrepanzen
  - Konflikte
  - Kandidaten

## Realisierung modellbasierter Diagnosesysteme (4)

- So verschiedenartig modellbasierte Diagnosesysteme auch aussehen mögen, so können sie doch alle unter einer einheitlichen Systematik verstanden werden, die wie folgt dargestellt werden kann:



## Realisierung modellbasierter Diagnosesysteme (5)

- Aufgrund von Beobachtungen werden Verhaltensvorhersagen erzeugt, von denen einige zu Diskrepanzen führen können. Darauf gründet sich die Kandidatengenerierung.
- Unabdingbar ist die Modellierung des Normalverhaltens. Daher kommt auch die Fähigkeit, unbekannte Fehler zu lokalisieren.
- Als sehr nützlich hat sich die Nutzung von zusätzlichem Wissen über die Fehlermodi erwiesen.
- Der Archetyp aller dieser Ansätze ist die GDE (General Diagnostic Engine) [J. de Kleer; B.C. Williams: Diagnosing Multiple Faults. Artificial Intelligence, 32: 97 – 130, 1987]
- Erweiterungen finden sich z.B. in
  - ◆ Sherlock [siehe J. de Kleer; B.C. Williams: Diagnosis with Behavioral Models. In: Proceedings of the International Joint Conference on Artificial intelligence (IJCAI); pp. 1324-1330, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA, 1989]
  - ◆ GDE+ [siehe P. Struss; O. Dressler: Physical Negation – Integrating Fault Models into the General Diagnostic Engine. In: Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI); pp. 1318-1323, Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA, 1989]