

Wissensrepräsentation

–

Christopher Habel, Hedda Schmidtké
Sommersemester 2004

Sitzung 5: Regeln: Logik und Produktionssysteme

- Logik für die Wissensverarbeitung (Zusammenfassung)
- Produktionssysteme
 - STRIPS
 - OPS 5

Regeltypen (2)

Produktionsregeln: Aktionen auf der Wissensbasis

- Wenn A (wahr ist), dann füge B in die Wissensbasis ein.
- Wenn (du) A (ausführst), dann füge B in die Wissensbasis ein.

Negation ?

- Wenn A (wahr ist), dann lösche C aus der Wissensbasis.
 - Wenn (du) A (ausführst), dann lösche C aus der Wissensbasis
- Beispiele: STRIPS, OPS5

Regeltypen: Wenn A, dann B.

Rein Repräsentations- / Wahrheitsbezogen

- Wenn A (wahr ist), dann (ist) B (wahr).
 - Wenn (du an) A (glaubst), dann (mußt du) B (glauben).
- Logik

Aktionsbezogen: Dynamic view of rules (B&L)

- Wenn A (wahr ist), dann (führe) B (aus).
 - Wenn (du) A (glaubst), dann (führe) B (aus).
- Handlungskontrolle / Planung

Zielbezogen

- Wenn (du) A (erreichst), dann (erreichst du auch) B.
- Handlungskontrolle / Planung

Aktionsauswahl und Logik

Probleme

- Prädikatenlogik erster Stufe ist semi-entscheidbar
- Selbst in der Aussagenlogik kann ein Beweis sehr aufwendig sein
- Beweisverfahren können die Struktur der Welt nicht nutzen

Lösungen

- Aufwandsbeschränkungen bei den Beweisen
- Einschränkung der Sprache
 - (Teilmenge der Prädikatenlogischen Sprache)
- spezifischere Verfahren, die die Struktur des Problemraums nutzen können

Produktionssysteme

Grundprinzip

- Arbeitsspeicher: Fakten
- Problem, partielle Lösung, ...
- Hintergrundwissen: Bedingungs-Aktions-Regeln (Produktionen)
 - Linke Seite: LHS: Bedingungen
 - Rechte Seite: RHS: Aktionen

Recognize-Act-Zyklus

- 1) Stelle fest, welche LHS durch den aktuellen Zustand des Arbeitsspeichers erfüllt wird.
- 2) Wähle eine der zugehörigen Produktionen aus.
- 3) Führe die Aktionen der entsprechenden RHS aus.
- 4) Weiter bei 1)

Produktionssysteme: STRIPS (1971)

Anwendung

- Planung, Modellierung von Roboteraktionen

Arbeitsspeicher (Fakten)

- Atomare (geschlossene) Formeln der Prädikatenlogik
 - CLEAR(B), ON(B, C), HANDEMPY

Produktionsspeicher

- Name: pickup(x)
- LHS: **preconditions**: Konjunktion von atomaren Formeln
 - ONTABLE(x) \wedge HANDEMPY \wedge CLEAR(x)
- RHS: **Delete** list: atomare Formeln:
 - ONTABLE(x), HANDEMPY, CLEAR(x)
- RHS: **Add** formula: atomare Formel: HOLDING(x)

(Korrekte) Inferenzregel in der Logik

Beispiele

Modus Ponens $\frac{A, A \Rightarrow B}{B}$

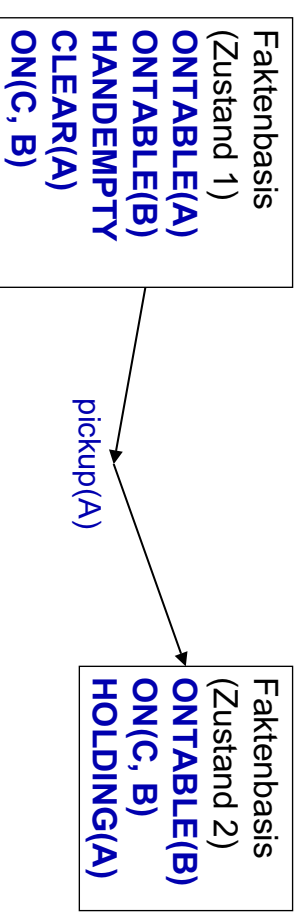
Modus Tollens $\frac{-B, A \Rightarrow B}{-A}$

Konjunktionslöschung $\frac{A \wedge B}{A}$

Verwendung

- Legitimation von Beweisschritten
 - Beweis konstruktion
- vgl. Aktionen auf der Wissensbasis

Beispiel: Produktionsausführung in STRIPS



- Die Zustände 1 und 2 der Faktenbasis repräsentieren verschiedene Situationen
- Es besteht keine (einfache) logische Folgerungsbeziehung.

Produktionssysteme: STRIPS (1971)

Arbeitsspeicher (Fakten)

- stark eingeschränkte Syntax (gegenüber Logik)
- Dynamik des Inhalts: implizites Zeitmodell

Produktionsstruktur

- Ebenfalls sehr eingeschränkte Syntax
- (keine Negation im Bedingungssteil)
- RHS-Listen drücken aus, worin sich die Nachfolgesituation (einer Aktion) von der vorhergehenden unterscheidet

Anwendung

- Produktion beschreibt Handlung
- Planung, Modellierung von Roboteraktionen in einer statischen Umwelt

Produktionssysteme: OPS5 (1981)

Anwendung

- Expertensysteme (Konfiguration)

Arbeitsspeicher (Fakten)

- Merkmalslisten

- (person ^name Maier ^alter 18 ^beruf Student)
- (Typ ^Attribut1 Wert1 ^Attribut2 Wert2 ...)
- (zelle ^l-grad 1 ^b-grad 1 ^sicher ja ^luftzug nein ...)

- Typ, Attribute und Werte sind Symbole
- Wert kann unspezifiziert (nil) oder vollspezifiziert sein.
- Dubletten sind möglich.
- Zeitstempel (letzte Änderung).

OPSS-Produktion

LHS

- Liste von Merkmalsmustern
- alle außer dem ersten können negiert sein
- Werte können in verschiedener Weise beschränkt werden.
- Werte und positive Merkmalsmuster können durch Variablen referenzierbar gemacht werden.
- LHS wird erfüllt, wenn es zu den nicht-negierten Mustern eine passende Merkmalsliste gibt und es zu den negierten Mustern kein passendes Element gibt.
 - (person ^name <Y> ^alter >17)
 - (person ^name <Y> ^alter <17)
- (Es gibt eine Person, die älter als 17 ist und keine mit demselben Namen, die jünger als 17 ist.)

OPSS-Produktionen

RHS-Aktionen

- Änderung des Arbeitsspeichers:
MAKE, REMOVE, MODIFY (= REMOVE + MAKE)
- Ergänzung des Produktionsspeicher:
BUILD
- Ablaufkontrolle: **HALT**
- Variablenspezifikation, Ein-/Ausgabe, Dateimanipulationen

Beispiel: OPS5-Produktion

```
(P alter_bei_geburtstag_erhoehen
 (person ^nname <Y> ^alter <Z>)
 (birthday ^nname <Y>))
--> (MODIFY 1 ^alter (COMPUTE <Z>+1))
(REMOVE 2) )

(P exploreiere_sichere_nachbarzelle_nord
 (agent ^l-grad <L> ^b-grad <B> ^ausrichtung nord)
 (zelle ^l-grad <L> ^b-grad <B>+1 ^sicher ja ^besucht nein)
--> (WRITE ,Ich gehe geradeaus, nach Norden')
 (MODIFY 1 ^b-grad <B>+1)
 (MODIFY 2 ^besucht ja) )
```

Produktionssysteme

How many days are there in a year?

- Ein einfaches, überschaubares Produktionssystem

- Keine Konflikte
- nur zwei Regelanwendungen bis zur Lösung

Behauptete Vorzüge von Produktionssystemen

- Modularität
- Jede Produktion ist von anderen unabhängig
- Transparenz
- Produktionen sind einfach in NL übersetzbar
- Systemverhalten ist Sequenz von Regelanwendungen

How many days are there in a year?

```
Start with: (year ^nr n ^status want-days)
End with: (year ^nr n ^status know-days ^days m)
Rules
(P r1 (year ^nr n ^status want-days ^mod4 nil)
-->(MODIFY 1 ^mod4 (n mod 4) ^mod100 (n mod 100)
^mod400 (n mod 400))) )
(P r2 (year ^status want-days ^mod400 0)
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 366) )
(P r3 (year ^status want-days ^mod100 0 ^mod400 {≠ 0})
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 365) )
(P r4 (year ^status want-days ^mod4 0 ^mod100 {≠ 0})
-->(MODIFY 1 ^status know-days ^days 366) )
(P r5 (year ^status want-days ^mod4 {≠ 0})
--> (MODIFY 1 ^status know-days ^days 365) )
```

Produktionssysteme: Anwendungen

Psychologische Modelle

- ACT-R; SOAR
- (OPS 5)

Expertensysteme

- MYCIN
- Erkennung/Klassifikation/Behandlung bakterieller Infektionen
- 500 Produktionen bei 100 Infektionsursachen
- Bewertung der Möglichen Diagnosen durch Zahlen
- R1 / XCON (basiert auf OPS 5)
- Konfiguration von Vax-Computern (DEC)
- 10.000 Produktionen für hunderte Komponententypen

Produktionssysteme: Explizite Kontrolle

Arbeitsspeicher

- Kontext-Elemente, die der Kontrolle dienen
- (context ^current-goal find-gold)
- (context ^current-goal leave-cage)

Produktionsspeicher

- Regeln zum Kontextwechsel
- (P (context ^current-goal <X>) --> (REMOVE 1))
- soll nicht ausgeführt werden, solange andere Regeln ausführbar sind.
- Andere Produktionen testen aktivierten Kontext.
- Teilziele werden durch Schaffung neuer Kontexte aktiviert.

Produktionssysteme: Konflikte

Regel-/Produktionsinstanz

- Regel + Arbeitsspeicherelemente, die die positiven Bedingungen der LHS erfüllen

Konfliktlösung

- erforderlich, wenn in jedem Recognize-Act-Zyklus nur eine aktivierte Regelinstanz zur Anwendung kommt
- Vorgegebene Ordnung der Produktionen
- Spezifität: Bevorzuge spezifischere Produktionen
 - Anzahl von Tests in der LHS
 - Anzahl von Arbeitsspeicherelementen
- Aktualität: Bevorzuge Instanzen mit neuen Arbeitsspeicherelementen
- Einmaligkeit: keine Instanz mehrfach verwenden
- Beliebigkeit, Willkür

Aufgabe: Wumpus-Produktionen

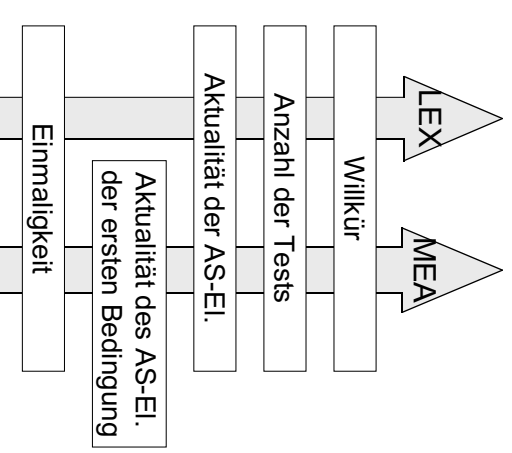
Diskussion der Aufgabe
in der 6. Sitzung: 26. April 2004

- Geben Sie OPS5-artige Produktionen für die Wumpus-Regeln (letzte Aufgabe oder eigene Kreationen) an.
- Welche Kontexte sind sinnvoll und welche Regeln können den einzelnen Kontexten zugeordnet werden?
- Welche Regeln können direkt in Produktionen umgesetzt werden?
- Welche Regeln restringieren die Übersetzung anderer Regeln in Produktionen?
- Was ist zu beachten, damit der Agent immer handlungsfähig bleibt?

Konfliktlösung: OPS5

Zwei Strategien

- LEX
 - generelle Prinzipien
 - lexikographische Ordnung
- MEA
 - spezifische Betrachtung des AS-Elements der ersten Bedingung
 - Kontextelemente: Ablaufkontrolle
 - Means Ends Analysis



Bestimmung aktiver Regelinstanzen

Ausgangsbedingung

- Regelmenge steht vor Programmstart (weitgehend) fest
→ Übersetzung in geeignete Struktur
- Faktenmenge (Arbeitsspeicher) wird während des Programmlaufs permanent geändert
- Jede RHS erzeugt / löscht eine vergleichsweise kleine Faktenmenge.
- Möglichst viel Information über Aktivierung sollte von einem Zyklus zum nächsten erhalten bleiben.
- OPS 5: Rete-Match-Algorithmus

OP5: LHS-Menge als Entscheidungsnetz

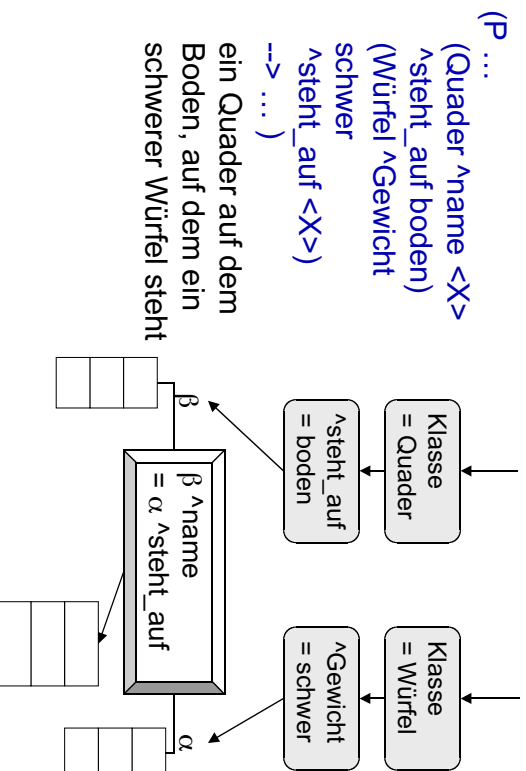
Struktur von OP55-LHS

- Konjunktion von positiven und negativen Merkmalsmustern
- Merkmalsmuster: Konjunktion von Einzel-Tests
- dieselben Merkmalsmuster können in verschiedenen Produktionen auftreten
- Merkmalsmuster können partiell übereinstimmen

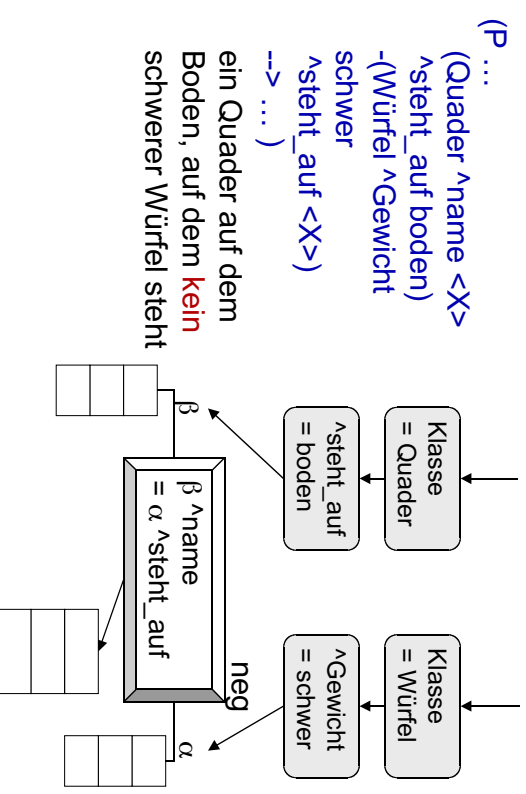
Erzeugter Entscheidungsnetz

- Einzeltests als Knoten (mit einem Eingang)
- Merkmalsmuster als Sequenz von Einer-Knoten
- Kombination von Merkmalsmustern durch Knoten mit zwei Eingängen (Zweier-Knoten)
- Speicher für AS-Elemente, die Bedingungen erfüllen

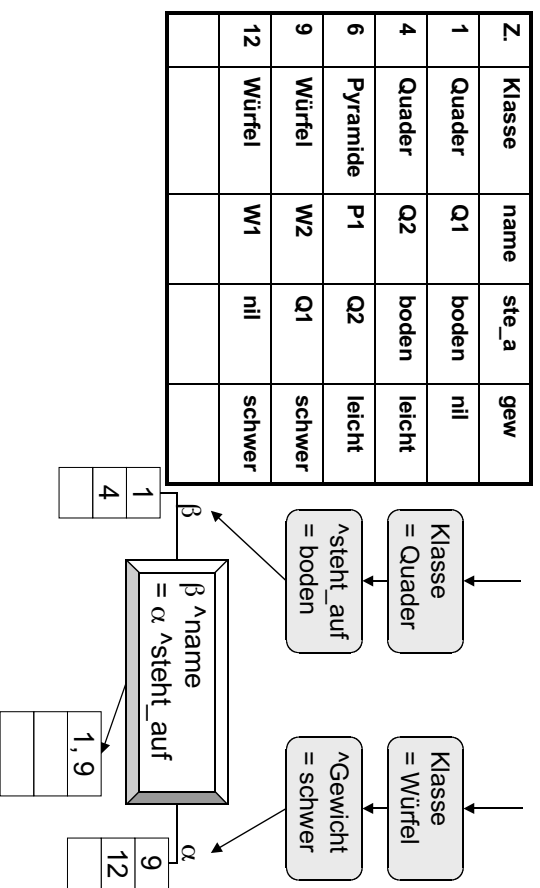
Beispiel: Merkmalsmuster und ihre Kombination



Beispiel (mit Negation)

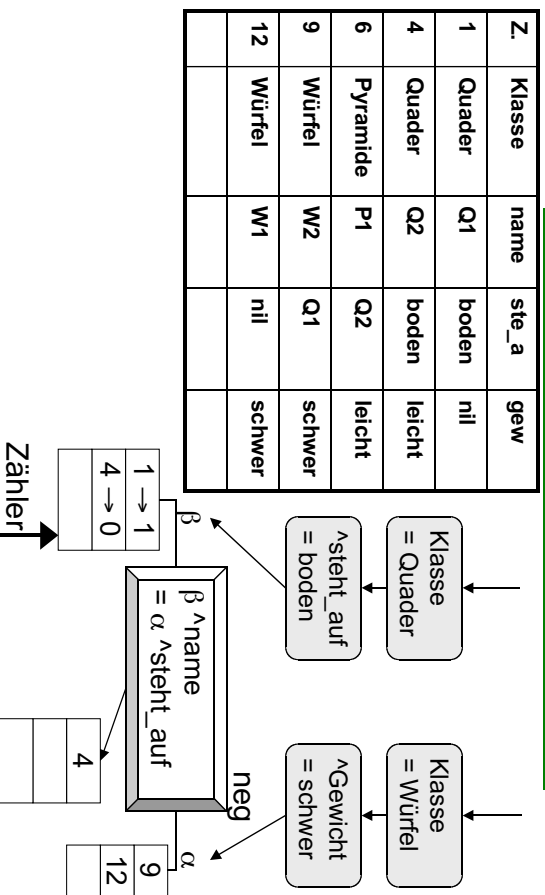


Beispiel: Internes Netz während Ausführung



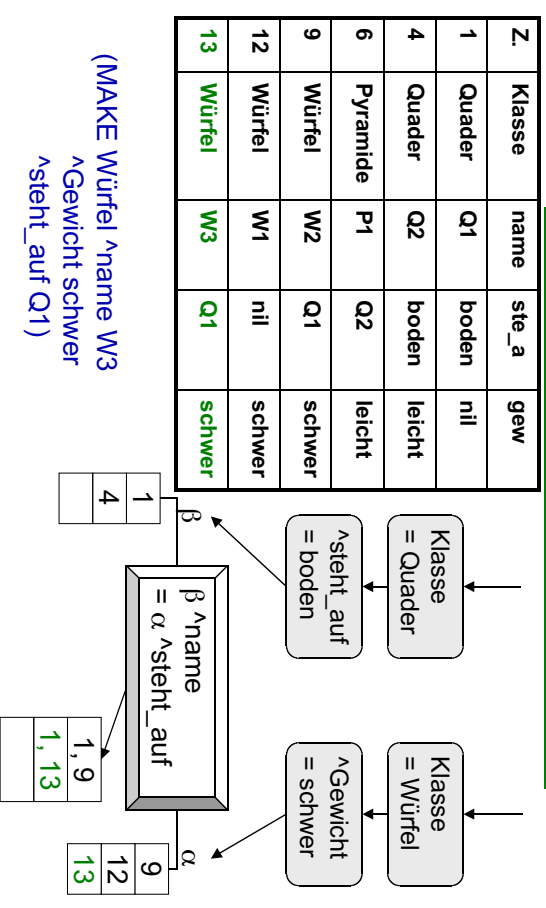
5 - 25

Beispiel (Negation): während der Ausführung



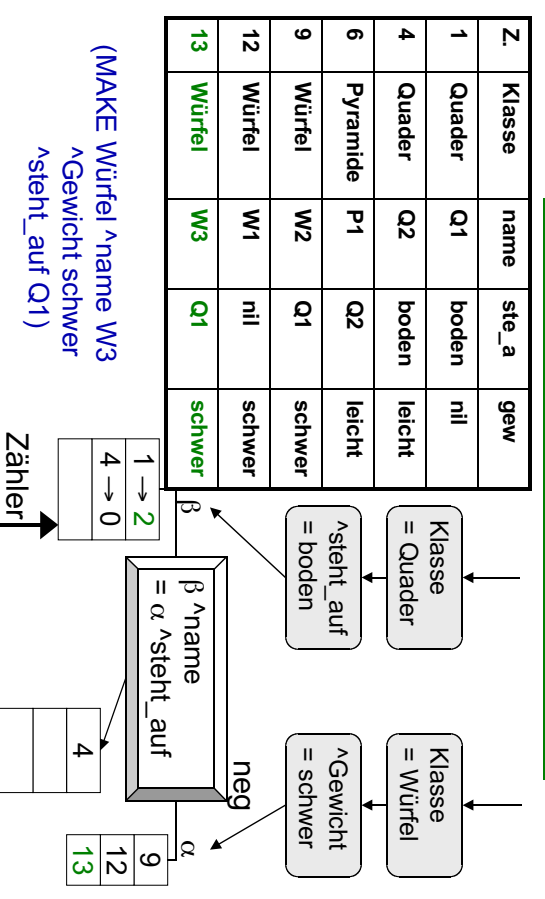
5 - 27

Beispiel: Ergänzung eines Faktums



5 - 26

Beispiel (Negation): Ergänzung eines Faktums



5 - 28

OPSS5: Interne Repräsentation der Produktionen

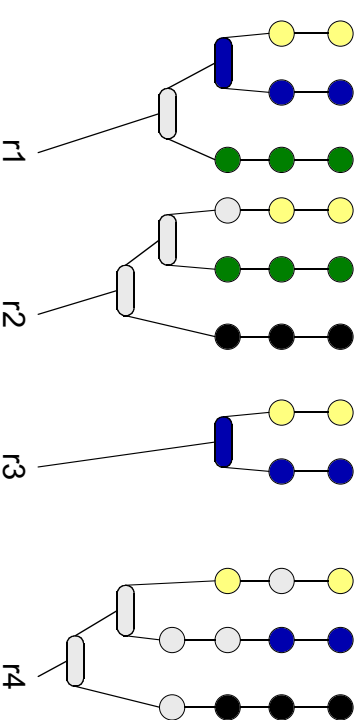
Einzelne Produktion

- Einfache Struktur der LHS einer Produktion
- Repräsentation durch einen Baum
- Abgleich mit Fakten von den Blättern zu der Wurzel

Mehrere Produktionen

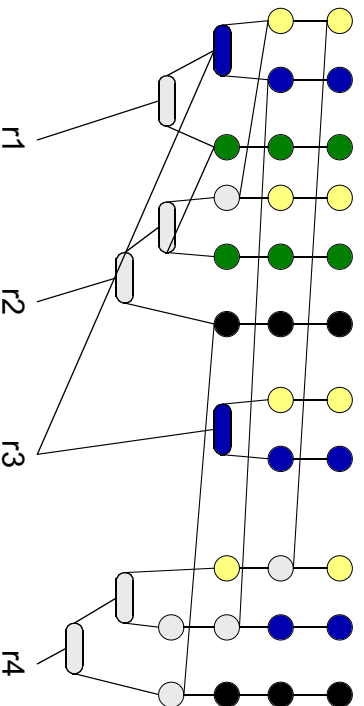
- Nutzung von Strukturellen Ähnlichkeiten der Einzelbäume
- Verschmelzung von Ästen

Beispiel: Vier Produktionen mit gemeinsamen Tests



31 Einzeltests
11 Einsteigsknoten
7 Kombinationsknoten

Beispiel: Vier Produktionen mit gemeinsamen Tests



16 Einzeltests
4 Einsteigsknoten
6 Kombinationsknoten

OPSS 5: Effizienzgewinn bei Konfliktmengenbestimmung

Zur Übersetzungszeit: Entscheidungsnetz

- Vermeidung Redundanter Tests
- durch Bestimmung und Nutzung struktureller Gemeinsamkeiten der LHS

Zur Laufzeit: Differenzbestimmung

- In jedem Durchlauf muss nur berechnet werden, was sich gegenüber dem letzten Durchlauf geändert hat
- Im allgemeinen günstig bei kleinen Änderungen des Arbeitsspeicher
- Aber: u.U. hoher Aufwand bei Kontextwechsel (MEA)

Repräsentationssprache: Symbole

Formale Anteile

- feststehende Interpretation
- (feststehende) Verarbeitung (durch Interpretier)
- logische Symbole
- (gebundene) Variablen
- epistemische Operatoren (Modal)

Verfügbare Anteile

- domänenspezifisch
- (W-Nachbar, in, Luftzug, A)
- freie Interpretation im gewählten Weltausschnitt
- restringiert durch Axiome (generelle Weltbeschreibung)

Formale Elemente der (Aussagen-)Logik

Syntaktische / Semantische Kategorie

frei verfügbarer Symbole

- Aussagen / Propositionen
- Wahrheitswert

logische Operatoren, feste Interpretation

- Konjunktion (Zusammenfassung)
- Disjunktion (Auswahl, Abdeckung, Unterbestimmtheit)
- Negation
- Implikation / Konditional (Bedingung, Unterordnung)
- Biimplikation / Gleichwertigkeit

Repräsentationssprache: Komplexe Ausdrücke

Grammatik

- Syntaktische Kategorien
- Prädikate, Relationssymbole
- Individuenrepräsentationen (Namen)
- Einbettung verfügbarer durch formale Symbole

Strukturiert

- Semantische Kategorien
- korrespondierend zu syntaktischen Kategorien
- Kompositionalität der Interpretation
- Semantische Beziehungen zwischen verfügbaren Symbolen
- Ausdruckbarkeit durch Kombination

Formale Elemente der Prädikatenlogik

Kategorien frei verfügbarer Symbole

- Terme
- Interpretation als Objekt
- Prädikate
- Interpretation als Eigenschaften, Relationen
- Abstraktion: Prädikats- / Konzeptbildung

- Aussagen / Propositionen
- Applikation: Prädikat-Argument-Struktur
- Wahrheitswert

logische Operatoren: Quantoren

- All-Quantifikation: Verrallgemeinerung
- Existenz-Quantifikation: Unterbestimmter Objektbezug

Weitere formale Elemente – andere Logiken

Modallogik

- Modalitäten (epistemisch, deontisch, temporal)

Alternative Logiken

- Relevanzlogik
- Intuitionistische Logik
- Probabilistische Logiken
- Nicht-monotone Logiken

Aus der Wissensrepräsentation / Sprachanalyse

- Prädikationstypen
- temporal: HOLDS, OCCURS