

Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Carola Eschenbach

Universität Hamburg, FB Informatik

AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2003

Literatur

D. Gabbay, C. Hogger, and J. Robinson (eds.) (1994). *Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming, Volume 3: Nonmonotonic Reasoning and Uncertain Reasoning*, Oxford University Press.

Insbesondere

J. Horty. Some direct theories of nonmonotonic inheritance. In D. Gabbay, C. Hogger, and J. Robinson (eds.), Oxford University Press (1994), pp. 111 - 187.

D. Touretzky. (1986). The mathematics of inheritance systems. Morgan Kaufmann, Los Altos, Ca., 1986.

L. A. Stein (1992). Resolving Ambiguity in Nonmonotonic Inheritance Hierarchies, *Artificial Intelligence* 55 (2-3): 259-310.

Wissensrepräsentation

Christopher Habel, Carola Eschenbach

Sommersemester 2003

Sitzung 15: Vererbung / Inheritance

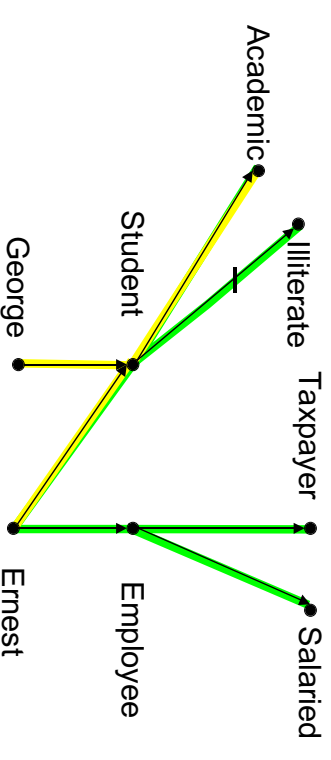
- Pfadbasiertes Schliessen in Vererbungsnetzen
- Ambiguitäten in Vererbungsnetzen
- Extensionen
- Semantik – Beweistheorie

Schliessen in Vererbungsnetzen: Upward vs. Downward Reasoning

Was ist erschliessbar über:

- Academics
- Ernest

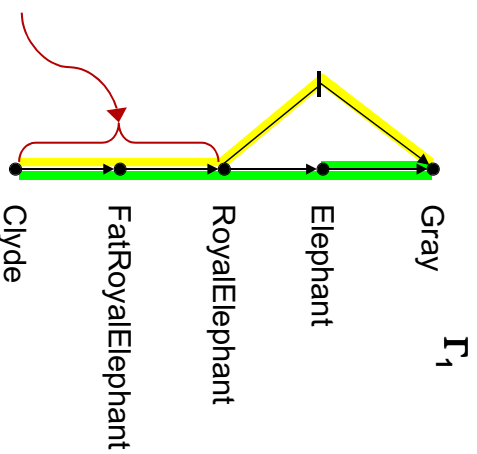
?



Pfade und Argumentationen

- Pfade werden von einem Knoten ausgehend konstruiert
- sie repräsentieren Argumentationen

Die letzte Kante eines Pfades korrespondiert zu einem Grund, eine bestehende Argumentation fortzusetzen. Verschiedene Argumentationen können gemeinsame Anteile haben.



Inheritance Hierarchy (Formalization L. A. Stein, 1992)

An **inheritance hierarchy** $\Gamma = \langle V, E \rangle$ is a directed, acyclic graph with

- intended to denote
- positive edges “(normally) is-a” depicted as $a - x$
- and
- negative edges, “(normally) is not-a” $a - \neg x$

A sequence of edges is a **path**:

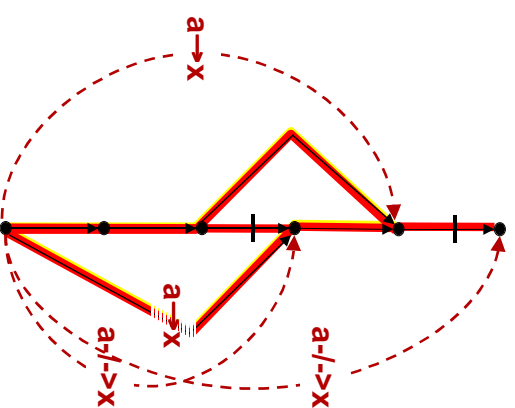
- a **positive path** is a sequence of positive edges ($n \geq 0$) $a - s_1 - \dots - s_n - x$
- a **negative path** is a sequence of positive edges ($n \geq 0$) followed by a single negative edge $a - s_1 - \dots - s_n - \neg x$

Vererbungs-pfade, Argumentationen & Inferenzen

A path (or argument) supports a conclusion:

- $a - \dots - x$ supports the conclusion $a \rightarrow x$ (a is an x)
- $a - \dots - \neg x$ supports the conclusion $a \not\rightarrow x$ (a is not an x)

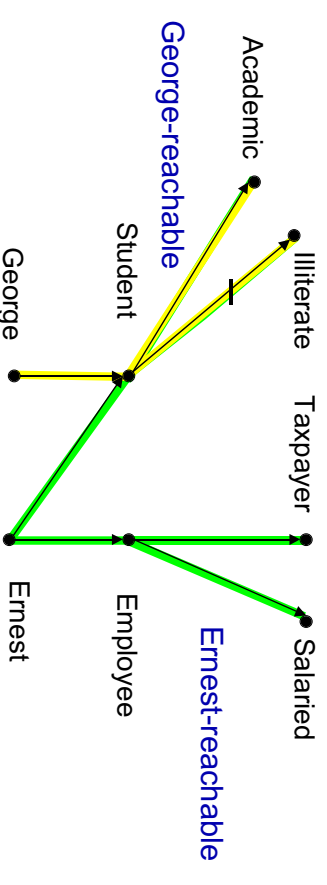
Note:
A conclusion may be supported by many paths
Different paths can lead to conflicting conclusions.



Erreichbarkeit (reachability)

Gegeben sei ein Vererbungsnetzes $\Gamma = \langle V, E \rangle$.

a und x $\in V$ stehen in Γ in der Beziehung **x ist erreichbar von a** (x ist a-reachable) genau dann, wenn es einen Pfad $a - s_1 - \dots - s_n - (\neg)x$ in Γ gibt.



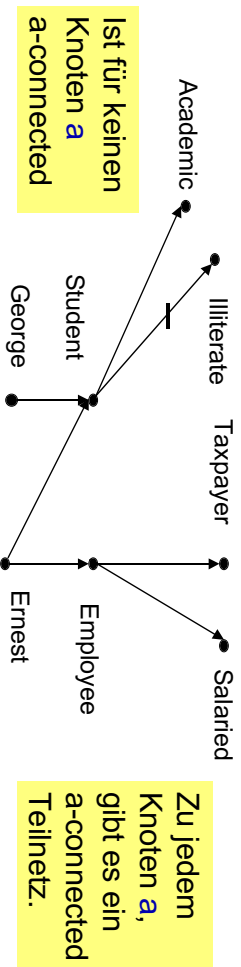
Fokus-Knoten & a-Zusammenhang

Focus node & a-Connectedness

When reasoning about an inheritance $\Gamma = \langle V, E \rangle$ w.r.t. an particular node, this node is called **focus node**.

Γ is **a-connected** iff for every node x in Γ , there is a path from a to x , and for every edge $v \dashrightarrow x$ in Γ , there is a positive path from a to v .

- In other words, every node and edge is reachable from a .



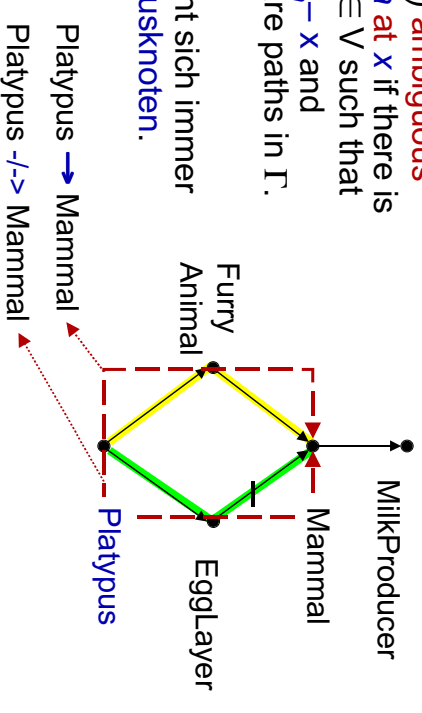
Schliessen über Vererbungsnetzen: Behandlung von Ambiguitäten

- Ambiguitäten sind stets Ambiguitäten bzgl. eines Fokusknotens.
- Die Entscheidung zwischen alternativen Argumentationen ist eine Entscheidung über die Zulässigkeit von Pfaden.
 - Zulässigkeit \approx „Zulässigkeit in Argumentationen“
 - Es werden nur vom Fokusknoten erreichbare Knoten / Kanten berücksichtigt, da nur diese für die Argumentation relevant sind.
- Entscheidung fällt auf der Basis von Spezifikitätskriterien (specificity).

Ambiguity

Γ is (potentially) **ambiguous** w.r.t. a node a at x if there is some node $x \in V$ such that both $a \dashrightarrow s_1 \dots s_n \dashrightarrow x$ and $a \dashrightarrow t_1 \dots t_m \dashrightarrow x$ are paths in Γ .

Ambiguität bezieht sich immer auf einen Fokusknoten.



Support

$\Gamma = \langle V, E \rangle$ **supports** a path $a \dashrightarrow s_1 \dots s_n \dashrightarrow (\neg)x$ if the corresponding set of edges $\{a \dashrightarrow s_1, \dots, s_n \dashrightarrow (\neg)x\}$ is in E , and it is **admissible**.

- The hierarchy Γ **supports** a conclusion $a \dashrightarrow x$ (or $a \dashrightarrow x$) if it supports some corresponding path.
 - $\Gamma \triangleright a \dashrightarrow x$ (or $\Gamma \triangleright a \dashrightarrow x$)

A path is admissible if every edge in it is admissible.

➤ Zu klären ist:

Welche Pfade sind zulässig?

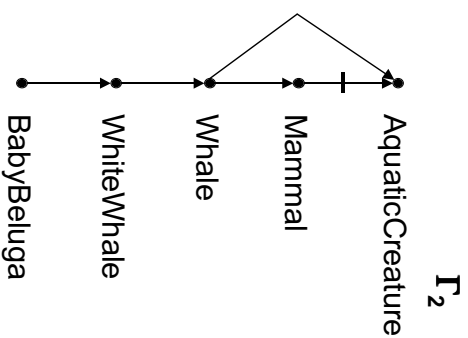
Spezifizität (specificity):

Entscheidungen zwischen konfligierenden Pfaden

- Entscheidung fällt auf der Basis von Spezifizität:

- Spezifischere Information sollte mehr Einfluss haben, als weniger spezifische.

- Fokusnoten BabyBeluga als Mammal
 - Whale ist spezifischer als Mammal
 - Whale-AquatCr ist relevanter als Mammal-¬AquatCr



Preemption (Verhinderung)

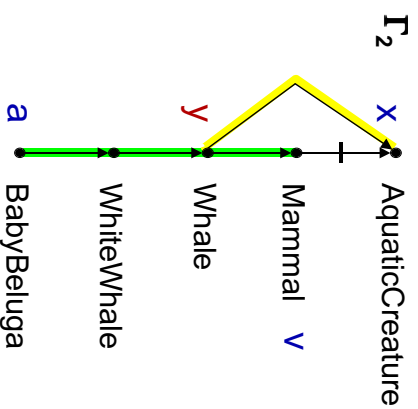
A node y along path

$a \dots y \dots \neg v$ is a **preemptor** of $v \rightarrow x$ ($v \rightarrow \neg x$) w.r.t. a

if $y \rightarrow \neg x \in E$ ($y \rightarrow x \in E$)

Um die Argumentation $a \dots y \dots \neg v$ durch $v \rightarrow \neg x$ fortzusetzen bzw. abzuschliessen, muss geprüft werden, ob ein Knoten von $a \dots y \dots \neg v$ die weitere Argumentation beeinflusst.

- Spezifizität

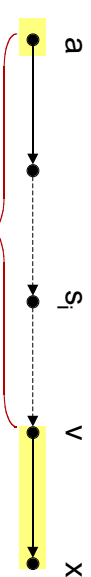


Preemption wird durch Bedingung 3 Zulässigkeitsdefinition **ausgeschlossen**

Zulässigkeit von Pfaden (Admissibility)

An edge $v \rightarrow (\neg)x$ is **admissible** in $\Gamma = \langle V, E \rangle$ w.r.t. a if there is a positive path $a \rightarrow s_1 \dots s_n \rightarrow v$ ($n \geq 0$) in E and

- each edge in $a \rightarrow s_1 \dots s_n \rightarrow v$ is admissible in Γ w.r.t. a (recursively);
- no edge in $a \rightarrow s_1 \dots s_n \rightarrow v$ is **redundant** in Γ w.r.t. a (see below);
- no intermediate node a, s_1, \dots, s_n is a **preemptor** of $v \rightarrow (\neg)x$ w.r.t. a (see below).



Hier darf nichts vorliegen, was die Kante $v \rightarrow (\neg)x$ in ihrer **Wirkung** innerhalb der Argumentation **behindert**.

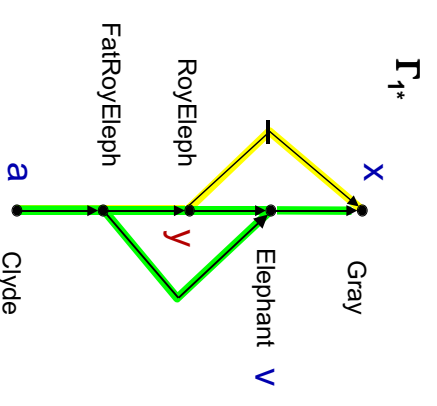
Verhindert Verhinderung genug?

A node y along path

$a \dots y \dots \neg v$ is a **preemptor** of $v \rightarrow x$ ($v \rightarrow \neg x$) w.r.t. a

if $y \rightarrow \neg x \in E$ ($y \rightarrow x \in E$)

Um die Argumentation $a \dots y \dots \neg v$ durch $v \rightarrow \neg x$ fortzusetzen bzw. abzuschliessen, muss geprüft werden, ob ein Knoten von $a \dots y \dots \neg v$ die weitere Argumentation beeinflusst.



Zulässigkeit der Kante $v \rightarrow (\neg)x$ fordert die Existenz eines **preemptorfreien** Pfades.

Konklusionen von Γ_2

$\Gamma_{2^*} \triangleright$ WhiteWhale \rightarrow WhiteWhale	Γ_{2^*}
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ WhiteWhale \rightarrow Whale	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ WhiteWhale \rightarrow Mammal	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ WhiteWhale \rightarrow AquaticCreature	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ Whale \rightarrow Whale	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ Whale \rightarrow Mammal	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ Whale \rightarrow AquaticCreature	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ Mammal \rightarrow Mammal	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ Mammal \rightarrow AquaticCreature	
$\Gamma_{2^*} \triangleright$ AquaticCreat. \rightarrow AquaticCreat.	

Spezifizität kann die Ambiguität in bezug auf das im Wasserleben von Walen und Weissen Walen auflösen.

Konklusionen von Γ_3

$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Platypus	Γ_3
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow EggLayer	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow FurryAnimal	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow MilkProducer	
$\Gamma_3 \triangleright$ EggLayer \rightarrow EggLayer	
$\Gamma_3 \triangleright$ EggLayer \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ FurryAnimal \rightarrow FurryAnimal	
$\Gamma_3 \triangleright$ FurryAnimal \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ FurryAnimal \rightarrow Mammal	
$\Gamma_3 \triangleright$ MilkProducer \rightarrow MilkProducer	

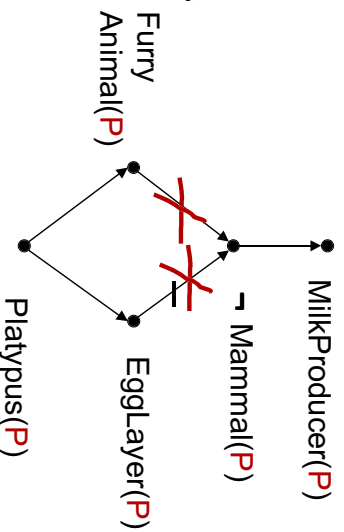
Spezifizität kann die Ambiguität in bezug auf die Säugetiereigenschaft von Schnabellieren **nicht** auflösen.

Ambiguitätsauflösung für Γ_3 ?

Problematisch ist
 $\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal (*)
 $\Gamma_3 \triangleright$ Platypus \rightarrow Mammal (*)

Information:
 Paula ist ein Schnabellier.

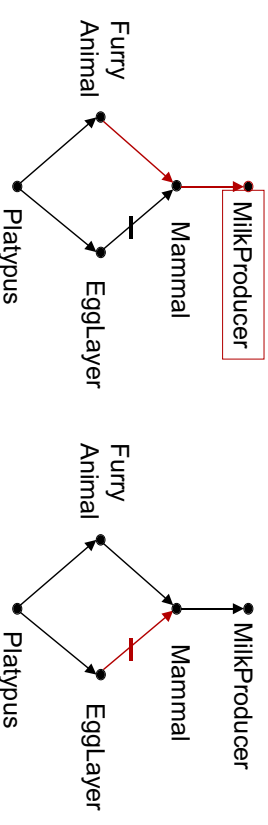
Gesucht:
 Konsistente Wissensbestände erschliessbar aus Γ_3



Credulous Extension (leichtgläubige Extension)

A **credulous extension** of an inheritance hierarchy Γ with respect to a node **a** is a maximal unambiguous a-connected subhierarchy of Γ with respect to **a**.

- If X is a credulous extension of Γ , then adding an edge of Γ to X makes X either ambiguous or not a-connected.



Was zeichnet (leichtgläubige) Extensionen von Γ

gegenüber anderen Teilnetzen Γ von aus?

- Geben Sie Beispiele für Teilnetzen γ , die durch Ergänzung von Kanten aus Γ
 - ambig bzw.
 - nicht-a-zusammenhängend werden.
- Was „rechtfertigt“ die Bezeichnung *leichtgläubig*?

Argumentationen in leichtgläubigen Extensionen

Sei $EXT(\Gamma, a)$ eine leichtgläubige Extension (Credulous extension) einer Vererbungshierarchie Γ bzgl. des Knotens a .

Argumentation:

$EXT(\Gamma, a) \triangleright a \rightarrow x$

- Es existiert ein zulässiger positiver Pfad von a nach x .
- Da $EXT(\Gamma, a)$ eine leichtgläubige Extension, ist $EXT(\Gamma, a)$ nicht ambig.

Daher ist jede Kante zulässig.

➤ Es genügt zu prüfen, ob in $EXT(\Gamma, a)$ ein positiver Pfad von a nach x existiert.
[entsprechend für $a \not\rightarrow x$ und negative Pfade]

Semantik für Extensionen

Sei $EXT(\Gamma, a)$ eine leichtgläubige Extension

Übersetzung in die Sprache der Aussagenlogik:

- Für jeden Knoten $x \in V_{EXT(\Gamma, a)}$ (Knotenmenge zu $EXT(\Gamma, a)$) wird ein Aussagensymbol x_{AL} eingeführt.
- Es wird die folgende Formelmengenge gebildet
("Theorie zu $EXT(\Gamma, a)$ ")

$$\begin{aligned} Th(EXT(\Gamma, a)) := & \{a_{AL}\} \\ & \cup \{x_{AL} \supset y_{AL} \mid x-y \in E_{EXT(\Gamma, a)}\} \\ & \cup \{x_{AL} \supset \neg y_{AL} \mid x-\neg y \in E_{EXT(\Gamma, a)}\} \end{aligned}$$

➤ Da $EXT(\Gamma, a)$ nicht ambig ist, ist $Th(EXT(\Gamma, a))$ konsistent und besitzt somit ein Modell

Pfadbasiertes Schliessen (Support) als Beweisverfahren

Theorem (Korrektheit und Vollständigkeit)[Stein 1992]:

Sei Γ eine Vererbungshierarchie,

$EXT(\Gamma, a)$ eine leichtgläubige Extension [zu Γ und a] und
 $Th(EXT(\Gamma, a))$ die aussagenlogische Theorie zu $EXT(\Gamma, a)$.

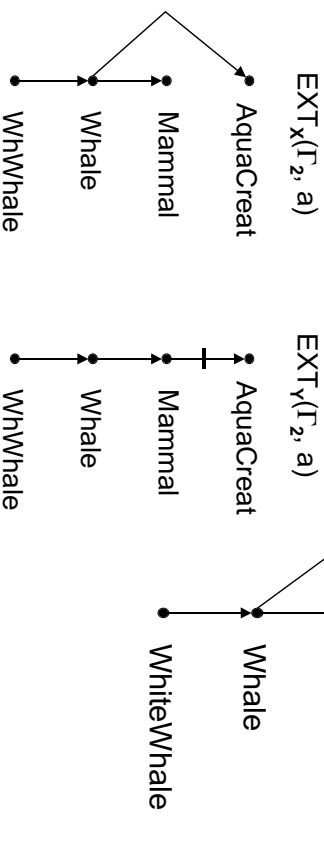
Dann sind äquivalent:

1. $EXT(\Gamma, a) \triangleright a \rightarrow x$ (bzw. $a \not\rightarrow x$)
2. x ist positiv a-erreichbar in $EXT(\Gamma, a)$ (bzw. negativ a-erreichbar)
3. $Th(EXT(\Gamma, a)) \vdash x_{AL}$
4. $Th(EXT(\Gamma, a)) \vDash x_{AL}$

Credulous Extensions – Preferred Extension

Leichtgläubige Extensionen
berücksichtigen nicht Spezifität

Zwei Extensionen:



Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

15 – 29

Präferenz zwischen Extensionen

Die beiden Extensionen besitzen gemeinsamen Pfad bzgl. Γ_2
Whale...–AquaCreat.

Die Kante Mammal– \neg AquaCreat ist nicht zulässig in Γ_2 bzgl. a.

➤ Spezifität spricht für EXT_x



Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

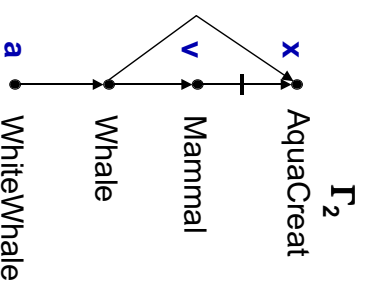
15 – 30

Preferred Extensions (formal)

Let EXT_x and EXT_y be credulous
extensions of Γ wrt node a .

EXT_x is preferred to EXT_y iff there are
nodes v and x such that

- EXT_x and EXT_y agree on all edges
whose endpoints precede x topologically,
- there is an edge $v \rightarrow x$ (or $v \rightarrow \neg x$) that is
inadmissible in Γ ,
- this edge is in EXT_y , but not in EXT_x .



A credulous extension is a **preferred
extension** if there is no other credulous
extension that is preferred to it.

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

15 – 31

What to believe?

- “credulous” reasoning: choose a preferred extension and
believe all the conclusions supported
- “skeptical” reasoning: believe the conclusions from any
path that is supported by all preferred extensions
- “ideally skeptical” reasoning: believe the conclusions that
are supported by all preferred extensions
 - note: ideally skeptical reasoning cannot be computed in a
path-based way (conclusions maybe supported by different
paths in each extension)

Ch. Habel / C. Eschenbach: Wissensrepräsentation, SoSe 2003

15 – 32