Wissensrepräsentation

–

Christopher Habel, Hedda Schmidtke

Sommersemester 2004

Sitzung 15: Vererbung / Inheritance (2)

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

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.

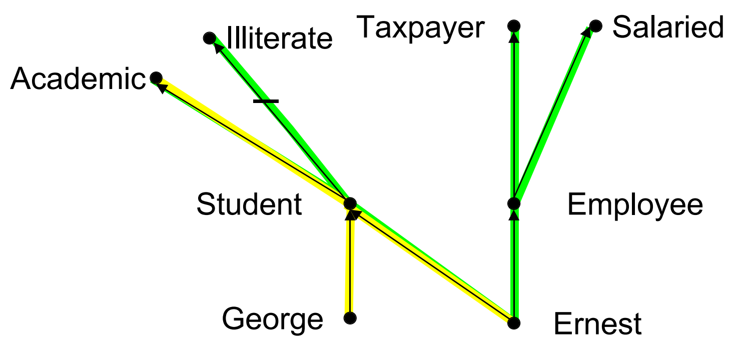
L. A. Stein (1992). Resolving Ambiguity in Nonmonotonic Inheritance Hierarchies, *Artificial Intelligence 55 (2-3)*: 259-310.

Schliessen in Vererbungsnetzen: Upward vs. Downward Reasoning

Was ist erschliessbar über:

- Academics
- Ernest

?



Brachman&Levesque - ch.10, f.3

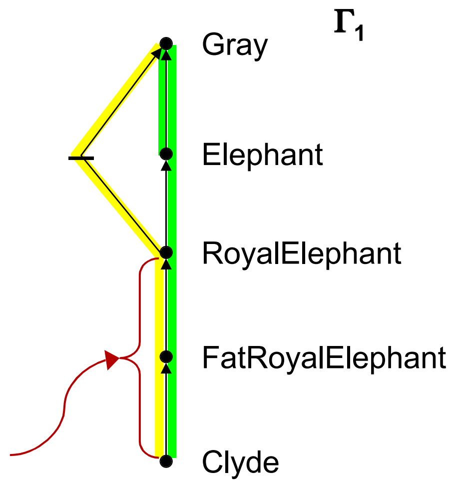
Pfade und Argumentationen

Pfade

- werden von einen 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 Γ = <V,E> is a directed, acyclic graph with

	intended to denote	depicted as
• positive edges	“(normally) is-a”	a – x
and		
• negative edges,	“(normally) is not-a”	a – ¬x

A sequence of edges is a path:

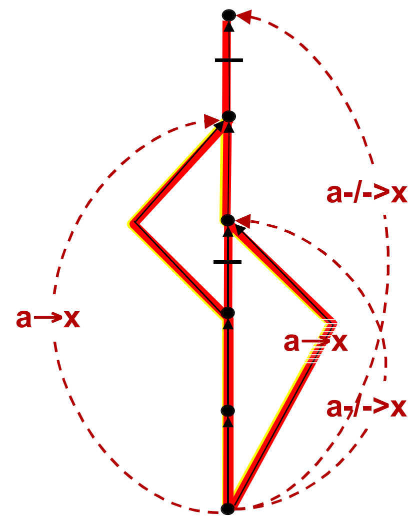
- a positive path is a sequence of positive edges (n ≥ 0)
  a $-s_1-\ldots-s_n-$ x
- a negative path is a sequence of positive edges (n ≥ 0) followed by a single negative edge
  a $-s_1-\ldots-s_n-\neg$x

Vererbungspfade, Argumentationen & Inferenzen

A path (or argument) supports a conclusion:

- a –… – x
  supports the conclusion
  a→x (a is an x)
- a –… –v – ¬x
  supports the conclusion
  a-/->x (a is not an x)

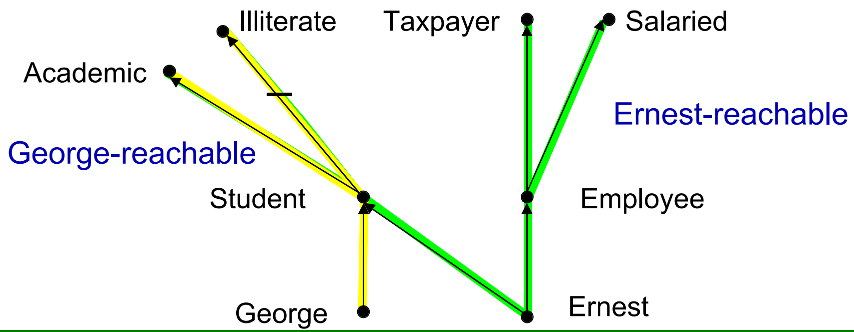
Note:
A conclusion may be supported by many paths
Different paths can lead to conflicting conclusions.



Erreichbarkeit (reachability)

Gegeben sei ein Vererbungsnetzes Γ = <V,E>.

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 $a-s_1\ldots s_n-(\neg)x$ in Γ gibt.



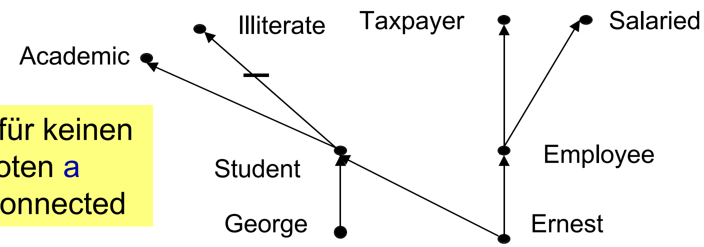
Fokus-Knoten & a-Zusammenhang
Focus node & a-Connectedness

When reasoning about an inheritance Γ = <V,E> 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–(¬)x in Γ, there is a positive path from a to v.

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

Ist für keinen Knoten a a-connected

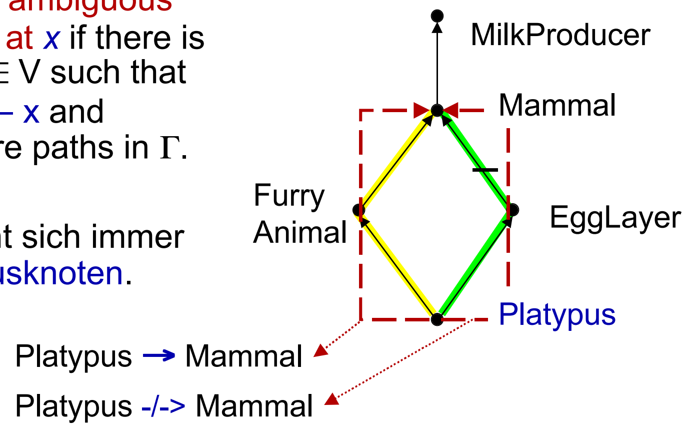


Zu jedem Knoten a, gibt es ein a-connected Teilnetz.

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–$s_1 \ldots s_n$– x and a–$t_1 \ldots t_m$–¬x are paths in Γ.

Amguität bezieht sich immer auf einen Fokusknoten.



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 ≈ „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 Spezifizitätskriterien (specificity).

Support

Γ = <V,E> supports a path a –$s_1 \ldots s_n$–(¬)x if the corresponding set of edges {a–s_1,…, s_n–(¬)x} is in E, and it is admissible.

$\Gamma \rhd$ a –$s_1 \ldots s_n$–(¬)x

- The hierarchy $\mathbf{\Gamma}$ supports a conclusion a → x (or a -/-> x) if it supports some corresponding path.
  $\mathbf{\Gamma} \rhd$ a → x (or $\mathbf{\Gamma} \rhd$ a -/-> x)

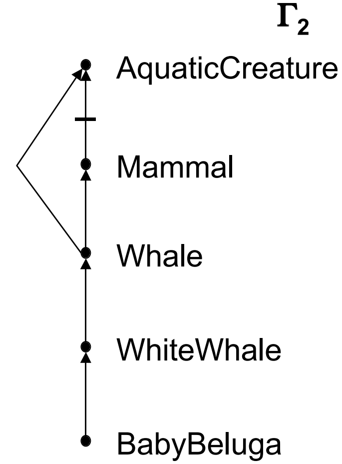
A path is admissible if every edge in it is admissible.

➢ 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.

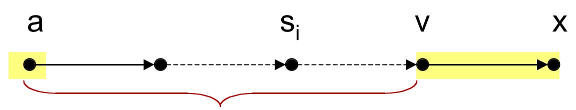
➢ Fokusknoten BabyBeluga
  - Whale ist spezifischer als Mammal
  ➢ Whale–AquatCr ist relevanter als Mammal–¬AquatCr



Zulässigkeit von Pfaden (Admissibility)

An edge v –(¬)x is admissible in Γ = <V,E> w.r.t. a if there is a positive path a –$s_1 \ldots s_n$ – v (n ≥0) in E and

1. each edge in a –$s_1 \ldots s_n$ – v is admissible in Γ w.r.t. a (recursively);
2. no edge in a –$s_1 \ldots s_n$ – v is redundant in Γ w.r.t. a (see below);
3. no intermediate node a,$s_1,\ldots,s_n$ is a preemptor of v –(¬)x w.r.t. a (see below).



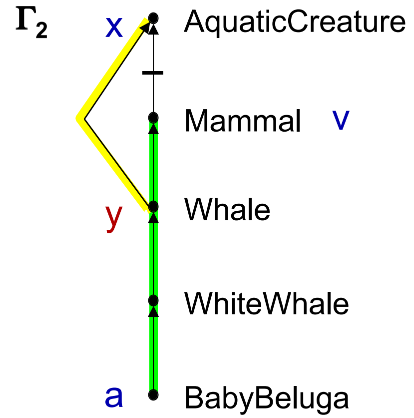
Hier darf nichts vorliegen, was die Kante v –(¬)x in ihrer Wirkung innerhalb der Argumentation behindert.

Preemption (Verhinderung)

A node y along path a –...y...–v is a preemptor of v–x (v–¬x) w.r.t a if y–¬x ∈ E (y–x ∈ E)

Um die Argumentation a–...y...–v durch v–¬x fortzusetzen bzw. abzuschliessen, muss geprüft werden, ob ein Knoten von a–...y...–v die weitere Argumentation beeinflusst.

➢ Spezifizität



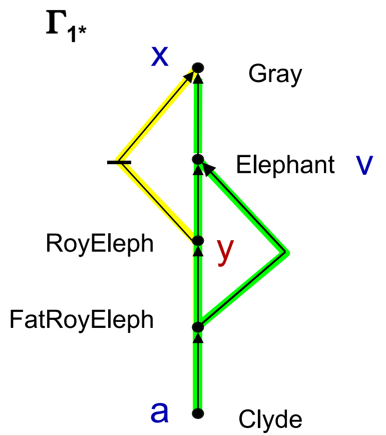
Preemption wird durch Bedingung 3 der Zulässigkeitsdefinition ausgeschlossen

Verhindert Verhinderung genug?

A node y along path a –...y...–v is a preemptor of v–x (v–¬x) w.r.t a

if y–¬x ∈ E (y–x ∈ E)

Um die Argumentation a–...y...–v durch v–¬x fortzusetzen bzw. abzuschliessen, muss geprüft werden, ob ein Knoten von a–...y...–v die weitere Argumentation beeinflusst.



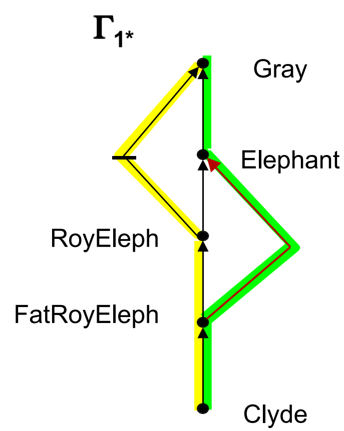
Zulässigkeit der Kante v–(¬)x fordert die Existenz eines preemtorfreien Pfades.

Interaktion: Redundanzverhinderung & Spezifizität

FatRoyEleph–Elephant
- verfälscht die Verhinderungs-massnahmen
- RoyalElephant
  - ist spezifischer als Elephant
  - sollte grösseren Einfluss haben.

Stattdessen:
- FatRoyEleph–RoyEleph–¬gray
- FatRoyEleph–Elephant–gray

➢ Ambiguität



Redundanz von Kanten (informell)

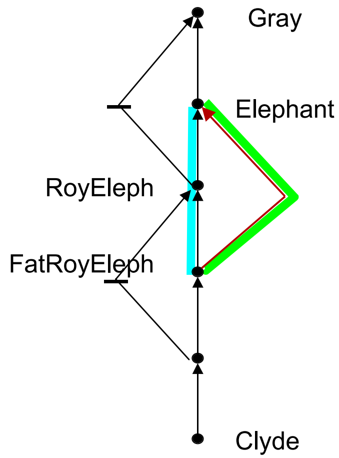
Eine positive Kante b–w ist redundant in Γ in bezug auf den Knoten a

1. Falls es alternative positive Pfade von b zu w gibt.

Aber: Zulässige negative Kanten zu Knoten auf dem alternativen Pfad führen dazu, dass Argumentationen bzgl. der Alternative die redundante Kante nicht ersetzen können.

Denn: Argumentation nach einer negativen Kante fortzusetzen, ist nicht zulässig.

2. Die alternativen Pfade gewissen Bedingungen genügen.



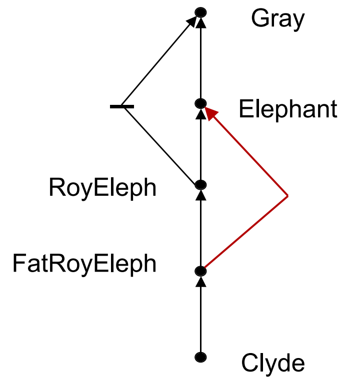
Redundanz von Kanten (formal)

A positive edge b–w is redundant in Γ w.r.t. node a if

there is some positive path $b–t_1\ldots t_m–w \in E$ ($m \geq 1$), for which

1. each edge in $b–t_1\ldots t_m$ is admissible in Γ w.r.t. a;
2. there are no c and i such that $c–\neg t_i$ is admissible in Γ w.r.t. a;
3. there is no c such that $c–\neg w$ is admissible in Γ w.r.t. a.

The definition for a negative edge $b–\neg w$ is analogous



Redundanz von Kanten (formal)

Aufgabe zur Nachbereitung

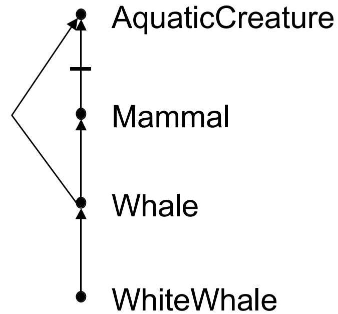
Überlegen Sie Beispiele dafür, dass die Bedingung 3: there is no c such that $c–\neg w$ is admissible in Γ w.r.t. a.

in der Definition für Redundanz von Kanten sinnvoll / notwendig ist.

Konklusionen von Γ_2

$\Gamma_{2*} \rhd$ WhiteWhale → WhiteWhale
$\Gamma_{2*} \rhd$ WhiteWhale → Whale
$\Gamma_{2*} \rhd$ WhiteWhale → Mammal
$\Gamma_{2*} \rhd$ WhiteWhale → AquaticCreature
$\Gamma_{2*} \rhd$ Whale → Whale
$\Gamma_{2*} \rhd$ Whale → Mammal
$\Gamma_{2*} \rhd$ Whale → AquaticCreature
$\Gamma_{2*} \rhd$ Mammal → Mammal
$\Gamma_{2*} \rhd$ Mammal **-/->** AquaticCreature
$\Gamma_{2*} \rhd$ AquaticCreat. → AquaticCreat.

$\Gamma_{2*} \not\rhd$ WhiteWhale **-/->** AquaticCreat.
$\Gamma_{2*} \not\rhd$ Whale **-/->** AquaticCreature



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

Konklusionen von Γ_3

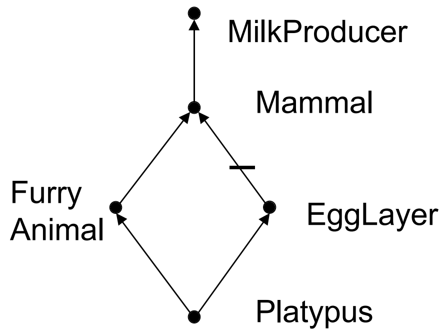
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → Platypus
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → EggLayer
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → FurryAnimal
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → Mammal (★)
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus **-/->** Mammal (★)
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → MilkProducer

$\Gamma_3 \rhd$ EggLayer → EggLayer
$\Gamma_3 \rhd$ EggLayer **-/->** Mammal

$\Gamma_3 \rhd$ FurryAnimal → FurryAnimal
$\Gamma_3 \rhd$ FurryAnimal → Mammal
$\Gamma_3 \rhd$ FurryAnimal → MilkProducer

$\Gamma_3 \rhd$ Mammal → Mammal
$\Gamma_3 \rhd$ Mammal → MilkProducer

$\Gamma_3 \rhd$ MilkProducer → MilkProducer



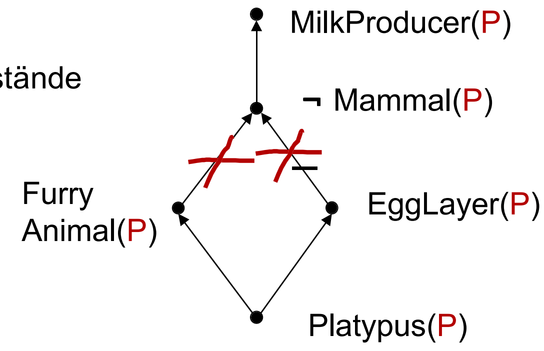
Spezifizität kann die Ambiguität in bezug auf die Säugetiereigenschaft von Schnabeltieren nicht auflösen.

Ambiguitätsauflösung für Γ_3 ?

Problematisch ist
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus → Mammal (★)
$\Gamma_3 \rhd$ Platypus **-/->** Mammal (★)

Information:
Paula ist ein Schnabeltier.

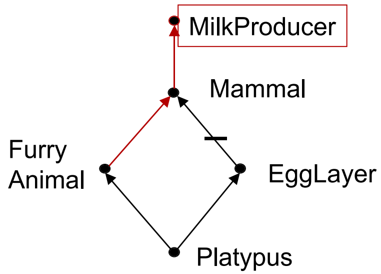
Gesucht:
Konsistente Wissensbestände erschliessbar aus Γ_3

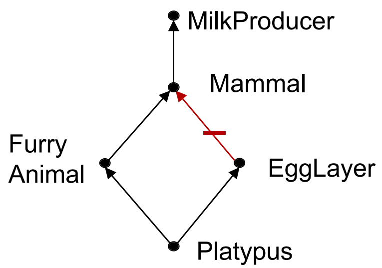


Credulous Extension (leichtgläubige Extension)

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.





Extensionen

Aufgabe zur Nachbereitung

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(Γ, a) eine leichtgläubige Extension (Credulous extension) einer Vererbungshierarchie Γ bzgl. des Knotens a.

Argumentation:

EXT(Γ, a) ⊳ a → x

- Es existiert ein zulässiger positiver Pfad von a nach x.
- Da EXT(Γ, a) eine leichtgläubige Extension, ist EXT(Γ, a) nicht ambig.
  Daher ist jede Kante zulässig.

➢ Es genügt zu prüfen, ob in EXT(Γ, a) ein positiver Pfad von a nach x existiert.

[entsprechend für a -/-> x und negative Pfade]

Semantik für Extensionen

Sei EXT(Γ, a) eine leichtgläubige Extension

Übersetzung in die Sprache der Aussagenlogik:

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

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

➢ Da EXT(Γ, a) nicht ambig ist, ist Th(EXT(Γ, a)) konsistent und besitzt somit ein Modell

Pfadbasiertes Schliessen (Support) als Beweisverfahren

Theorem (Korrektheit und Vollständigkeit)[Stein 1992]**:**

Sei Γ eine Vererbungshierarchie,
EXT(Γ, a) eine leichtgläubige Extension [zu Γ und a] und
Th(EXT(Γ, a)) die aussagenlogische Theorie zu EXT(Γ, a).

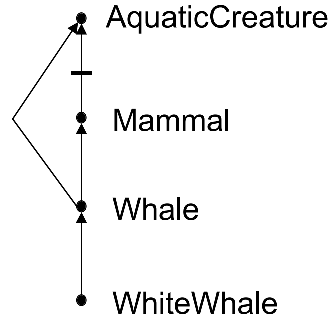
Dann sind äquivalent:

1. EXT(Γ, a) ⊳ a → x (bzw. a -/-> x)
2. x ist positiv a-erreichbar in EXT(Γ, a) (bzw. negativ a-erreichbar)
3. Th(EXT(Γ, a)) $\vdash x_{AL}$
4. Th(EXT(Γ, a)) $\models x_{AL}$

Credulous Extensions – Preferred Extension

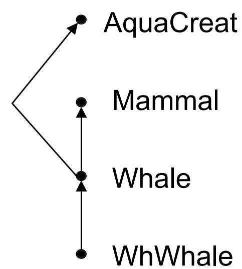
Leichtgläubige Extensionen berücksichtigen nicht Spezifizität

Γ_2

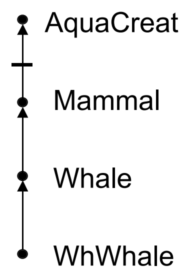


Zwei Extensionen:

$EXT_X(\Gamma_2, a)$



$EXT_Y(\Gamma_2, a)$



Präferenz zwischen Extensionen

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

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

➢ Spezifizität spricht für EXT_X

$EXT_X(\Gamma_2, a)$ $EXT_Y(\Gamma_2, a)$

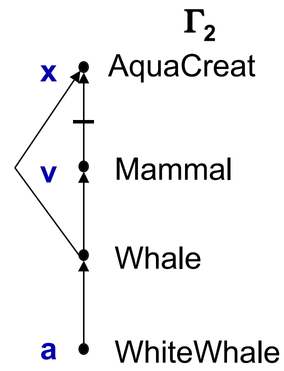
Preferred Extensions (formal)

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*–*x* (or *v* –¬*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.



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)