

Beschreibungslogiken für räumliche Informationssysteme (?)

Work in progress

Vortrag im WSV-Oberseminar am 20.5.2003

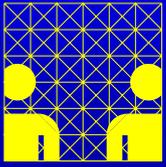
Michael Wessel

Universität Hamburg

Fachbereich Informatik

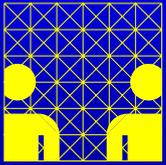
Arbeitsbereich Kognitive Systeme

DFG-Angestellter, Projekt DLS' (NE 279/8-1)



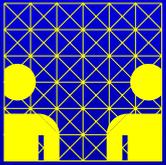
Gliederung

- Motivation



Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne



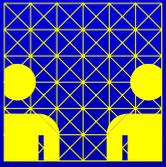
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste



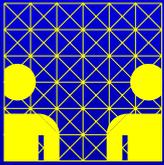
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation



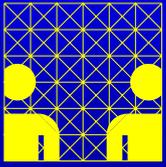
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik



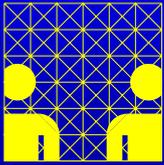
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken



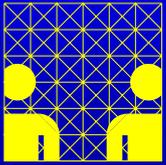
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken
 - Untersuchte Beschreibungslogiken



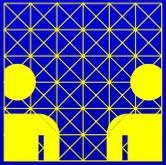
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken
 - Untersuchte Beschreibungslogiken
 - Resultate und offene Fragen bzgl. untersuchter Logiken



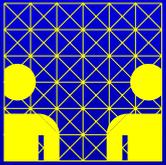
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken
 - Untersuchte Beschreibungslogiken
 - Resultate und offene Fragen bzgl. untersuchter Logiken
- Ausblick - laufende Arbeiten



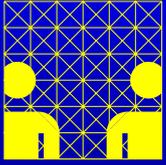
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken
 - Untersuchte Beschreibungslogiken
 - Resultate und offene Fragen bzgl. untersuchter Logiken
- Ausblick - laufende Arbeiten
 - Ein hybrides deduktives GIS



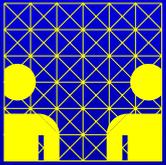
Gliederung

- Motivation
 - Vorstellung der Anwendungsdomäne
 - Wünschenswerte Dienste
- Zur räumlichen Wissensrepräsentation
 - DL-Basics: Sprachen, Standardinferenzen, Korrespondenz zur Modallogik
 - Räumliche Beschreibungslogiken
 - Untersuchte Beschreibungslogiken
 - Resultate und offene Fragen bzgl. untersuchter Logiken
- Ausblick - laufende Arbeiten
 - Ein hybrides deduktives GIS
 - Architektur



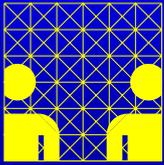
Motivation

- Versuche der Synthese von ...



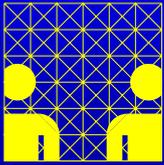
Motivation

- Versuche der Synthese von ...
 - Methoden aus der logikbasierten formalen Wissensrepräsentation (spez. Beschreibungslogiken)



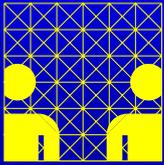
Motivation

- Versuche der Synthese von ...
 - Methoden aus der logikbasierten formalen Wissensrepräsentation (spez. Beschreibungslogiken)
 - Methoden zum qualitativen räumlichen Schließen (spez. Kompositionstabellen-basierte Ansätze)



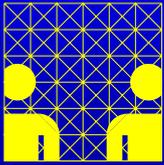
Motivation

- Versuche der Synthese von ...
 - Methoden aus der logikbasierten formalen Wissensrepräsentation (spez. Beschreibungslogiken)
 - Methoden zum qualitativen räumlichen Schließen (spez. Kompositionstabellen-basierte Ansätze)
 - Zur Schaffung eines deduktiven Geographischen Informationssystemes (GIS)



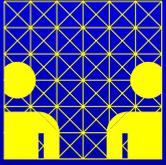
Motivation

- Versuche der Synthese von ...
 - Methoden aus der logikbasierten formalen Wissensrepräsentation (spez. Beschreibungslogiken)
 - Methoden zum qualitativen räumlichen Schließen (spez. Kompositionstabellen-basierte Ansätze)
 - Zur Schaffung eines deduktiven Geographischen Informationssystemes (GIS)
 - Theoretischer Anteil: Beschreibungssprachen, Inferenzprobleme und -algorithmen, ...



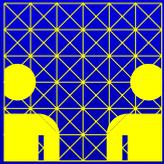
Motivation

- Versuche der Synthese von ...
 - Methoden aus der logikbasierten formalen Wissensrepräsentation (spez. Beschreibungslogiken)
 - Methoden zum qualitativen räumlichen Schließen (spez. Kompositionstabellen-basierte Ansätze)
 - Zur Schaffung eines deduktiven Geographischen Informationssystemes (GIS)
 - Theoretischer Anteil: Beschreibungssprachen, Inferenzprobleme und -algorithmen, ...
 - Praktischer Anteil: prototypische Realisierung des deduktiven GIS



Motivation

- Vision eines deduktiven GIS



Motivation

Map Viewer
_ □ ×

File Map Key Control Spatial Querying

Autotracking
 Map Text
 Nodes
 Sensitive Objects
 Single Boxes
 Warnings
 Solid Areas
 Highlight Bindings
 Show Bindings
 Stored Relations

Abgrenzung flächenhafter Gewässer, unsichtbar LINIE
Abgrenzung zu anderen Ebenen, unsichtbar LINIE

Abgrenzung der BAB, usw. geg. Ausfahrt, unsichtbar LINIE

Acker FLAECH

AKN-Bahn SYMBOL
AKN-Bahn, oberirdisch LINIE
AKN-Bahn, oberirdisch LINIE
AKN-Station, SYMBOL

Auffahrt auf BAB, BAB-ähnlich, B LINIE
Auffahrt auf BAB, BAB-ähnlich, B unter Eb 6 und 7 1
Autobahn-Anschluss TEXT
Autobahnkreuz TEXT
B-Symbol (Bundesstrassenschild) SYMBOL-MIT-TEXT

BAB FLAECH

BAB unter Eb. 6 und 7 FLAECH
BAB-ähnlich FLAECH
BAB-ähnlich unter Eb. 6 und 7 FLAECH
BAB-ähnlich, Mittellinie LINIE
BAB-ähnlich, Mittellinie LINIE
BAB-ähnlich, Mittellinie unter Eb 6 und 7 LINIE
BAB-ähnlich, Randbegrenzung LINIE
BAB-ähnlich, Randbegrenzung unter Eb 6 und 7 LINIE
BAB-Anschlussstelle TEXT
BAB-Kreuz TEXT

BAB-Mittellinie LINIE

BAB-Mittellinie LINIE
BAB-Mittellinie unter Eb 6 und 7 LINIE

BAB-Randbegrenzung LINIE

BAB-Randbegrenzung unter Eb 6 und 7 1
BAB-Schild SYMBOL-MIT-TEXT
BAB-Symbol SYMBOL-MIT-TEXT
BAB-Tunnel, Randbegrenzung LINIE

Bahnbetriebsgelände FLAECH

Baublockgrenze LINIE
Baublockgrenze, im Gewässer LINIE
Baublocknummer TEXT
Baublockzusammengehörigkeit SYMBOL
Berg-Hoehenzahl TEXT
Bergname TEXT
Bezirksgrenzband, Abgrenzung aussen (60 m) LINIE
Bezirksgrenzband, Abgrenzung Mitte (30 m) LINIE
Bezirksgrenze LINIE
Bezirksgrenze, Grenzband 1 FLAECH
Bezirksgrenze, Grenzband 2 FLAECH
Bezirksname TEXT
Blattschnitt (Bearbeitungsgrenze fuer Schrift) LINIE

Brachflaeche FLAECH

Bruecke LINIE

Brueckenname TEXT
Bundesbahn, oberirdisch LINIE
Bundesbahn, oberirdisch LINIE

Current Range

Basic-Implicit-Relations-Map

Map Coordinates

Full Map: (69778,32000) - (78073,39458)
Map Range: (71 274,33734) - (74590,37050)
Range: 331 6 * 331 6 meters

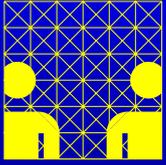
Map Overview

Undo Unhighlight Clear Reset Redraw Delete Infos

```
179986399/5000) (726242429/10000 360505039/10000)) ((726242429/10000 360505039/10000) (725539329/10000 179852849/5000)) ((725539329/10000 179852849/5000) (90587851/1250 22441048/625)) ((90587851/1250 22441048/625) (72506219/1000 22400168/625)) ((72506219/1000 22400168/625) (72553149/10000 8944211/250)) ((72553149/10000 8944211/250) (726307949/10000 357853369/10000)))>
```

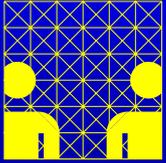
Command: □

L: Describe Object; R: Menu.



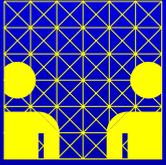
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS



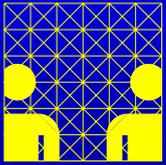
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne



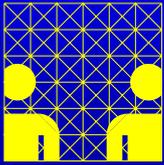
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte



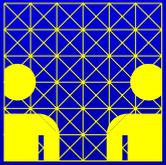
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...



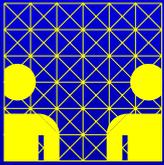
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen



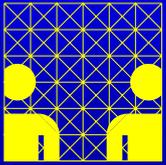
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - *touches(obj₁, obj₂), contains(obj₁, obj₃), overlaps(obj₃, obj₄),...*



Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
 - Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - $touches(obj_1, obj_2)$, $contains(obj_1, obj_3)$,
 $overlaps(obj_3, obj_4), \dots$
- ⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte qualitative räumliche Sachverhalte



Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - $touches(obj_1, obj_2)$, $contains(obj_1, obj_3)$,
 $overlaps(obj_3, obj_4), \dots$

⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte qualitative räumliche Sachverhalte



A,B

EQ

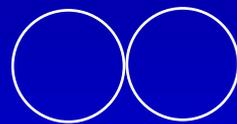


A

DC



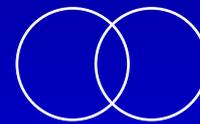
B



A

B

EC



A

B

PO



B

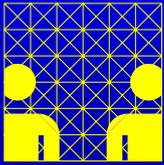
TPP



A

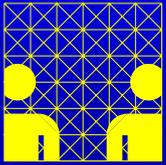
B

NTPP



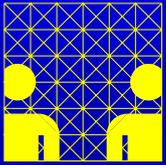
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - $touches(obj_1, obj_2)$, $contains(obj_1, obj_3)$,
 $overlaps(obj_3, obj_4), \dots$
 - ⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte qualitative räumliche Sachverhalte
- Thematische Aspekte



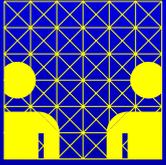
Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - $touches(obj_1, obj_2)$, $contains(obj_1, obj_3)$,
 $overlaps(obj_3, obj_4), \dots$
 - ⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte qualitative räumliche Sachverhalte
- Thematische Aspekte
 - $lake(polygon_5) \wedge shipable(polygon_5) \wedge$
 $water_quality(polygon_5) = high \wedge \dots$



Motivation

- Vision eines deduktiven GIS
- Spezifische Aspekte der Domäne
 - Räumliche Aspekte
 - Objekttyp, Form, Orientierung, Größe, ...
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
 - $touches(obj_1, obj_2)$, $contains(obj_1, obj_3)$,
 $overlaps(obj_3, obj_4), \dots$
 - ⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte qualitative räumliche Sachverhalte
- Thematische Aspekte
 - $lake(polygon_5) \wedge shipable(polygon_5) \wedge$
 $water_quality(polygon_5) = high \wedge \dots$
 - ⇒ Beschreibungssprache für ausgewählte thematische Sachverhalte



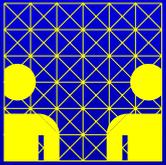
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente



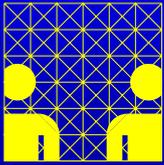
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände



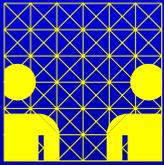
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden



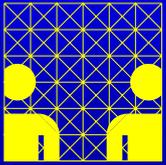
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering



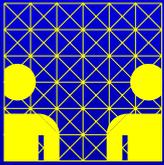
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt



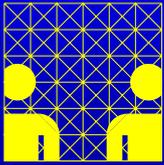
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen



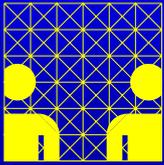
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen
- Intensionale Komponente



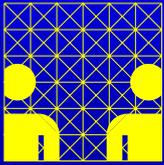
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen
- Intensionale Komponente
 - Qualitatives Schließen über imaginäre Datenbestände



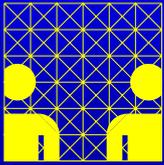
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen
- Intensionale Komponente
 - Qualitatives Schließen über imaginäre Datenbestände
 - Räumliche Eigenschaften unterbestimmt



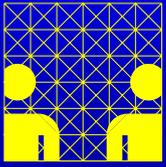
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen
- Intensionale Komponente
 - Qualitatives Schließen über imaginäre Datenbestände
 - Räumliche Eigenschaften unterbestimmt
 - Probleme mit Vollständigkeit



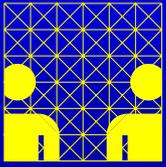
Zentrale Idee f. Architektur

- Extensionale Komponente
 - Schließen über konkrete Datenbestände
 - Geometrie explizit vorhanden
 - Qualitative Beschreibungen für Query-Answering
 - Thematik u.U. unterbestimmt
 - Konkretes räumliches Schließen
- Intensionale Komponente
 - Qualitatives Schließen über imaginäre Datenbestände
 - Räumliche Eigenschaften unterbestimmt
 - Probleme mit Vollständigkeit
- Intensionale vs. extensionale Komponente



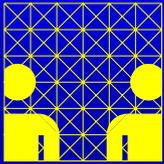
Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)



Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)
 - Umweltmonitoring:
Welche Gewerbegebiete grenzen an
Grünanlagen, die stehende Gewässer
enthalten?



Wünschenswerte Leistungen

Map Viewer

File Map Key Control Spatial Querying

Autotracking
 Map Text
 Nodes
 Sensitive Objects
 Single Boxes
 Warnings
 Solid Areas
 Highlight Bindings
 Show Bindings
 Stored Relations

??? 8172 ???

Abgrenzung flächenhafter Gewässer, unsichtbar LINIE
Abgrenzung zu anderen Ebenen, unsichtbar LINIE

Abgrenzung der BAB, usw. geg. Ausfahrt, unsichtbar LINIE

Acker FLAECHE

AKN-Bahn SYMBOL
AKN-Bahn, oberirdisch LINIE
AKN-Bahn, oberirdisch LINIE
AKN-Station SYMBOL

Auffahrt auf BAB, BAB-ähnlich, B LINIE

Auffahrt auf BAB, BAB-ähnlich, B unter Eb 6 und 7 1
Autobahn-Anschluss TEXT
Autobahnkreuz TEXT
B-Symbol (Bundesstrassenschild) SYMBOL-MIT-TEXT

BAB FLAECHE

BAB unter Eb. 6 und 7 FLAECHE
BAB-ähnlich FLAECHE
BAB-ähnlich unter Eb. 6 und 7 FLAECHE
BAB-ähnlich, Mittellinie LINIE
BAB-ähnlich, Mittellinie
BAB-ähnlich, Mittellinie unter Eb 6 und 7 LINIE
BAB-ähnlich, Randbegrenzung LINIE
BAB-ähnlich, Randbegrenzung unter Eb 6 und 7 LINIE
BAB-Anschlussstelle TEXT
BAB-Kreuz TEXT

BAB-Mittellinie LINIE

BAB-Mittellinie LINIE
BAB-Mittellinie unter Eb 6 und 7 LINIE

BAB-Randbegrenzung LINIE

BAB-Randbegrenzung unter Eb 6 und 7 1
BAB-Schild SYMBOL-MIT-TEXT
BAB-Symbol SYMBOL-MIT-TEXT
BAB-Tunnel, Randbegrenzung LINIE
Bahnbetriebsgehäude FLAECHE
Baublockgrenze LINIE
Baublockgrenze, im Gewässer LINIE
Baublocknummer TEXT
Baublockzusammengehörigkeit SYMBOL
Berg-Hoehenzahl TEXT
Bergname TEXT
Bezirksgrenzband, Abgrenzung aussen (60 m) LINIE
Bezirksgrenzband, Abgrenzung Mitte (30 m) LINIE
Bezirksgrenze LINIE
Bezirksgrenze, Grenzband 1 FLAECHE
Bezirksgrenze, Grenzband 2 FLAECHE
Bezirksname TEXT
Blattschnitt (Bearbeitungsgrenze fuer Schrift) LINIE

Brachflaeche FLAECHE

Bruecke LINIE
Brueckename TEXT
Bundesbahn, oberirdisch LINIE

Current Range

Undo Unhighlight Clear Reset Redraw Delete Infos

Basic-Implicit-Relations-Map

Map Coordinates

Full Map: (73914,33000) - (77000,36259)
Map Range: (73891,34500) - (74807,35416)
Range: 916 * 916 meters

Map Overview

Map Infos

ID 41.26.530 (Industrie/Gewerbe INDUSTRIE-GEWERBE FL

Has Segments:

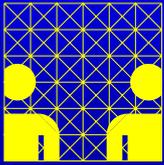
| | |
|---------|--|
| ID 4070 | 520 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4076 | 521 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4082 | 522 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4088 | 523 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4094 | 524 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4100 | 525 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4112 | 527 (Sonstige Strasse SONSTIGE-STRASSI |
| ID 4107 | 526 (Sonstige Strasse SONSTIGE-STRASSI |
| ID 4122 | 529 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |
| ID 4064 | 519 (Nutzungsartengrenze NUTZUNGSR |

000 349247/10) (74021719/1000 43624201/1250)) ((74021719/1000 43624201/1250) (740624429/10000 349403179/10000)))>

Command: Adjust Map Center #-<BOUNDING-BOX 23794854>

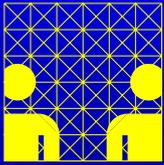
Command: □

R: Menu of completions.



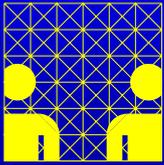
Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)
 - Umweltmonitoring:
Welche Gewerbegebiete grenzen an Grünanlagen, die stehende Gewässer enthalten?
- ⇒ Hintergrundwissen (in Taxonomien) erforderlich!



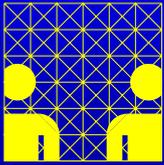
Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)
 - Umweltmonitoring:
Welche Gewerbegebiete grenzen an Grünanlagen, die stehende Gewässer enthalten?
 - ⇒ Hintergrundwissen (in Taxonomien) erforderlich!
 - ⇒ Gemischte Beschreibungen mit räumlichen und thematischen Anteilen notwendig



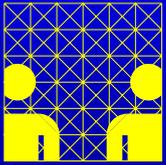
Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)
 - Umweltmonitoring:
Welche Gewerbegebiete grenzen an Grünanlagen, die stehende Gewässer enthalten?
 - ⇒ Hintergrundwissen (in Taxonomien) erforderlich!
 - ⇒ Gemischte Beschreibungen mit räumlichen und thematischen Anteilen notwendig
- Check auf Datenkonsistenz



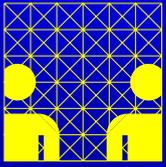
Wünschenswerte Leistungen

- Anfragebearbeitung (Query Answering)
 - Umweltmonitoring:
Welche Gewerbegebiete grenzen an Grünanlagen, die stehende Gewässer enthalten?
 - ⇒ Hintergrundwissen (in Taxonomien) erforderlich!
 - ⇒ Gemischte Beschreibungen mit räumlichen und thematischen Anteilen notwendig
- Check auf Datenkonsistenz
 - Konsistenzbegriff bzgl. der räumlich-thematischen Beschreibungen



Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff



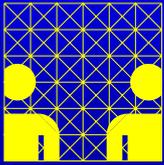
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?



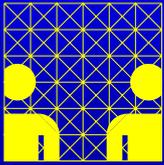
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?
- ⇒ Räumlich-thematische Konzepte



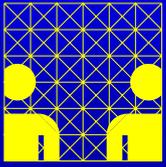
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?
 - ⇒ Räumlich-thematische Konzepte
 - ⇒ Zentraler Begriff: Konzeptkonsistenz



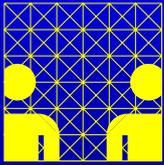
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?
 - ⇒ Räumlich-thematische Konzepte
 - ⇒ Zentraler Begriff: Konzeptkonsistenz
- Konzepttaxonomien



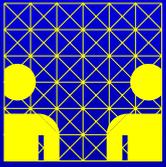
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?
 - ⇒ Räumlich-thematische Konzepte
 - ⇒ Zentraler Begriff: Konzeptkonsistenz
- Konzepttaxonomien
 - Gewerbegebiet, in Gewässer mündender Bach, Gebiete enthaltenes Gebiet, ...



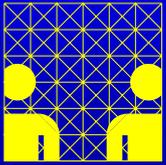
Wünschenswerte Leistungen (2)

- Konsistenzbegriff
 - Wie sehen die räumlich-thematischen Beschreibungen überhaupt aus?
 - ⇒ Räumlich-thematische Konzepte
 - ⇒ Zentraler Begriff: Konzeptkonsistenz
- Konzepttaxonomien
 - Gewerbegebiet, in Gewässer mündender Bach, Gebiete enthaltenes Gebiet, ...
 - Subsumptionsbestimmung:
Teich in den ein Bach fließt
⊆
Stehendes Gewässer mit Zufluss



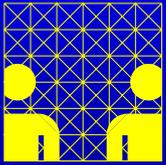
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen



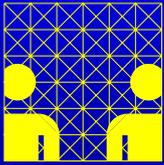
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)



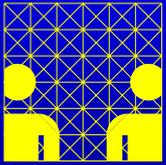
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss



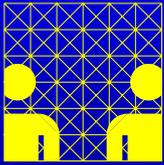
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
 - Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss
- ⇒ Optimierung durch Caching von Anfrageergebnissen möglich



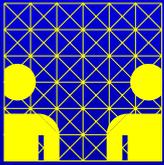
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss
⇒ Optimierung durch Caching von Anfrageergebnissen möglich
- Technische Aspekte



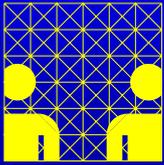
Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss
 - ⇒ Optimierung durch Caching von Anfrageergebnissen möglich
- Technische Aspekte
 - Konzeptbeschreibungssprachen



Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss
- ⇒ Optimierung durch Caching von Anfrageergebnissen möglich
- Technische Aspekte
 - Konzeptbeschreibungssprachen
 - Anfragesprachen



Wünschenswerte Leistungen (3)

- Erkennung widersprüchliche Anfragen
- Subsumption zw. Anfragen (Query Entailment, Equivalence)
 - Das Anfrageergebnis von Teich, in den ein Bach fließt ist eine Teilmenge von Stehendes Gewässer mit Zufluss
- ⇒ Optimierung durch Caching von Anfrageergebnissen möglich
- Technische Aspekte
 - Konzeptbeschreibungssprachen
 - Anfragesprachen
 - Grafische Interfaces

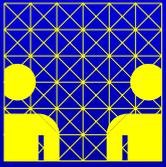


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.

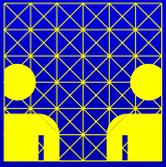


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.



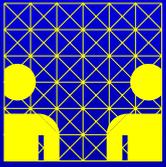


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.



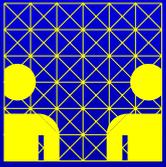
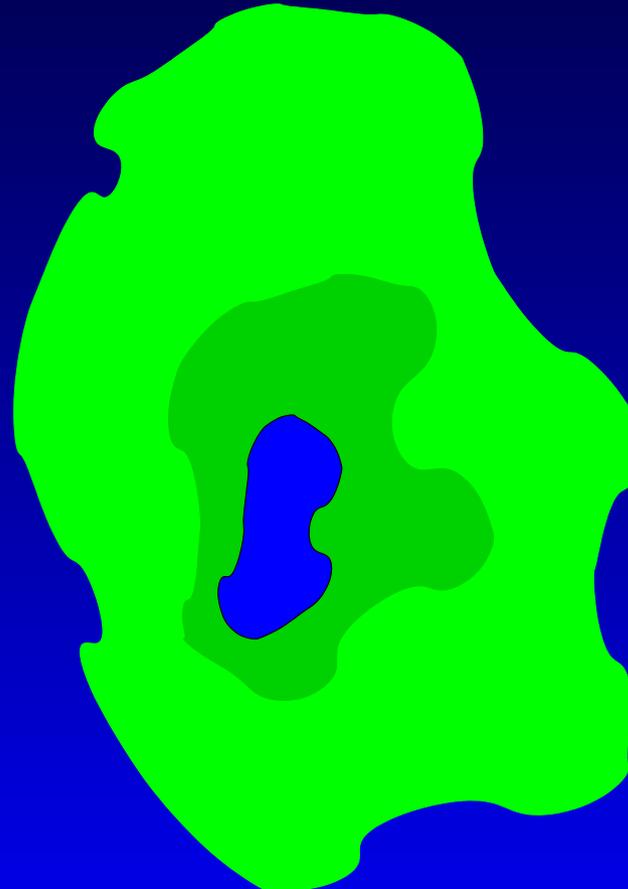


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.



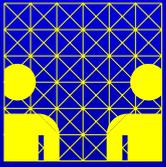


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass



Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und



Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,

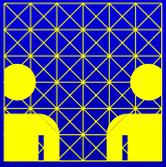


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,
 - ist dieses Konzept inkonsistent.

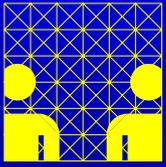


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
 - Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,
 - ist dieses Konzept inkonsistent.
- ⇒ räumliche-thematische Interaktion

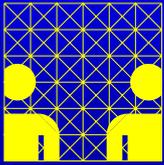


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,
 - ist dieses Konzept inkonsistent.

⇒ räumliche-thematische Interaktion
- Anforderungen an die Beschreibungssprache

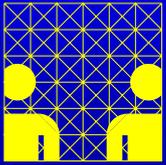


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,
 - ist dieses Konzept inkonsistent.

⇒ räumliche-thematische Interaktion
- Anforderungen an die Beschreibungssprache
 - Ein, einen + keine (Negation) ⇒ für alle ⇒
 $\exists, \forall, \neg, \vee, \wedge$

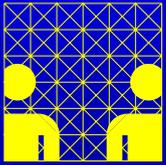
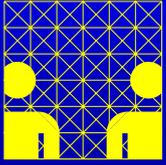


Illustration Konzeptkonsistenz

- Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.
- Mit dem Hintergrundwissen, dass
 - enthält eine transitive Relation ist, und
 - dass Seen auch Gewässer sind,
 - ist dieses Konzept inkonsistent.

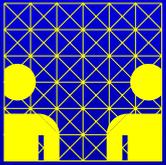
⇒ räumliche-thematische Interaktion
- Anforderungen an die Beschreibungssprache
 - Ein, einen + keine (Negation) ⇒ für alle ⇒
 $\exists, \forall, \neg, \vee, \wedge$

⇒ Mehr als propositionale Logik erforderlich



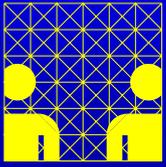
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit



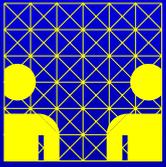
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker



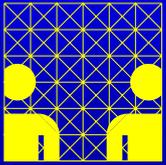
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit



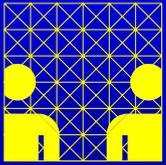
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit
 - ES GIBT einen See, der ein Waldgebiet berührt (\exists)



Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit
 - ES GIBT einen See, der ein Waldgebiet berührt (\exists)
 - In welchen räumlichen Relationen zu den anderen Objekten kann der See stehen?

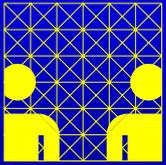


Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit
 - ES GIBT einen See, der ein Waldgebiet berührt (\exists)
 - In welchen räumlichen Relationen zu den anderen Objekten kann der See stehen?

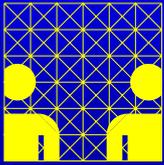


Eintrag $EC \circ EC$ aus RCC8-Tabelle



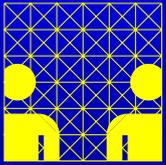
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit
 - ES GIBT einen See, der ein Waldgebiet berührt (\exists)
 - In welchen räumlichen Relationen zu den anderen Objekten kann der See stehen?
 - $EC(Wald, See) \wedge EC(Acker, Wald) \Rightarrow$
 $DC(Acker, See) \vee EC(Acker, See) \vee$
 $PO(Acker, See) \vee TPP(Acker, See) \vee$
 $TPPI(Acker, See)$



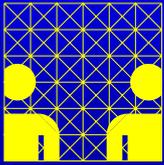
Problem Unterbestimmtheit

- Thematische Unterbestimmtheit
 - $Polygon_{123}$ ist eine Wiese oder ein Acker
- Räumliche Unterbestimmtheit
 - ES GIBT einen See, der ein Waldgebiet berührt (\exists)
 - In welchen räumlichen Relationen zu den anderen Objekten kann der See stehen?
 - $EC(Wald, See) \wedge EC(Acker, Wald) \Rightarrow$
 $DC(Acker, See) \vee EC(Acker, See) \vee$
 ~~$PO(Acker, See) \vee TPP(Acker, See) \vee$~~
 ~~$TPPI(Acker, See)$~~
 - Mit Hintergrundwissen



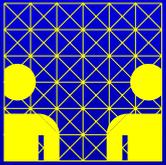
Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind



Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind
- Knoten sind Objekte erster Ordnung



Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind
- Knoten sind Objekte erster Ordnung

⇒ Quantoren

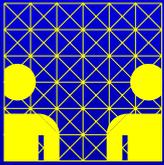


Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind
- Knoten sind Objekte erster Ordnung

⇒ Quantoren

⇒ Normale relationale Semantik



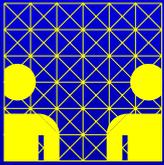
Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind
- Knoten sind Objekte erster Ordnung

⇒ Quantoren

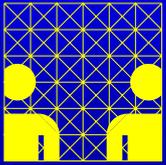
⇒ Normale relationale Semantik

⇒ Beziehungen zur Modallogik, algebraischen Logik und Theorie der Relationenalgebren



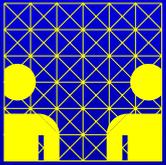
Zur Konzeptualisierung

- Annahme: Die Modelle der betrachteten Konzepte sind konsistente RCC-Netze mit deren Knoten logische Beschreibungen assoziiert sind
 - Knoten sind Objekte erster Ordnung
- ⇒ Quantoren
- ⇒ Normale relationale Semantik
- ⇒ Beziehungen zur Modallogik, algebraischen Logik und Theorie der Relationenalgebren
- Modallogiken sind das Mittel der Wahl, um über relationale Strukturen zu reden



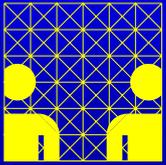
Zur Konzeptualisierung (2)

- Konzepte sind einstellig; ihre Extensionen sind Mengen von geographischen Objekten



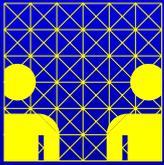
Zur Konzeptualisierung (2)

- Konzepte sind einstellig; ihre Extensionen sind Mengen von geographischen Objekten
- Räumliche qualitative Relation sind zweistellig; ihre Extensionen sind Paare von geographischen Objekten; über sie kann entlang der Kanten quantifiziert werden (s.u.).



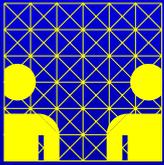
Zur Konzeptualisierung (2)

- Konzepte sind einstellig; ihre Extensionen sind Mengen von geographischen Objekten
- Räumliche qualitative Relation sind zweistellig; ihre Extensionen sind Paare von geographischen Objekten; über sie kann entlang der Kanten quantifiziert werden (s.u.).
- Die geographischen Objekte werden nicht mit ihren Regionen identifiziert



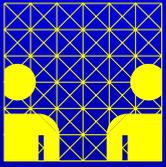
Zur Konzeptualisierung (2)

- Konzepte sind einstellig; ihre Extensionen sind Mengen von geographischen Objekten
- Räumliche qualitative Relation sind zweistellig; ihre Extensionen sind Paare von geographischen Objekten; über sie kann entlang der Kanten quantifiziert werden (s.u.).
- Die geographischen Objekte werden nicht mit ihren Regionen identifiziert
- Folgendes ist keine direkte Konsequenz der Semantik:



Zur Konzeptualisierung (2)

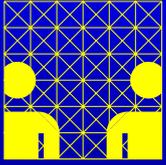
- Konzepte sind einstellig; ihre Extensionen sind Mengen von geographischen Objekten
- Räumliche qualitative Relation sind zweistellig; ihre Extensionen sind Paare von geographischen Objekten; über sie kann entlang der Kanten quantifiziert werden (s.u.).
- Die geographischen Objekte werden nicht mit ihren Regionen identifiziert
- Folgendes ist keine direkte Konsequenz der Semantik:
 - Die Alpen überlappen Italien. \Rightarrow Es gibt ein Stück italienische Alpen.



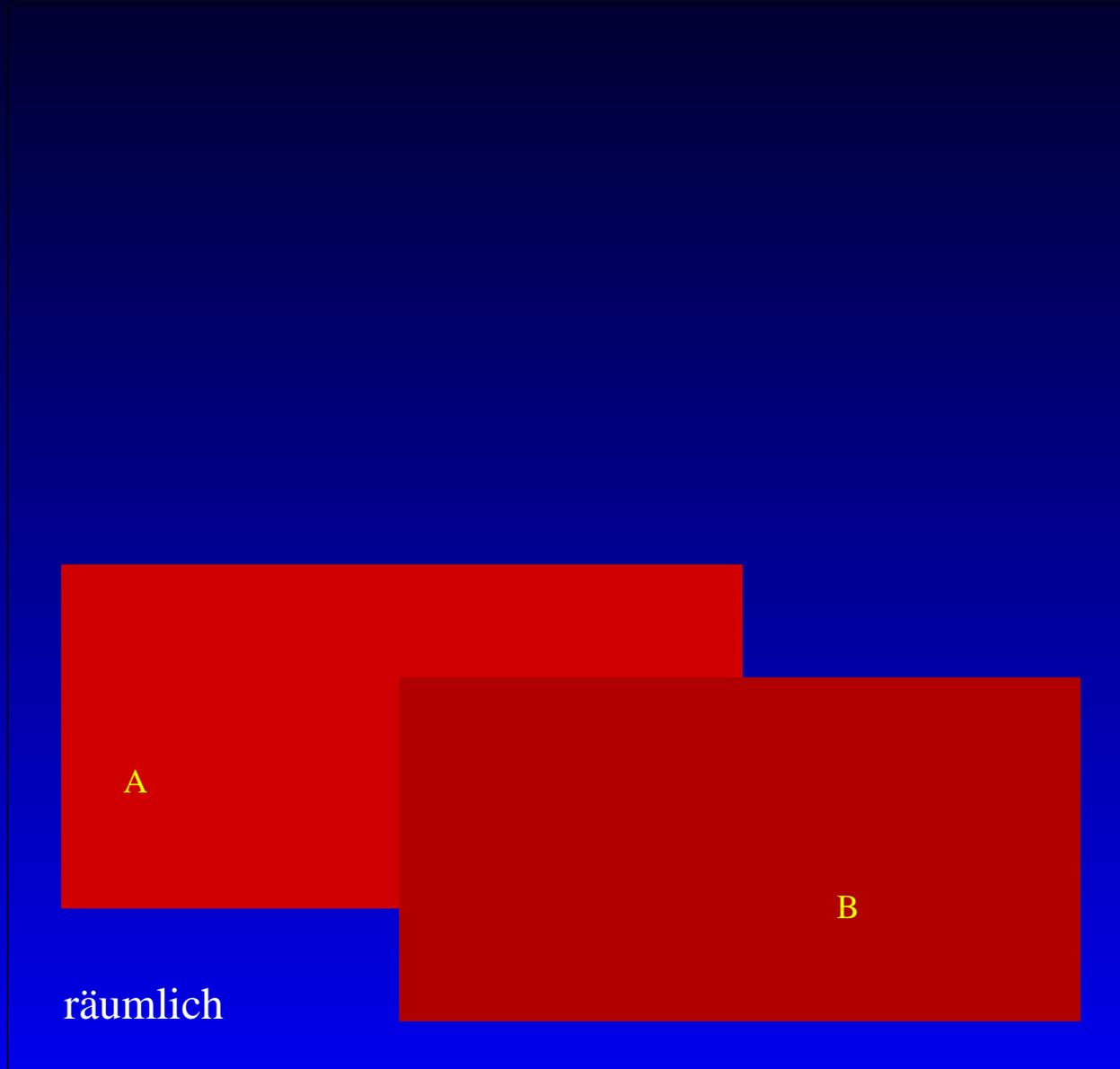
Geographische Objekte

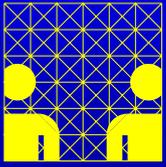


räumlich

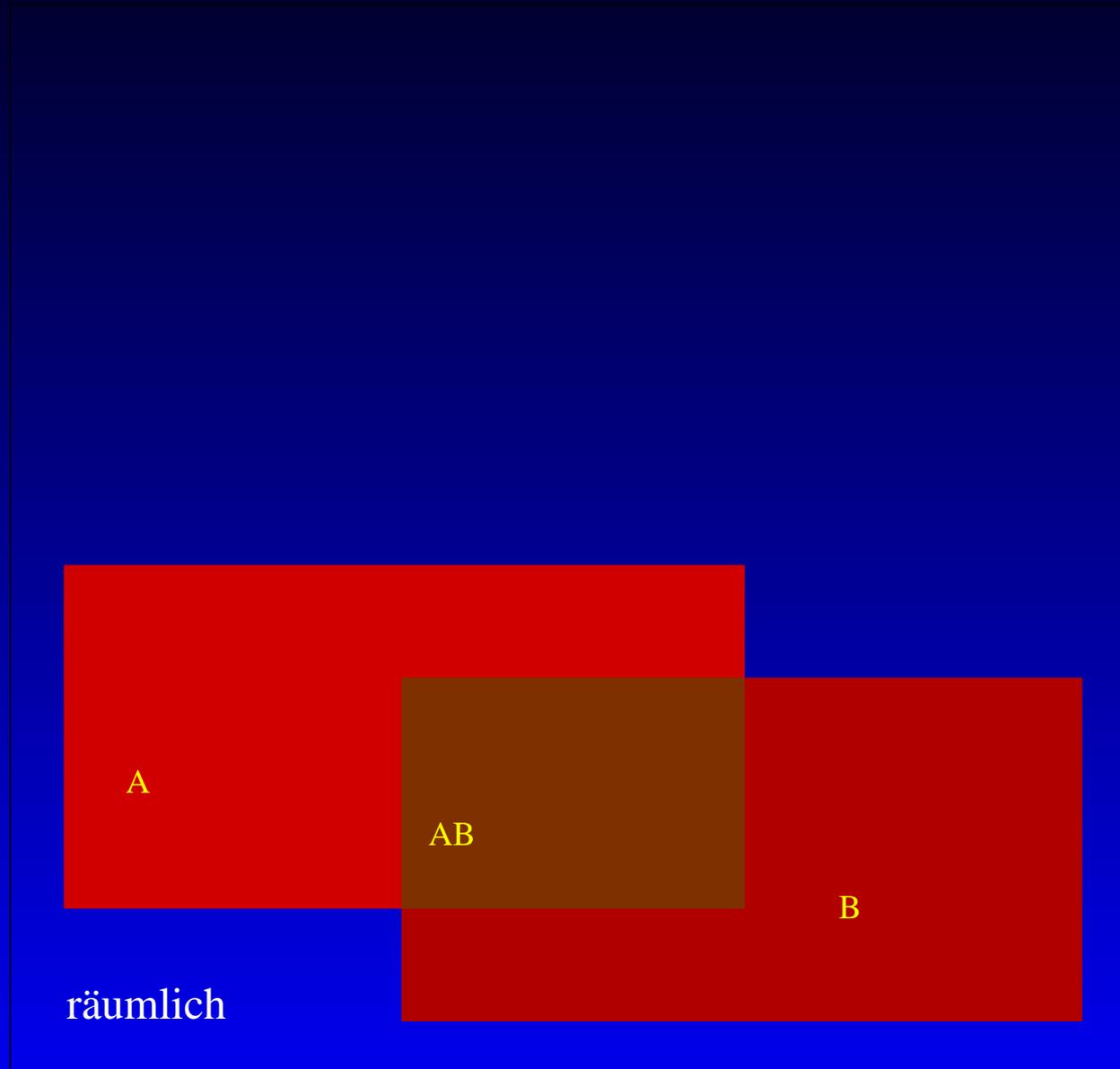


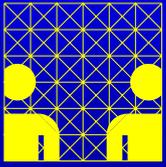
Geographische Objekte



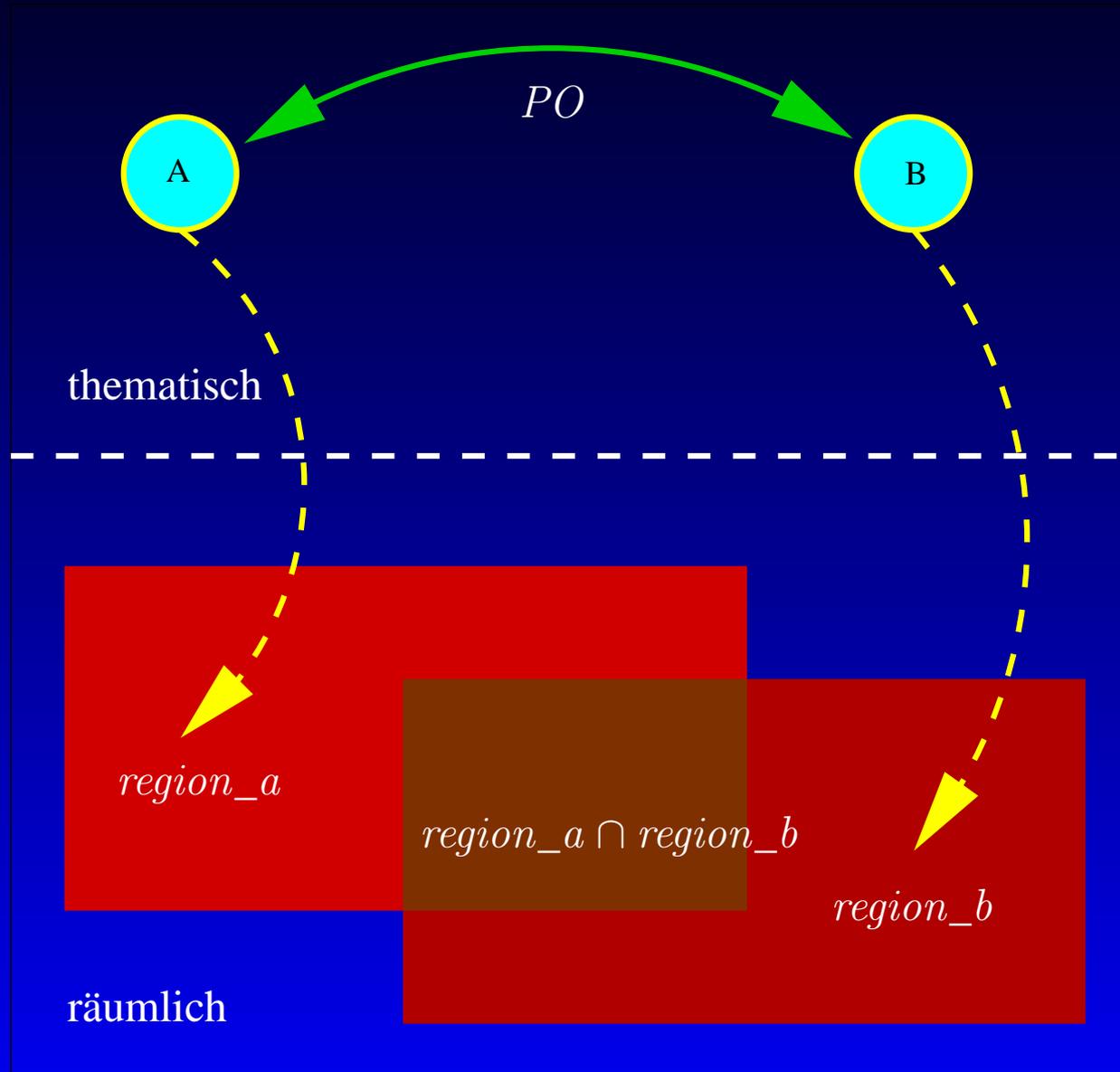


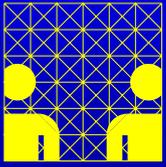
Geographische Objekte



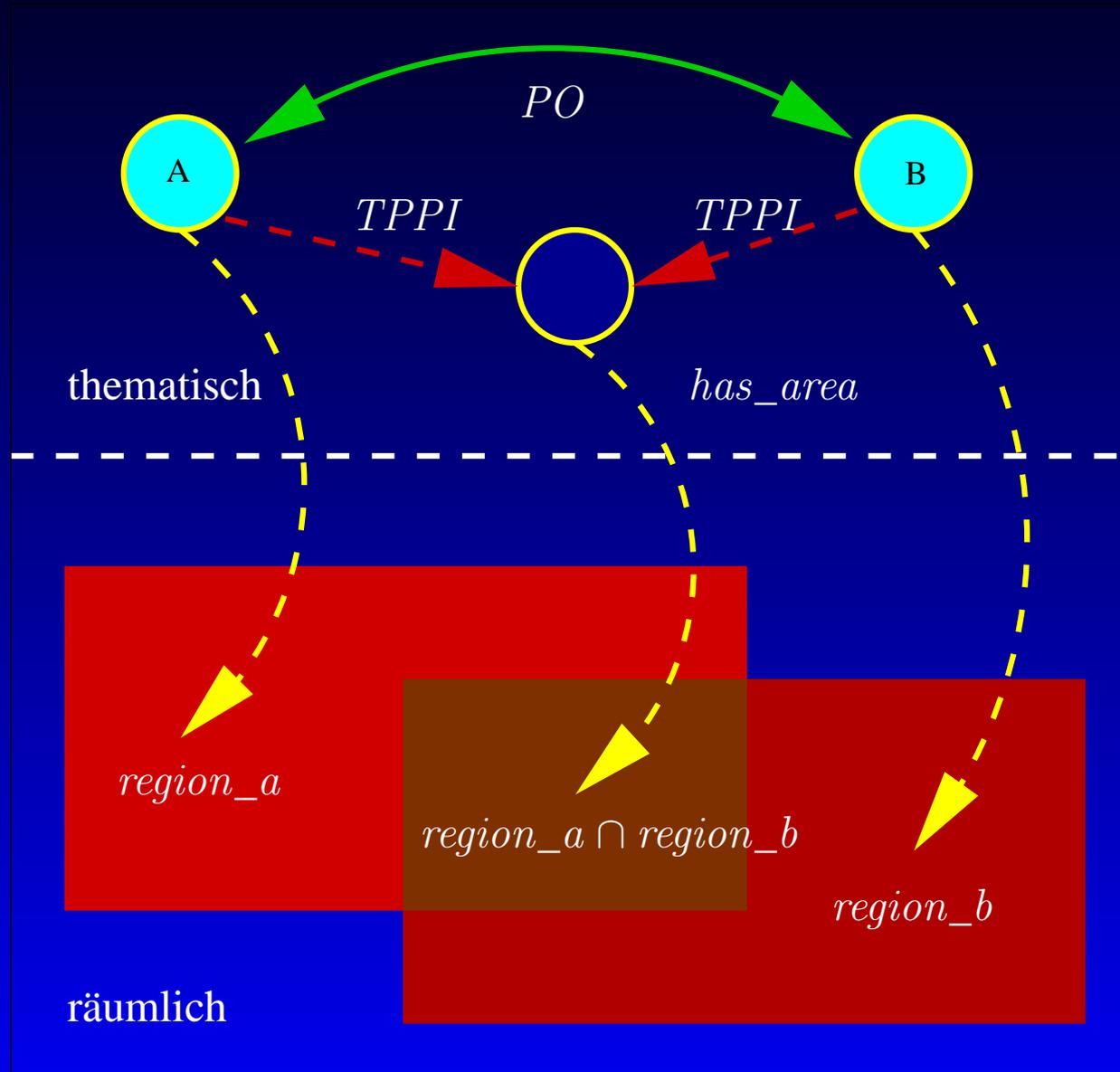


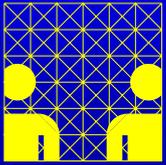
Geographische Objekte





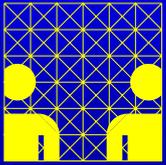
Geographische Objekte





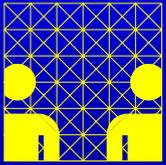
Geographische Objekte

- Die Schnittregion italienische Alpen ist zwar implizit vorhanden, aber es können keine thematischen Aussagen darüber gemacht werden.



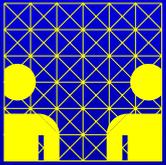
Geographische Objekte

- Die Schnittregion italienische Alpen ist zwar implizit vorhanden, aber es können keine thematischen Aussagen darüber gemacht werden.
- ⇒ Geographische Objekte sind atomare Objekte erster Ordnung (keine Regionen bzw. Mengen = zweiter Ordnung)



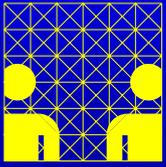
Geographische Objekte

- Die Schnittregion italienische Alpen ist zwar implizit vorhanden, aber es können keine thematischen Aussagen darüber gemacht werden.
- ⇒ Geographische Objekte sind atomare Objekte erster Ordnung (keine Regionen bzw. Mengen = zweiter Ordnung)
- ⇒ Unterschiedliche Konzeptualisierung als für $S4_u$ (Bennet et al.)!



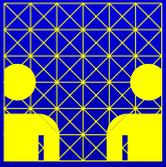
Geographische Objekte

- Die Schnittregion italienische Alpen ist zwar implizit vorhanden, aber es können keine thematischen Aussagen darüber gemacht werden.
- ⇒ Geographische Objekte sind atomare Objekte erster Ordnung (keine Regionen bzw. Mengen = zweiter Ordnung)
- ⇒ Unterschiedliche Konzeptualisierung als für $S4_u$ (Bennet et al.)!
- ⇒ Prinzipielle Probleme mit Vollständigkeit

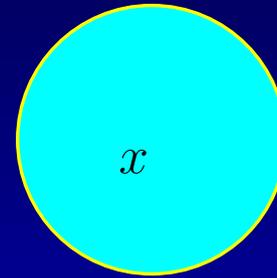


Geographische Objekte

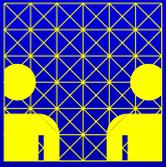
- Die Schnittregion italienische Alpen ist zwar implizit vorhanden, aber es können keine thematischen Aussagen darüber gemacht werden.
- ⇒ Geographische Objekte sind atomare Objekte erster Ordnung (keine Regionen bzw. Mengen = zweiter Ordnung)
- ⇒ Unterschiedliche Konzeptualisierung als für $S4_u$ (Bennet et al.)!
- ⇒ Prinzipielle Probleme mit Vollständigkeit
- Nebenbemerkung: prinzipielles Problem räumlicher Logiken



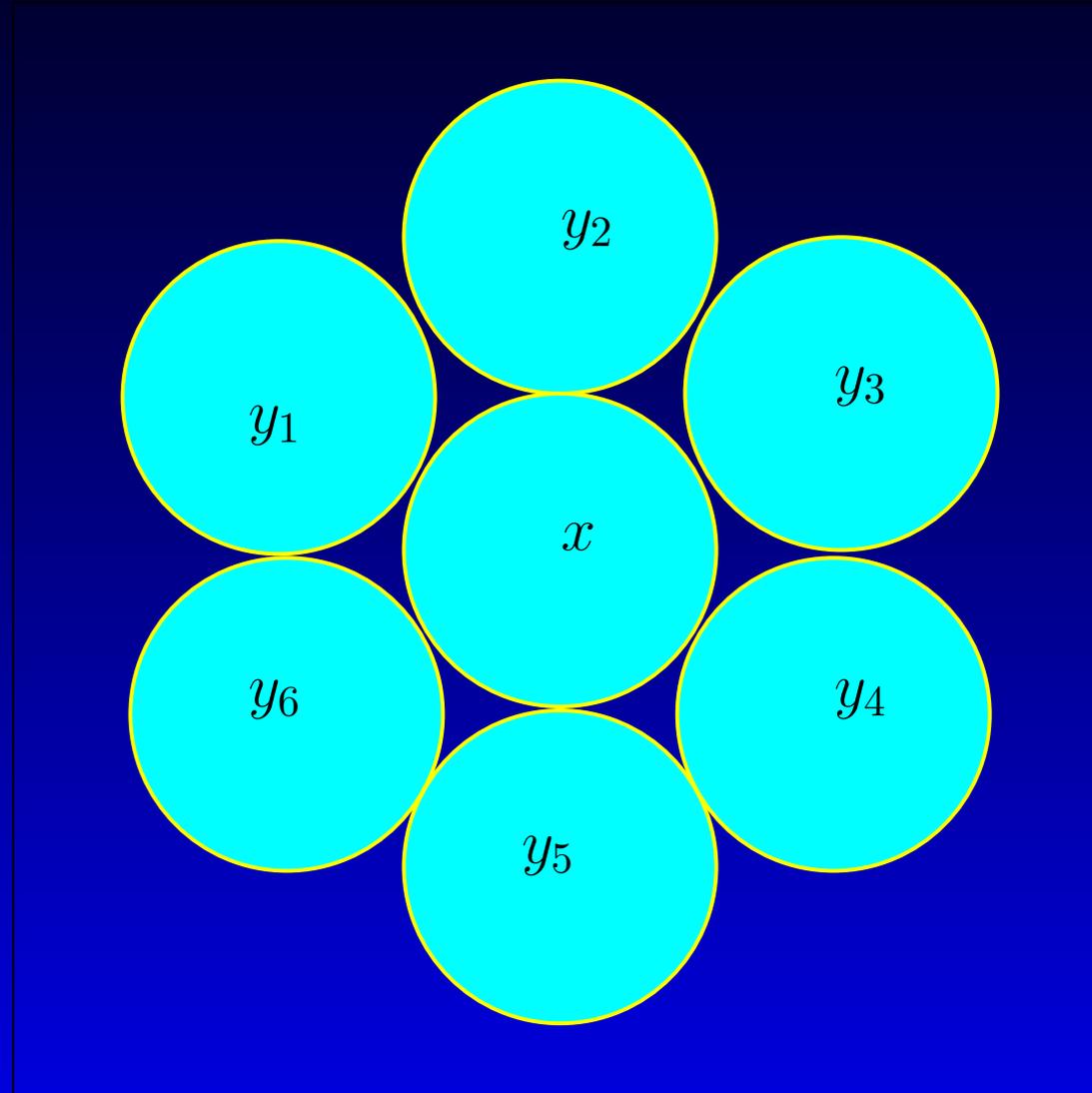
Bsp. Unvollständigkeit (Lemon)

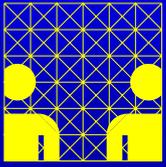


$$\begin{aligned} & circle_{r=10}(x) \wedge \\ & circle_{r=10}(y_1) \wedge \dots \wedge circle_{r=10}(y_7) \wedge \\ & EC(x, y_1) \wedge \dots \wedge EC(x, y_7) \wedge \\ & (EC(y_1, y_2) \wedge EC(y_2, y_3)) \wedge \\ & (EC(y_2, y_3) \wedge EC(y_3, y_4)) \wedge \dots \wedge \\ & (EC(y_6, y_7) \wedge EC(y_7, y_1)) \end{aligned}$$

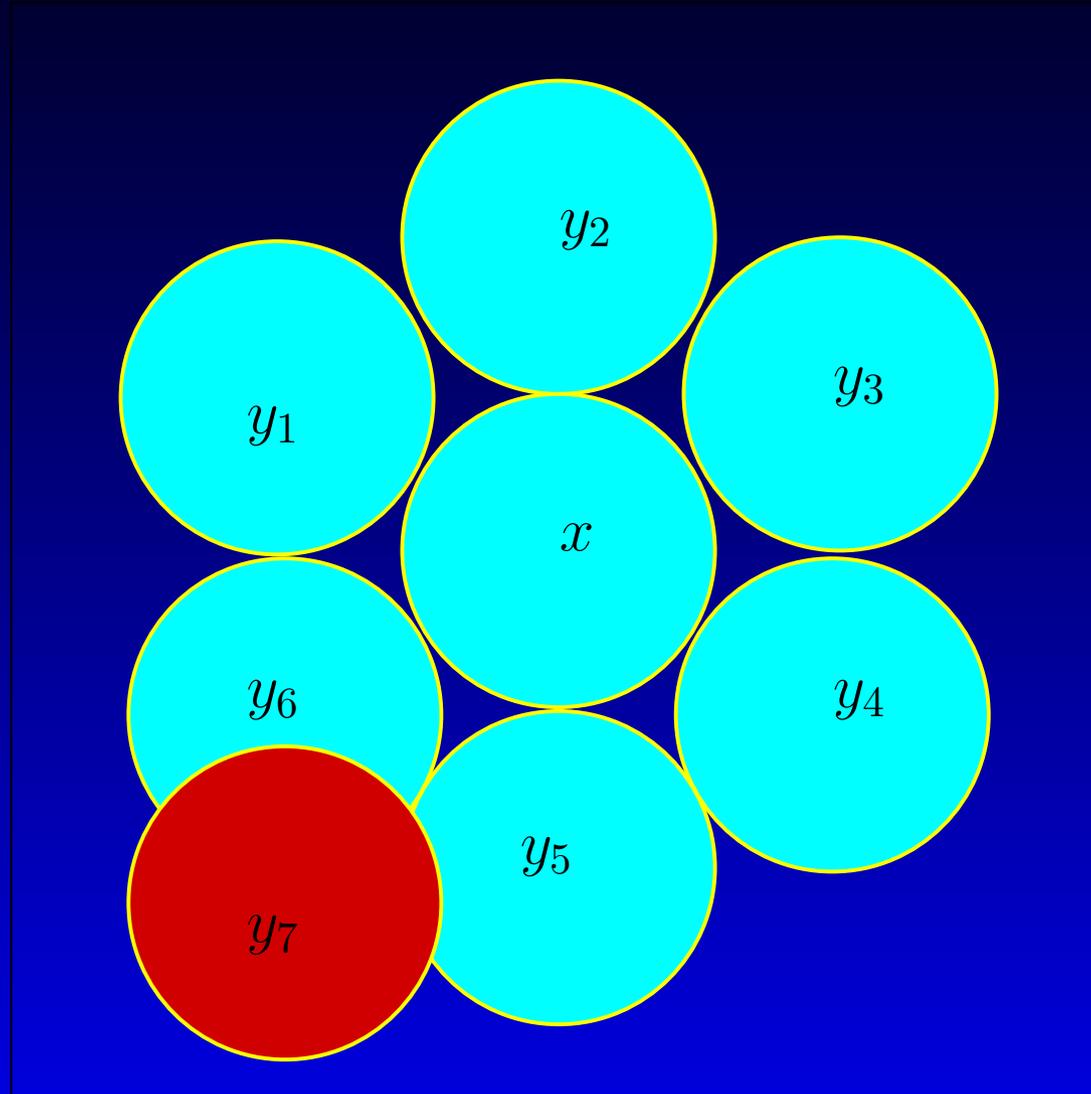


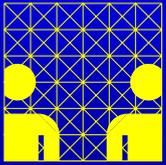
Bsp. Unvollständigkeit (Lemon)





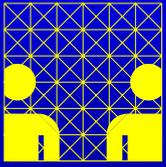
Bsp. Unvollständigkeit (Lemon)





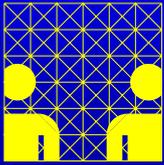
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte



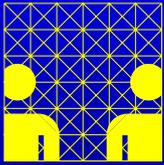
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*



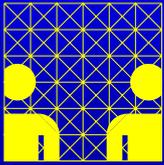
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*



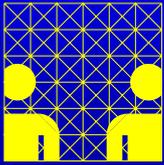
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*
- Interpretation $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, Domäne Δ^I , Interpretationsfunktion



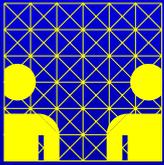
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*
- Interpretation $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, Domäne Δ^I , Interpretationsfunktion
 - $\cdot^I(C) \subseteq 2^{\Delta^I}$, $\cdot^I(R) \subseteq 2^{\Delta^I} \times 2^{\Delta^I}$



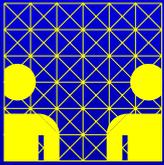
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*
- Interpretation $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, Domäne Δ^I , Interpretationsfunktion
 - $\cdot^I(C) \subseteq 2^{\Delta^I}$, $\cdot^I(R) \subseteq 2^{\Delta^I} \times 2^{\Delta^I}$
 - $(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$, $(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$, $\neg C^I = \Delta^I \setminus C^I$,



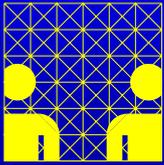
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*
- Interpretation $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, Domäne Δ^I , Interpretationsfunktion
 - $\cdot^I(C) \subseteq 2^{\Delta^I}$, $\cdot^I(R) \subseteq 2^{\Delta^I} \times 2^{\Delta^I}$
 - $(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$, $(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$, $\neg C^I = \Delta^I \setminus C^I$,
 - $(\exists R.C)^I = \{d \in \Delta^I \mid \exists e \in \Delta^I ((d, e) \in R^I, e \in C^I)\}$,



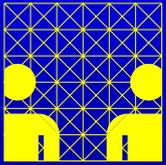
Some DL-Basics: \mathcal{ALC}

- \mathcal{ALC} -Konzepte
 - Jedes $C \in N_C$ ist ein *Konzept*
 - Wenn C und D *Konzepte* sind und R ein Rollenname $\in N_R$, so sind $(C \sqcap D)$, $(C \sqcup D)$, $(\neg C)$, $(\forall R.C)$, $(\exists R.C)$ *Konzepte*
- Interpretation $I = (\Delta^I, \cdot^I)$, Domäne Δ^I , Interpretationsfunktion
 - $\cdot^I(C) \subseteq 2^{\Delta^I}$, $\cdot^I(R) \subseteq 2^{\Delta^I} \times 2^{\Delta^I}$
 - $(C \sqcap D)^I = C^I \cap D^I$, $(C \sqcup D)^I = C^I \cup D^I$, $\neg C^I = \Delta^I \setminus C^I$,
 - $(\exists R.C)^I = \{d \in \Delta^I \mid \exists e \in \Delta^I ((d, e) \in R^I, e \in C^I)\}$,
 - $(\forall R.C)^I = \{d \in \Delta^I \mid \forall e \in \Delta^I ((d, e) \in R^I \Rightarrow e \in C^I)\}$



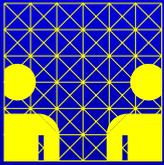
ALC (2)

- Erfüllbarkeit
 - C ist erfüllbar gdw. eine Interpretation I existiert, so daß $C^I \neq \emptyset$
 - I heißt dann Modell



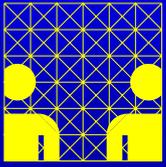
ALC (2)

- Erfüllbarkeit
 - C ist erfüllbar gdw. eine Interpretation I existiert, so daß $C^I \neq \emptyset$
 - I heißt dann Modell
- Subsumption
 - $C \sqsubseteq D$ gdw. $C^I \subseteq D^I$ für alle I gdw.
 - $C \sqcap \neg D$ unerfüllbar ist.



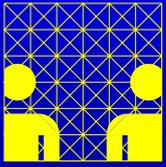
ALC (2)

- Erfüllbarkeit
 - C ist erfüllbar gdw. eine Interpretation I existiert, so daß $C^I \neq \emptyset$
 - I heißt dann Modell
- Subsumption
 - $C \sqsubseteq D$ gdw. $C^I \subseteq D^I$ für alle I gdw.
 - $C \sqcap \neg D$ unerfüllbar ist.
- Einfaches Beispiel
 - $father =_{def} human \sqcap male \sqcap \exists has_child.human$
 - $father \sqsubseteq man$, wenn $man =_{def} human \sqcap male$



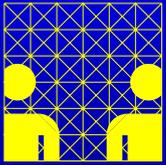
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$



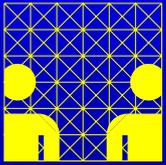
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$



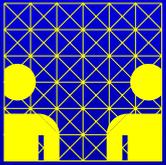
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig



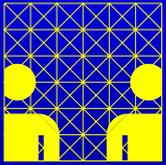
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$



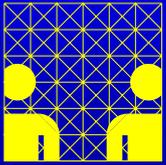
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$
- TBoxen machen einen Unterschied:



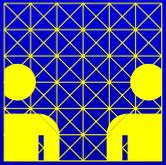
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$
- TBoxen machen einen Unterschied:
 - $mother \sqcap \neg female$ ist erfüllbar



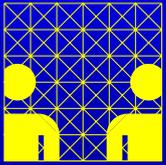
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$
- TBoxen machen einen Unterschied:
 - $mother \sqcap \neg female$ ist erfüllbar
 - $mother \sqcap \neg female$ ist unerfüllbar bzgl.
TBox $\{mother =_{def} human \sqcap female \sqcap \dots\}$



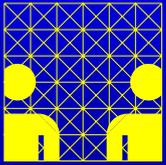
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$
- TBoxen machen einen Unterschied:
 - $mother \sqcap \neg female$ ist erfüllbar
 - $mother \sqcap \neg female$ ist unerfüllbar bzgl.
TBox $\{mother =_{def} human \sqcap female \sqcap \dots\}$
- Eine klassifizierte TBox ist eine Ontologie



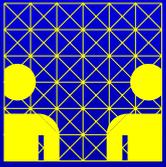
TBoxen

- TBox \mathcal{T} = Menge von Axiomen der Art
 - $C \sqsubseteq D, C \equiv D$
- Einfache TBoxen: azyklische Axiome, $C \in CN$
- Generelle TBoxen: C, D beliebig
- Semantik: $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ iff
$$\forall C \sqsubseteq D \in \mathcal{T} : \mathcal{I} \models C \sqsubseteq D, C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$$
- TBoxen machen einen Unterschied:
 - $mother \sqcap \neg female$ ist erfüllbar
 - $mother \sqcap \neg female$ ist unerfüllbar bzgl.
TBox $\{mother =_{def} human \sqcap female \sqcap \dots\}$
- Eine klassifizierte TBox ist eine Ontologie
 - Hintergrundwissen



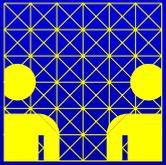
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art



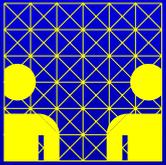
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$



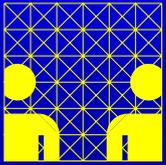
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \rightsquigarrow \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$



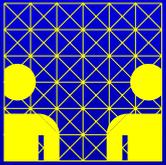
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \rightsquigarrow \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- Wissen über konkrete Objekte



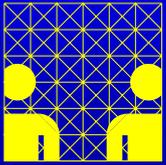
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \rightsquigarrow \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- Wissen über konkrete Objekte
- Wichtige Dienste:



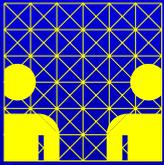
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \rightsquigarrow \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- Wissen über konkrete Objekte
- Wichtige Dienste:
 - ABox-Konsistenz



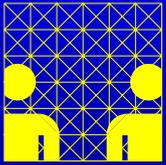
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \rightsquigarrow \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \rightsquigarrow \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- Wissen über konkrete Objekte
- Wichtige Dienste:
 - ABox-Konsistenz
 - Instance Checking
für $a \in \text{objects}(\mathcal{A})$ und bel. C , gilt $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
(für alle \mathcal{I})?



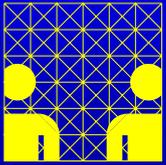
ABoxen

- ABox \mathcal{A} = Menge von Axiomen der Art
 - $a : C \stackrel{\rightsquigarrow}{\rightsquigarrow} \mathcal{I} \models a : C$ gdw. $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
 - $(a, b) : R \stackrel{\rightsquigarrow}{\rightsquigarrow} \mathcal{I} \models (a, b) : R$ gdw. $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- Wissen über konkrete Objekte
- Wichtige Dienste:
 - ABox-Konsistenz
 - Instance Checking
für $a \in \text{objects}(\mathcal{A})$ und bel. C , gilt $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$ (für alle \mathcal{I})?
 - Instance Retrieval $\text{retrieve}(\mathcal{A}, C) =_{def} \{ a \in \text{objects}(\mathcal{A}) \mid a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}} \}$ (für alle \mathcal{I})



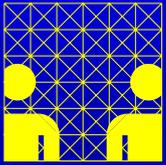
Wissenswertes über ALC

- Baummodell-Eigenschaft



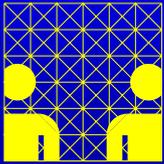
Wissenswertes über ALC

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft



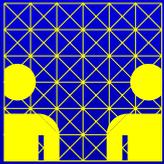
Wissenswertes über ALC

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig



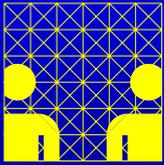
Wissenswertes über \mathcal{ALC}

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig
- $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}L^2$
(genauer: $\mathcal{ALC} \subseteq \text{monadic } \mathcal{GF}^2$)



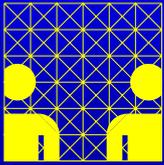
Wissenswertes über ALC

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig
- $ALC \subseteq FO\mathcal{L}^2$
(genauer: $ALC \subseteq \text{monadic } \mathcal{GF}^2$)
- Aus $ALC \subseteq FO\mathcal{L}^2$ folgt schon die Entscheidbarkeit



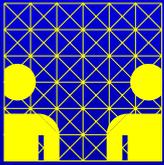
Wissenswertes über \mathcal{ALC}

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig
- $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$
(genauer: $\mathcal{ALC} \subseteq \text{monadic } \mathcal{GF}^2$)
- Aus $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$ folgt schon die Entscheidbarkeit
- Noch genauer: $\mathcal{ALC} \equiv \mathcal{K}_m$ (nur Konzepte, K.Schild, '91)



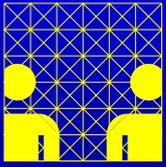
Wissenswertes über \mathcal{ALC}

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig
- $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$
(genauer: $\mathcal{ALC} \subseteq \text{monadic } \mathcal{GF}^2$)
- Aus $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$ folgt schon die Entscheidbarkeit
- Noch genauer: $\mathcal{ALC} \equiv \mathcal{K}_m$ (nur Konzepte, K.Schild, '91)
 - $\exists R.(C \sqcup D) \sqcap \forall R.\neg C \iff \diamond_R(C \vee D) \wedge \square_R\neg C$



Wissenswertes über \mathcal{ALC}

- Baummodell-Eigenschaft
- Endliche-Modell-Eigenschaft
- PSPACE-vollständig
- $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$
(genauer: $\mathcal{ALC} \subseteq \text{monadic } \mathcal{GF}^2$)
- Aus $\mathcal{ALC} \subseteq \mathcal{FO}\mathcal{L}^2$ folgt schon die Entscheidbarkeit
- Noch genauer: $\mathcal{ALC} \equiv \mathcal{K}_m$ (nur Konzepte, K.Schild, '91)
 - $\exists R.(C \sqcup D) \sqcap \forall R.\neg C \iff \diamond_R(C \vee D) \wedge \square_R\neg C$
- Einfacher Tableaux-Kalkül



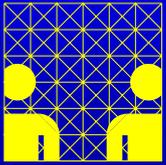
Raumkonzepte mit *ALC*?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)



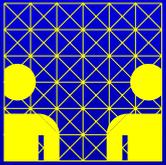
Raumkonzepte mit ALC ?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- \forall enthält. \neg kreis \sqcap \exists enthält. \exists enthält.kreis



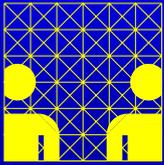
Raumkonzepte mit \mathcal{ALC} ?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- $\forall \text{enthält.} \neg \text{kreis} \sqcap \exists \text{enthält.} \exists \text{enthält.} \text{kreis}$
- Erfüllbar in $\mathcal{ALC} \rightsquigarrow \downarrow$



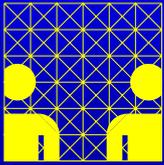
Raumkonzepte mit \mathcal{ALC} ?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- $\forall \text{enthält.} \neg \text{kreis} \sqcap \exists \text{enthält.} \exists \text{enthält.kreis}$
- Erfüllbar in $\mathcal{ALC} \rightsquigarrow \downarrow$
- Enthält ist eine transitive Relation (mind. $\mathcal{ALC}_{\mathcal{R}^+}$ notw.)



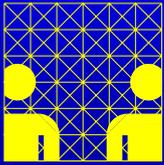
Raumkonzepte mit \mathcal{ALC} ?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- $\forall \text{enthält.} \neg \text{kreis} \sqcap \exists \text{enthält.} \exists \text{enthält.kreis}$
- Erfüllbar in $\mathcal{ALC} \rightsquigarrow \downarrow$
- Enthält ist eine transitive Relation (mind. $\mathcal{ALC}_{\mathcal{R}^+}$ notw.)
- Idee: Rollenaxiome aus RCC-Kompositionstabellen



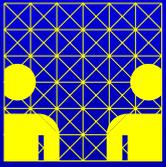
Raumkonzepte mit \mathcal{ALC} ?

- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- \forall enthält. \neg kreis \sqcap \exists enthält. \exists enthält.kreis
- Erfüllbar in $\mathcal{ALC} \rightsquigarrow \downarrow$
- Enthält ist eine transitive Relation (mind. $\mathcal{ALC}_{\mathcal{R}^+}$ notw.)
- Idee: Rollenaxiome aus RCC-Kompositionstabellen
 - Syntax: $S \circ T \sqsubseteq R_1 \sqcup \dots \sqcup R_n$
($EC \circ EC \sqsubseteq DC \sqcup EC \sqcup PO \sqcup TPP \sqcup TPPI$)



Raumkonzepte mit \mathcal{ALC} ?

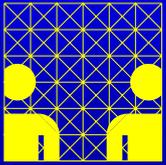
- Idee: Rollennamen für qualitative räumliche Relationen (RCC-Rollen)
- \forall enthält. \neg kreis \sqcap \exists enthält. \exists enthält.kreis
- Erfüllbar in $\mathcal{ALC} \rightsquigarrow \downarrow$
- Enthält ist eine transitive Relation (mind. $\mathcal{ALC}_{\mathcal{R}^+}$ notw.)
- Idee: Rollenaxiome aus RCC-Kompositionstabellen
 - Syntax: $S \circ T \sqsubseteq R_1 \sqcup \dots \sqcup R_n$
($EC \circ EC \sqsubseteq DC \sqcup EC \sqcup PO \sqcup TPP \sqcup TPPI$)
 - Semantik: $\mathcal{I} \models S \circ T \sqsubseteq R_1 \sqcup \dots \sqcup R_n$ gdw.
 $S^{\mathcal{I}} \circ T^{\mathcal{I}} \subseteq R_1^{\mathcal{I}} \cup \dots \cup R_n^{\mathcal{I}}$



Die Sprache ALC_{RA}^{\ominus}

- Rollenaxiome sind unabhängig vom räumlichen Kontext ein sinnvolles Konzept:

$\{brother \circ sister \sqsubseteq$
 $sister, \quad sister \circ daughter \sqsubseteq niece, \dots\}$

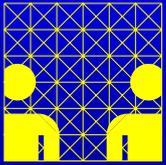


Die Sprache ALC_{RA}^{\ominus}

- Rollenaxiome sind unabhängig vom räumlichen Kontext ein sinnvolles Konzept:

$\{brother \circ sister \sqsubseteq$
 $sister, \quad sister \circ daughter \sqsubseteq niece, \dots\}$

\Rightarrow Verlust der Baummodell-Eigenschaft!



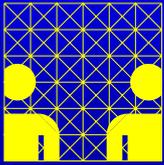
Die Sprache ALC_{RA}^{\ominus}

- Rollenaxiome sind unabhängig vom räumlichen Kontext ein sinnvolles Konzept:

$\{brother \circ sister \sqsubseteq$
 $sister, \quad sister \circ daughter \sqsubseteq niece, \dots\}$

⇒ Verlust der Baummodell-Eigenschaft!

- Leider unentscheidbar!



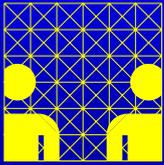
Die Sprache ALC_{RA}^{\ominus}

- Rollenaxiome sind unabhängig vom räumlichen Kontext ein sinnvolles Konzept:

$\{brother \circ sister \sqsubseteq$
 $sister, \quad sister \circ daughter \sqsubseteq niece, \dots\}$

⇒ Verlust der Baummodell-Eigenschaft!

- Leider unentscheidbar!
- Später bemerkt: Korrespondenz zu einer Familie von Modallogiken, sog. Grammar Logics



Die Sprache $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$

- Rollenaxiome sind unabhängig vom räumlichen Kontext ein sinnvolles Konzept:

$\{brother \circ sister \sqsubseteq$
 $sister, sister \circ daughter \sqsubseteq niece, \dots\}$

⇒ Verlust der Baummodell-Eigenschaft!

- Leider unentscheidbar!
- Später bemerkt: Korrespondenz zu einer Familie von Modallogiken, sog. Grammar Logics

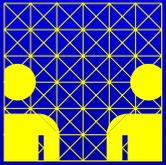
- $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ mit einer Rolebox

$$\mathfrak{R} = \{R \circ S \sqsubseteq T\}$$

entspricht modallogisch der Grammar Logic

$\mathcal{K}_{\mathcal{M}}$ plus Axiomen-Schema

$$\diamond_R \diamond_S P \Rightarrow \diamond_T P \text{ (für alle } P\text{)}$$



Einfaches $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ -Beispiel

$$((\exists R.\exists S.C) \sqcap \forall T.\neg C, \{R \circ S \sqsubseteq T\})$$

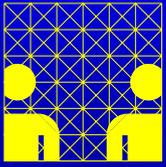


Einfaches $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ -Beispiel

$$((\exists R.\exists S.C) \sqcap \forall T.\neg C, \{R \circ S \sqsubseteq T\})$$

$$(\forall[x, y, z](R(x, y) \wedge S(y, z) \Rightarrow T(x, z))) \wedge$$

$$(\exists[x]((\exists[y](R(x, y) \wedge \exists[x](S(y, x) \wedge C(x)))) \wedge \\ (\forall[y](T(x, y) \Rightarrow \neg C(y))))))$$

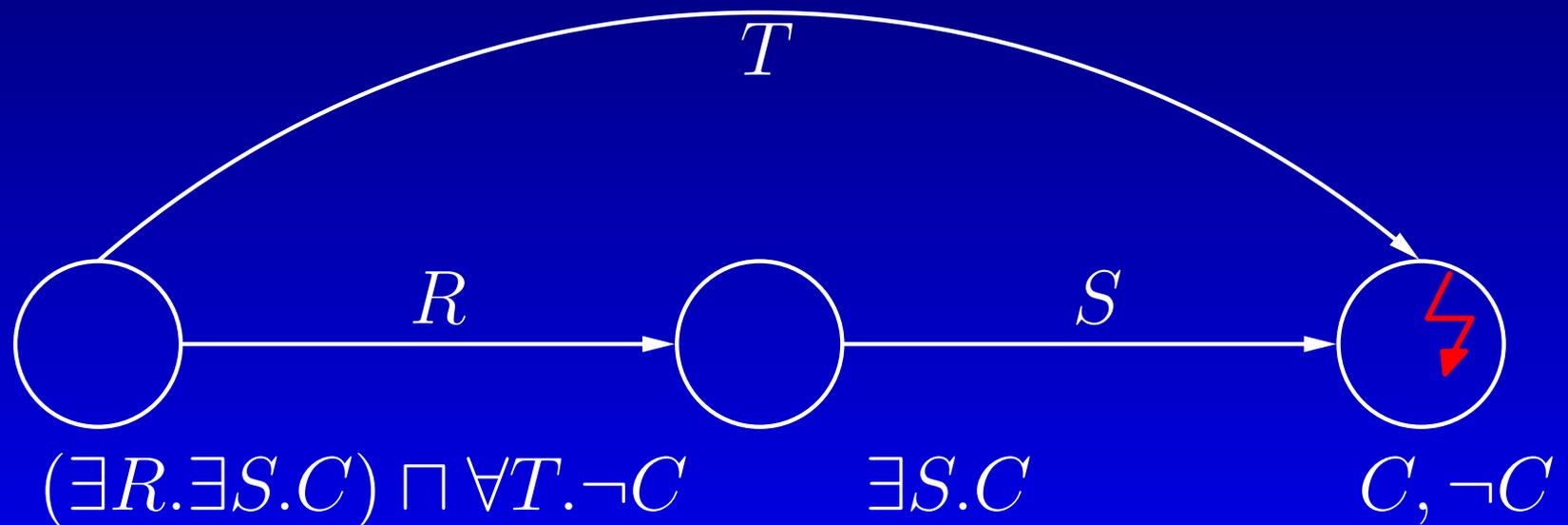


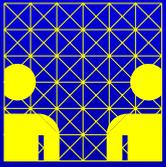
Einfaches $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ -Beispiel

$$((\exists R.\exists S.C) \sqcap \forall T.\neg C, \{R \circ S \sqsubseteq T\})$$

$$(\forall[x, y, z](R(x, y) \wedge S(y, z) \Rightarrow T(x, z))) \wedge$$

$$(\exists[x]((\exists[y](R(x, y) \wedge \exists[x](S(y, x) \wedge C(x)))) \wedge$$
$$(\forall[y](T(x, y) \Rightarrow \neg C(y))))))$$

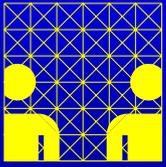




Kompliziertes $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ -Beispiel

$(\exists \textit{brother}.\exists \textit{sister}.\exists \textit{sister}.\exists \textit{daughter}.\exists \textit{sister}.\textit{css}) \sqcap$
 $\forall \textit{niece}.\neg \textit{css}$ (computer science student)

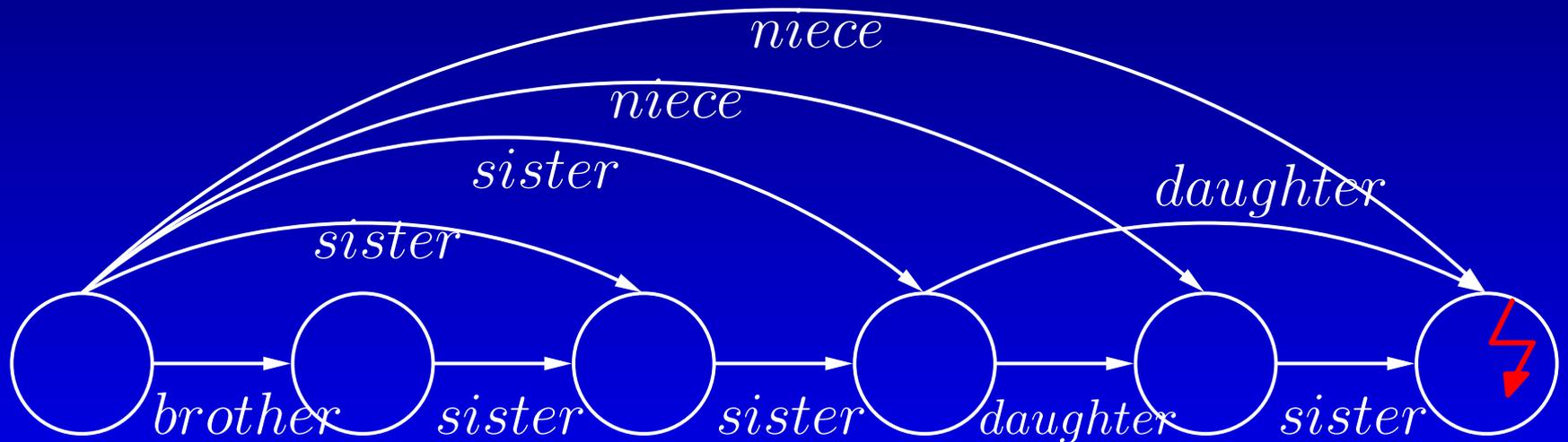
$\{ \textit{brother} \circ \textit{sister} \sqsubseteq \textit{sister}, \textit{sister} \circ \textit{daughter} \sqsubseteq \textit{niece},$
 $\textit{daughter} \circ \textit{sister} \sqsubseteq \textit{daughter}, \textit{sister} \circ \textit{sister} \sqsubseteq \textit{sister} \}$

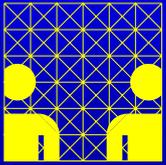


Kompliziertes $\mathcal{ALC}_{\mathcal{RA}^\ominus}$ -Beispiel

$(\exists \text{brother}.\exists \text{sister}.\exists \text{sister}.\exists \text{daughter}.\exists \text{sister}.\text{css}) \sqcap$
 $\forall \text{niece}.\neg \text{css}$ (computer science student)

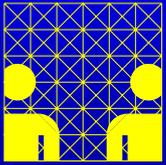
$\{ \text{brother} \circ \text{sister} \sqsubseteq \text{sister}, \text{sister} \circ \text{daughter} \sqsubseteq \text{niece},$
 $\text{daughter} \circ \text{sister} \sqsubseteq \text{daughter}, \text{sister} \circ \text{sister} \sqsubseteq \text{sister} \}$





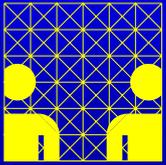
Unentscheidbarkeit

- $\mathcal{L}(\mathcal{G}_1) \cap \mathcal{L}(\mathcal{G}_2) = \emptyset$ unentscheidbar für kontextfreie Grammatiken



Unentscheidbarkeit

- $\mathcal{L}(\mathcal{G}_1) \cap \mathcal{L}(\mathcal{G}_2) = \emptyset$ unentscheidbar für kontextfreie Grammatiken
- Jede umgedrehte Produktionsregel in einer CNF-ähnlichen Normalform entspricht einem Rollenaxiom : $A \rightarrow BC \rightsquigarrow B \circ C \sqsubseteq A$



Unentscheidbarkeit

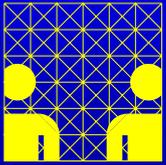
- $\mathcal{L}(\mathcal{G}_1) \cap \mathcal{L}(\mathcal{G}_2) = \emptyset$ unentscheidbar für kontextfreie Grammatiken
- Jede umgedrehte Produktionsregel in einer CNF-ähnlichen Normalform entspricht einem Rollenaxiom : $A \rightarrow BC \rightsquigarrow B \circ C \sqsubseteq A$
- (E, \mathfrak{R}') ist erfüllbar iff $\mathcal{L}(\mathcal{G}_1) \cap \mathcal{L}(\mathcal{G}_2) = \emptyset$

$$E =_{def} X \sqcap \neg(C \sqcap D) \sqcap Y \sqcap (\forall S_1. C) \sqcap (\forall S_2. D)$$

$$X =_{def} \sqcap_{a \in \Sigma} \exists a. \top$$

$$Y =_{def} \sqcap_{R \in \text{roles}(\mathfrak{R}')} \forall R. (X \sqcap \neg(C \sqcap D))$$

$$\mathfrak{R}' =_{def} \mathfrak{R} \cup \{R \circ S \sqsubseteq R_* \mid R, S \in (\{R_*\} \cup \text{roles}(\mathfrak{R}))\}$$



Von ALC_{RA^\ominus} zu ALC_{RA}

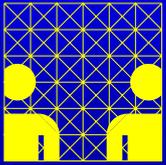
- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!



Von ALC_{RA^\ominus} zu ALC_{RA}

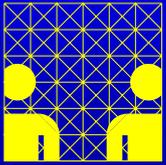
- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

$\Rightarrow ALC_{RA} = ALC_{RA^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:



Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!
- ⇒ $ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:
- Alle Rollen sind disjunkt

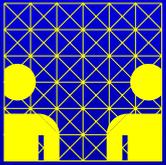


Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

$\Rightarrow ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
- $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^{\mathcal{I}} \cap S^{\mathcal{I}} = \emptyset$

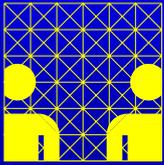


Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

$\Rightarrow ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
- $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^{\mathcal{I}} \cap S^{\mathcal{I}} = \emptyset$
- Modallogik: Rollendisjunktheit nicht modallogisch axiomatisierbar!

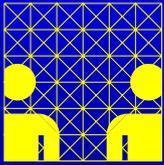


Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

⇒ $ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
- $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^{\mathcal{I}} \cap S^{\mathcal{I}} = \emptyset$
- Modallogik: Rollendisjunktheit nicht modallogisch axiomatisierbar!
- Hoffnung war: vielleicht entscheidbar?

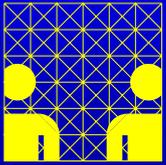


Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

⇒ $ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
 - $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^T \cap S^T = \emptyset$
 - Modallogik: Rollendisjunktheit nicht modallogisch axiomatisierbar!
 - Hoffnung war: vielleicht entscheidbar?
- ⇒ $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ -Beweis nicht übertragbar!



Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

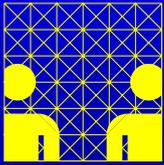
- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

⇒ $ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
- $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^T \cap S^T = \emptyset$
- Modallogik: Rollendisjunktheit nicht modallogisch axiomatisierbar!
- Hoffnung war: vielleicht entscheidbar?

⇒ $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ -Beweis nicht übertragbar!

⇒ aber dennoch unentscheidbar



Von $ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ zu $ALC_{\mathcal{R}A}$

- Disjunkte Rollen sind erforderlich, wenn die JEPD-Eigenschaft qualitativer räumlicher Relationen adäquat berücksichtigt werden soll!

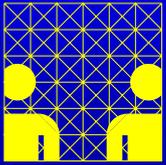
$\Rightarrow ALC_{\mathcal{R}A} = ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ mit zusätzlicher Forderung:

- Alle Rollen sind disjunkt
- $R, S \in \mathcal{N}_{\mathcal{R}}, R \neq S: R^T \cap S^T = \emptyset$
- Modallogik: Rollendisjunktheit nicht modallogisch axiomatisierbar!
- Hoffnung war: vielleicht entscheidbar?

$\Rightarrow ALC_{\mathcal{R}A^\ominus}$ -Beweis nicht übertragbar!

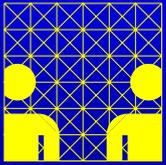
\Rightarrow aber dennoch unentscheidbar

- Beweise brauchen viele Rollensymbole ...



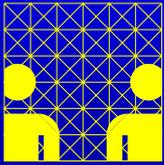
Von ALC_{RA} zu $ALCI_{RCC}$

- Weitere Forderungen an die Rollen-Interpretationen



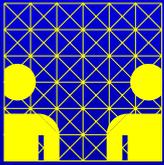
Von ALC_{RA} zu $ALCI_{RCC}$

- Weitere Forderungen an die Rollen-Interpretationen
- JEPD-Bedingung



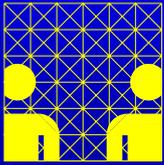
Von ALC_{RA} zu $ALCI_{RCC}$

- Weitere Forderungen an die Rollen-Interpretationen
- JEPD-Bedingung
- Inversen-Beziehungen erfüllt (\mathcal{I}):
 $EC^{\mathcal{I}} = EC^{\mathcal{I}}, TPPI^{\mathcal{I}} = TPP^{\mathcal{I}}, \dots$



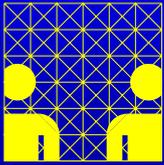
Von ALC_{RA} zu $ALCI_{RCC}$

- Weitere Forderungen an die Rollen-Interpretationen
- JEPD-Bedingung
- Inversen-Beziehungen erfüllt (\mathcal{I}):
 $EC^{\mathcal{I}} = EC^{\mathcal{I}}, TPPI^{\mathcal{I}} = TPP^{\mathcal{I}}, \dots$
- $EQ^{\mathcal{I}}$ ist Äquivalenzrelation (evtl.
 $EQ^{\mathcal{I}} = \text{Id}(\Delta^{\mathcal{I}})$)
- Bedingungen durch die RCC-Rollenaxiome
 $EC \circ EC \sqsubseteq DC \sqcup EC \sqcup PO \sqcup TPP \sqcup TPPI$

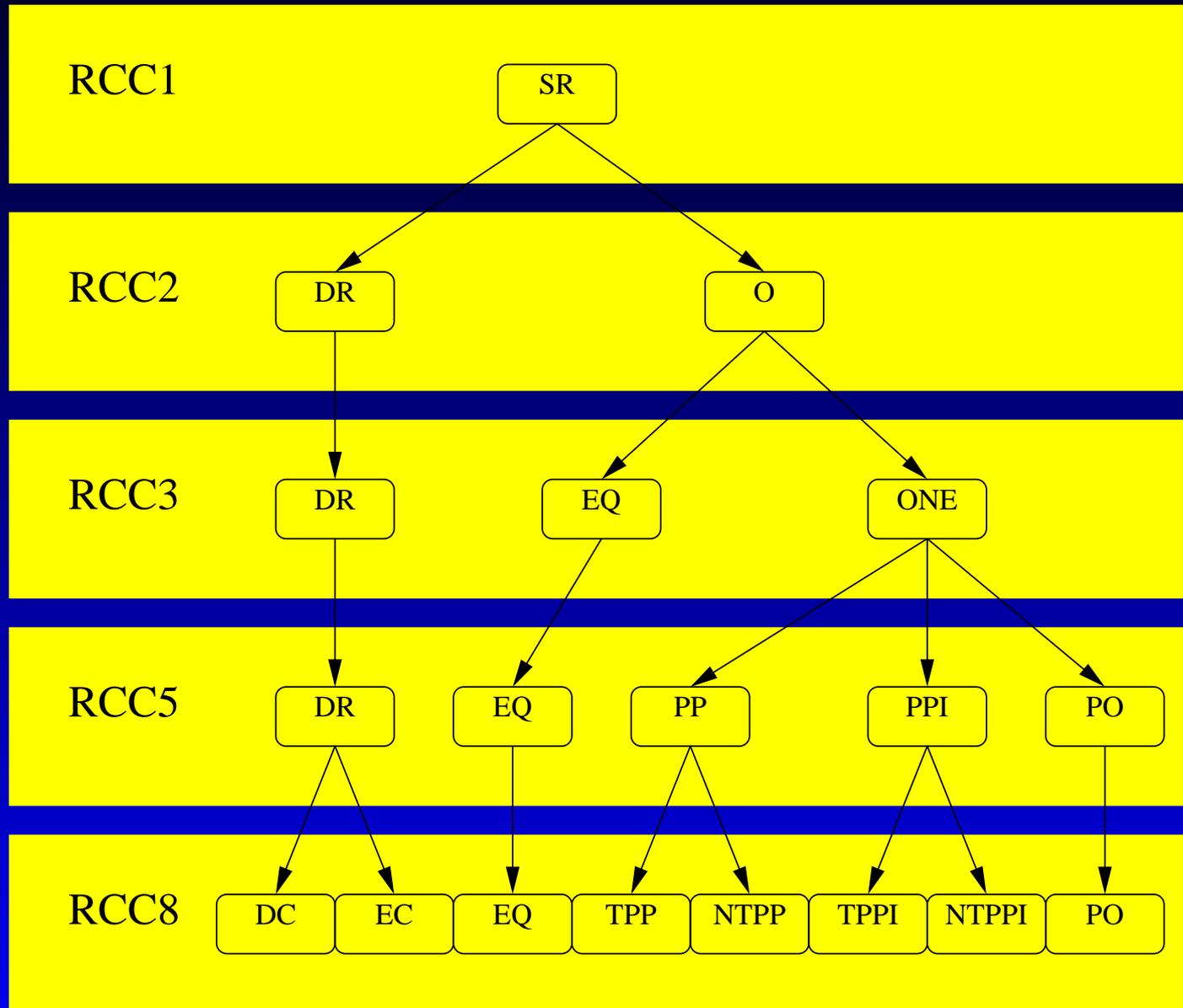


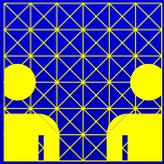
Von ALC_{RA} zu $ALCI_{RCC}$

- Weitere Forderungen an die Rollen-Interpretationen
- JEPD-Bedingung
- Inversen-Beziehungen erfüllt (\mathcal{I}):
 $EC^{\mathcal{I}} = EC^{\mathcal{I}}, TPPI^{\mathcal{I}} = TPP^{\mathcal{I}}, \dots$
- $EQ^{\mathcal{I}}$ ist Äquivalenzrelation (evtl.
 $EQ^{\mathcal{I}} = \text{Id}(\Delta^{\mathcal{I}})$)
- Bedingungen durch die RCC-Rollenaxiome
 $EC \circ EC \sqsubseteq DC \sqcup EC \sqcup PO \sqcup TPP \sqcup TPPI$
- Pyramide von RCC8-Vergrößerungen:
 $ALCI_{RCC1}, ALCI_{RCC2}, ALCI_{RCC3}, ALCI_{RCC5},$
 $ALCI_{RCC8}$



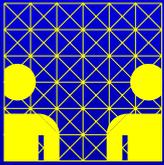
Die $ALCI_{RCC}$ -Logiken



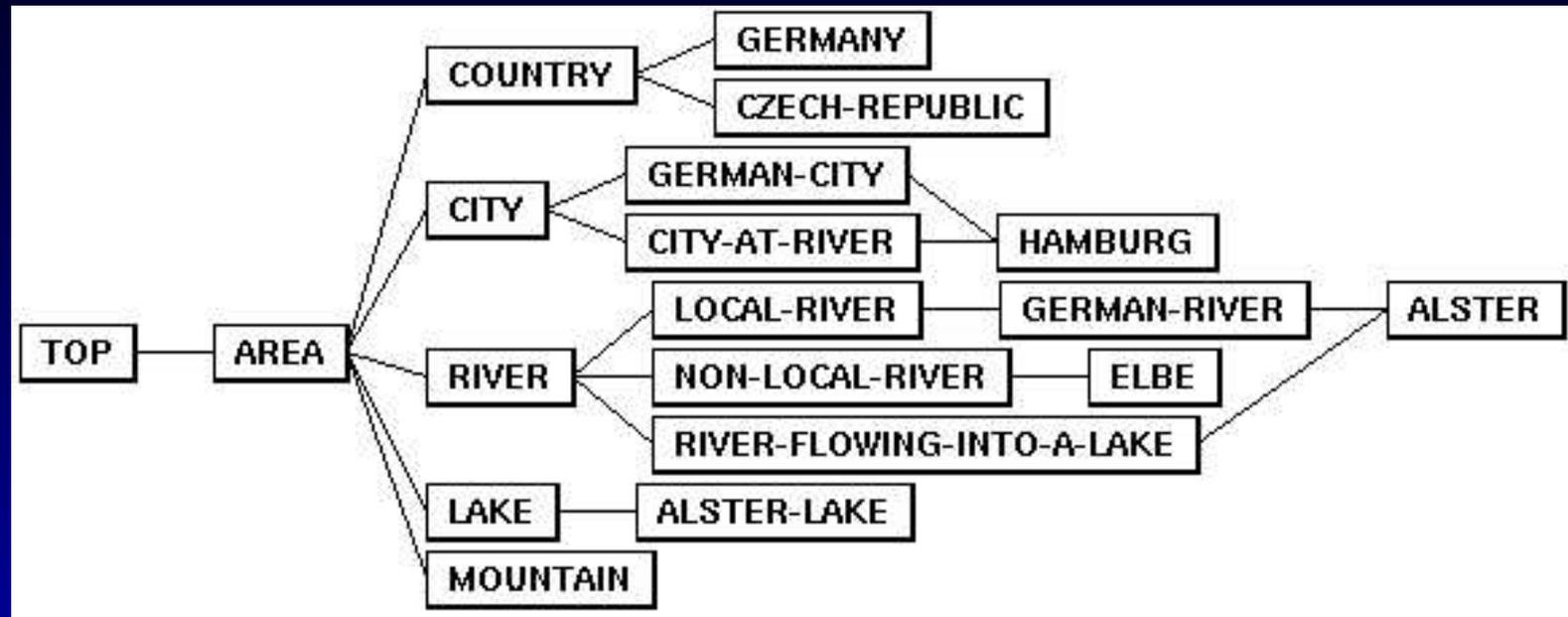


ALCIRCC5-Beispiel

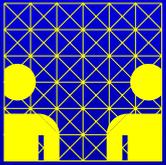
| | | |
|-------------------------------|------------------------|--|
| <i>country</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>area</i> |
| <i>city</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>area</i> |
| <i>river</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>area</i> |
| <i>lake</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>area</i> |
| <i>mountain</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>area</i> |
| <i>germany</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>country</i> |
| <i>czech_republic</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>country</i> |
| <i>local_river</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(river \sqcap \neg(\exists PO.country))$ |
| <i>non_local_river</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(river \sqcap (\exists PO.country))$ |
| <i>river_flow_into_a_lake</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(river \sqcap (\exists PO.lake))$ |
| <i>german_river</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(river \sqcap (\exists PP.germany) \sqcap (\forall PO.\neg country))$ |
| <i>german_city</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(city \sqcap (\forall PP.country \Rightarrow germany))$ |
| <i>city_at_river</i> | $\equiv^{\dot{}}$ | $(city \sqcap (\exists PO.river))$ |
| <i>elbe</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | $(river \sqcap (\exists PO.czech_republic) \sqcap (\exists PO.germany))$ |
| <i>alster_lake</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | <i>lake</i> |
| <i>alster</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | $(river \sqcap (\exists PP.germany) \sqcap (\exists PO.alster_lake) \sqcap (\forall PO.\neg country) \sqcap (\forall PP.country \Rightarrow germany))$ |
| <i>hamburg</i> | $\sqsubseteq^{\dot{}}$ | $(city \sqcap (\exists PO.alster))$ |



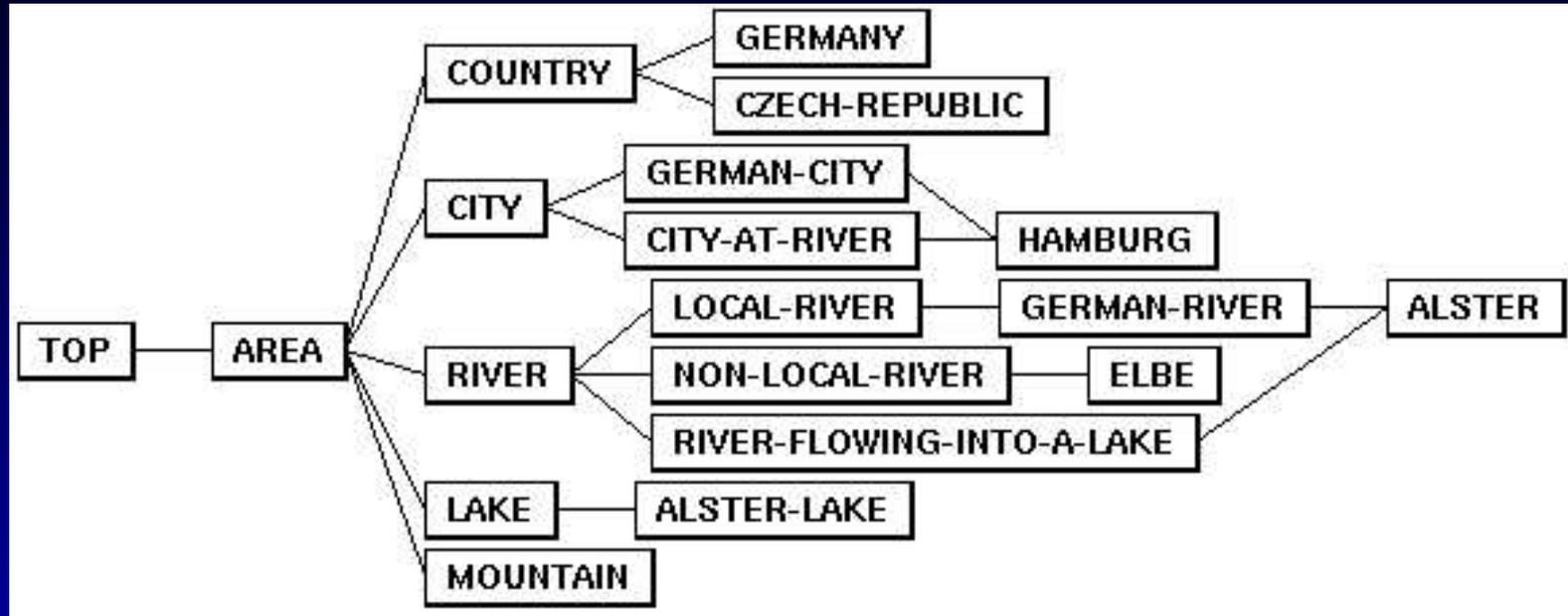
ALCI_{RCC5}-Beispiel (2)



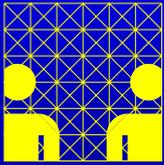
- Berechnete Taxonomie



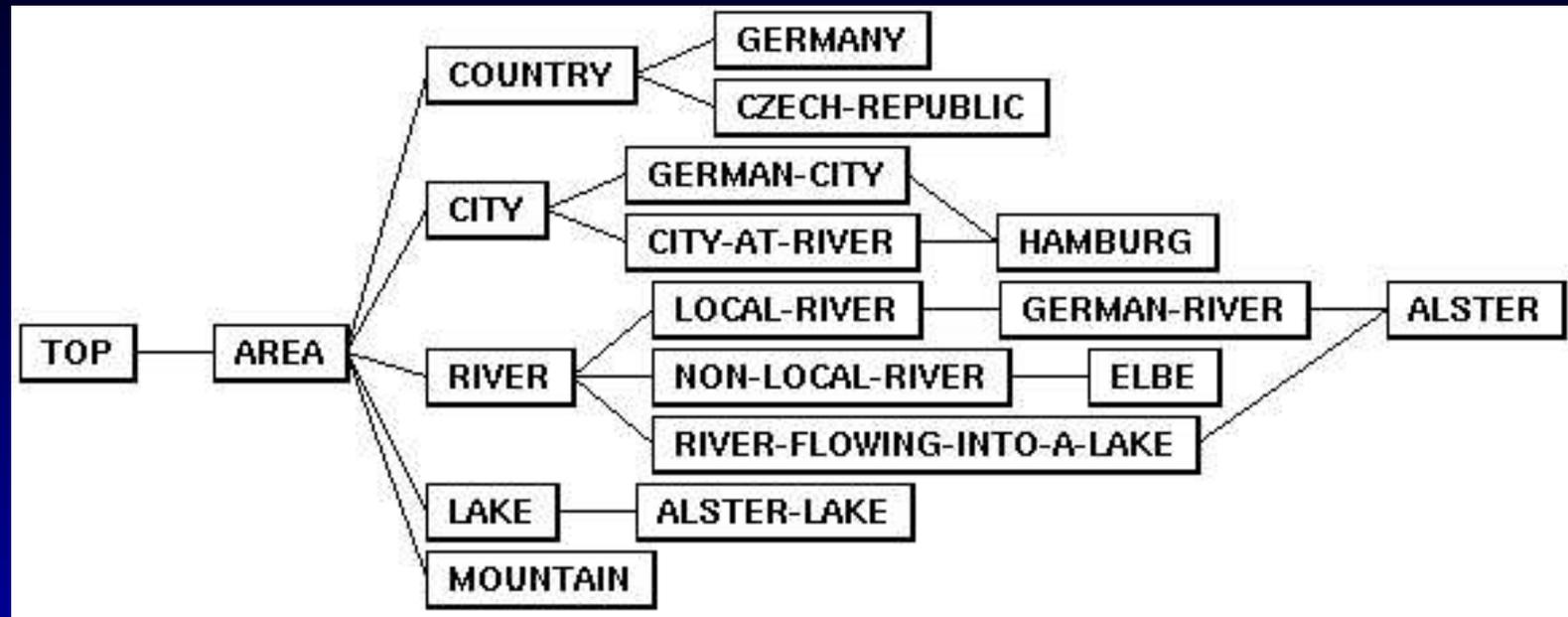
ALCI_{RCC5}-Beispiel (2)



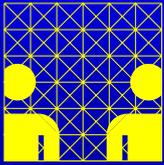
- Berechnete Taxonomie
⇒ Prototypischer Beweiser



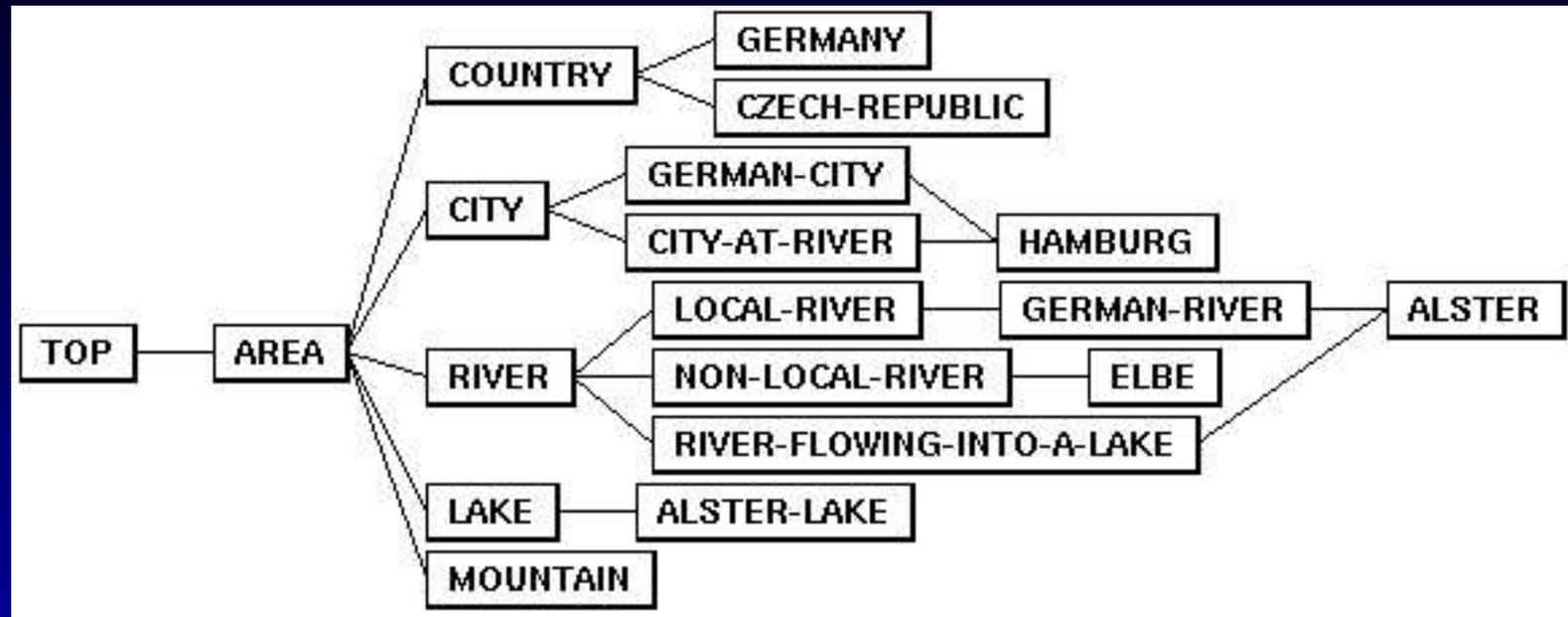
ALCI_{RCC5}-Beispiel (2)



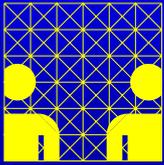
- Berechnete Taxonomie
- ⇒ Prototypischer Beweiser
- Interessanter Schluss:



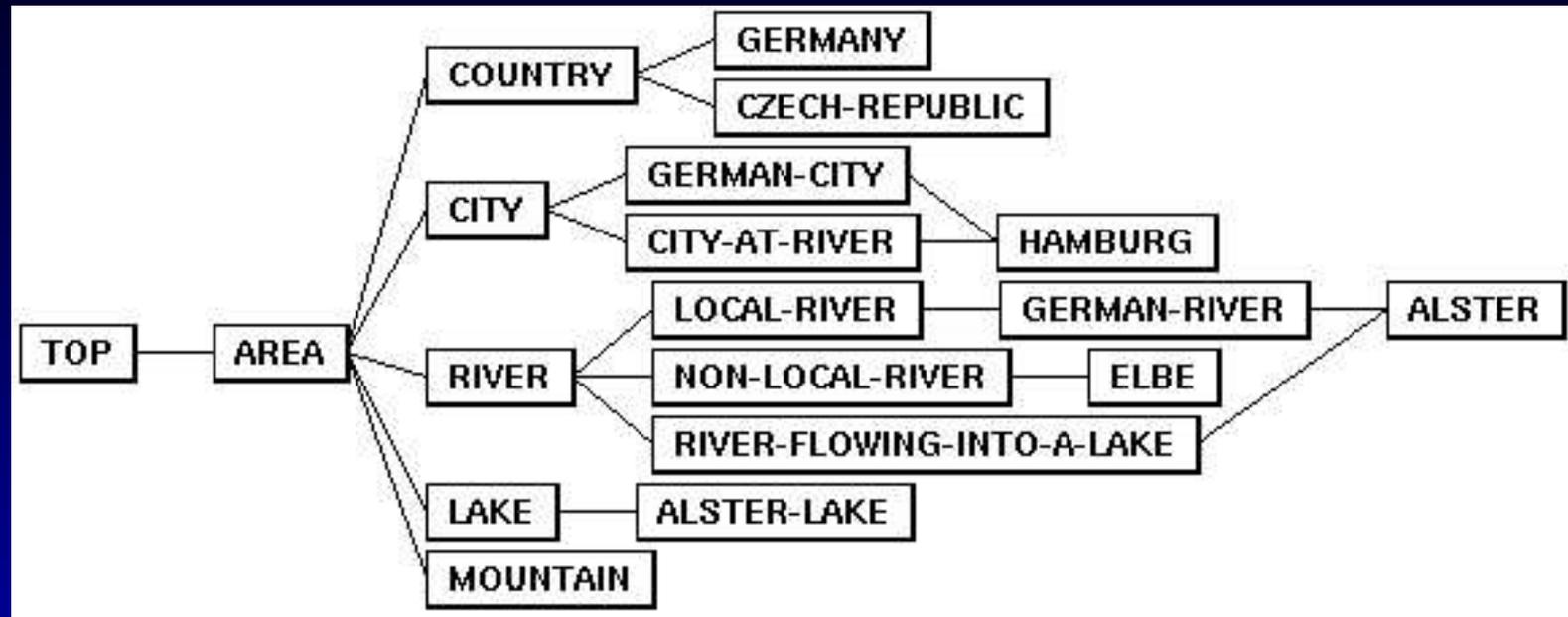
ALCI_{RCC5}-Beispiel (2)



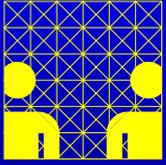
- Berechnete Taxonomie
- ⇒ Prototypischer Beweiser
- Interessanter Schluss:
 - $hamburg \sqsubseteq german_city$



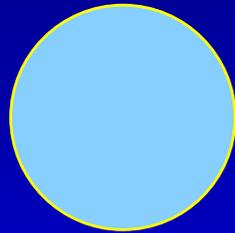
ALCI_{RCC5}-Beispiel (2)



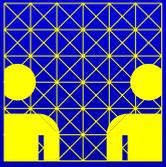
- Berechnete Taxonomie
- ⇒ Prototypischer Beweiser
- Interessanter Schluss:
 - $hamburg \sqsubseteq german_city$
 - z.Z.: $hamburg \sqcap \neg german_city$ unerfüllbar



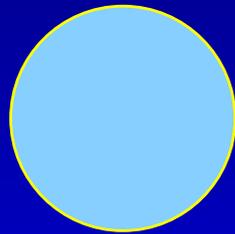
Reasoning Example



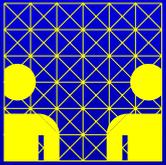
hamburg \sqcap \neg *german_city*



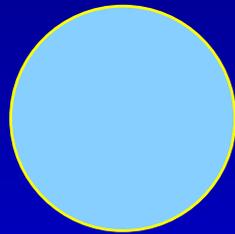
Reasoning Example



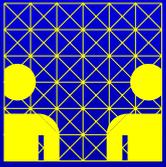
$(city \sqcap \exists PO.alster) \sqcap$
 $\neg german_city$



Reasoning Example



$(city \sqcap \exists PO.alster) \sqcap$
 $\neg(city \sqcap \forall PP.(country \Rightarrow germany))$

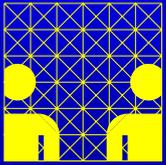


Reasoning Example



$(city \sqcap \exists PO.alster) \sqcap$
 $\neg(city \sqcap \forall PP.(country \Rightarrow germany))$

alster

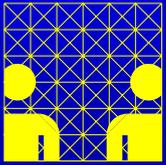


Reasoning Example



$(city \sqcap \exists PO.alster) \sqcap$
 $\neg(city \sqcap \forall PP.(country \Rightarrow germany))$

$river \sqcap \exists PP.germany \sqcap$
 $(\exists PO.alster_lake) \sqcap$
 $(\forall PO.\neg country) \sqcap$
 $(\forall PP.(country \Rightarrow germany))$

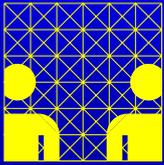


Reasoning Example

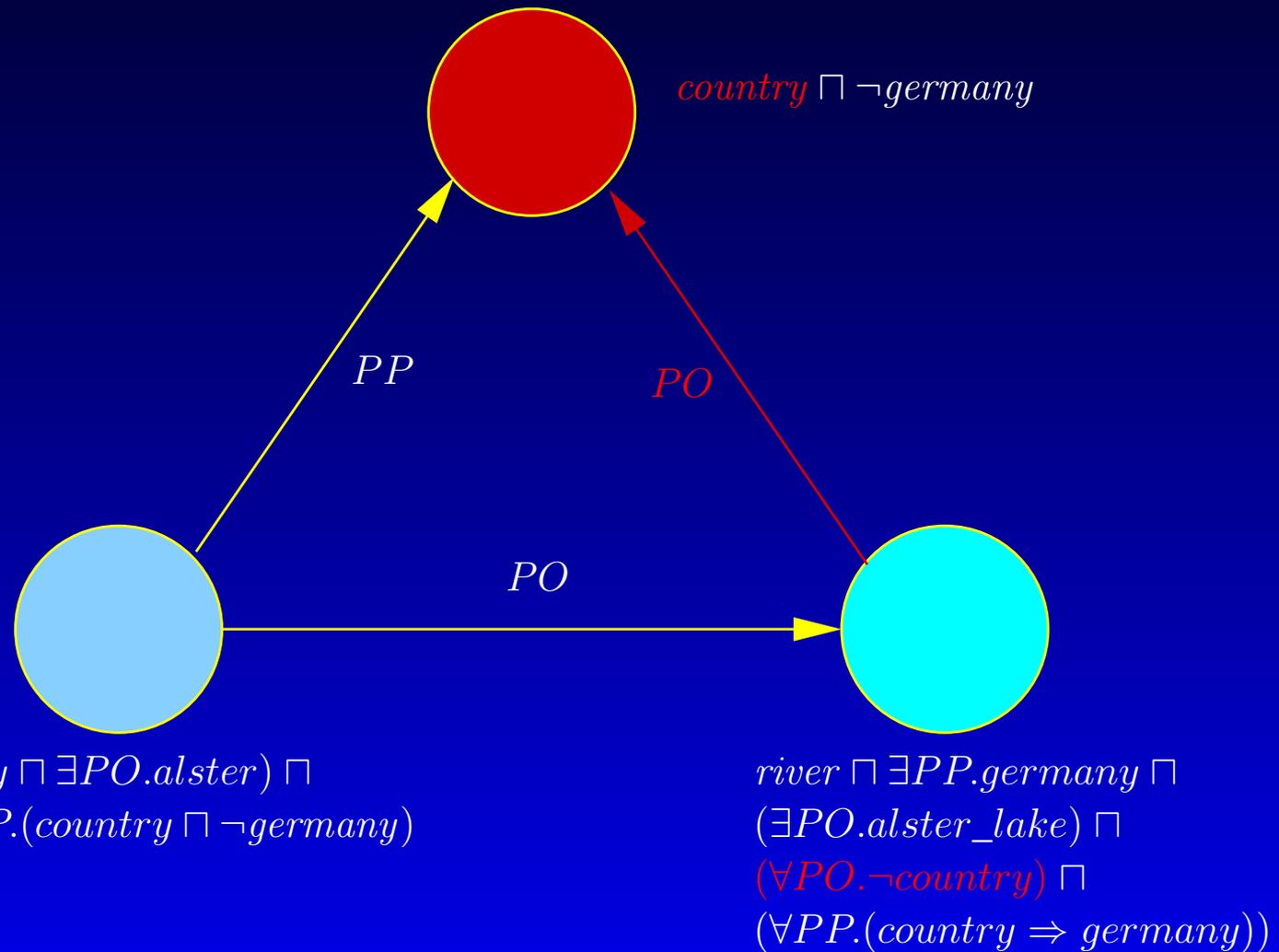


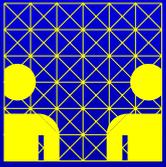
$(city \sqcap \exists PO.alster) \sqcap$
 $(\neg city \sqcup \exists PP.(country \sqcap \neg germany))$

$river \sqcap \exists PP.germany \sqcap$
 $(\exists PO.alster_lake) \sqcap$
 $(\forall PO.\neg country) \sqcap$
 $(\forall PP.(country \Rightarrow germany))$

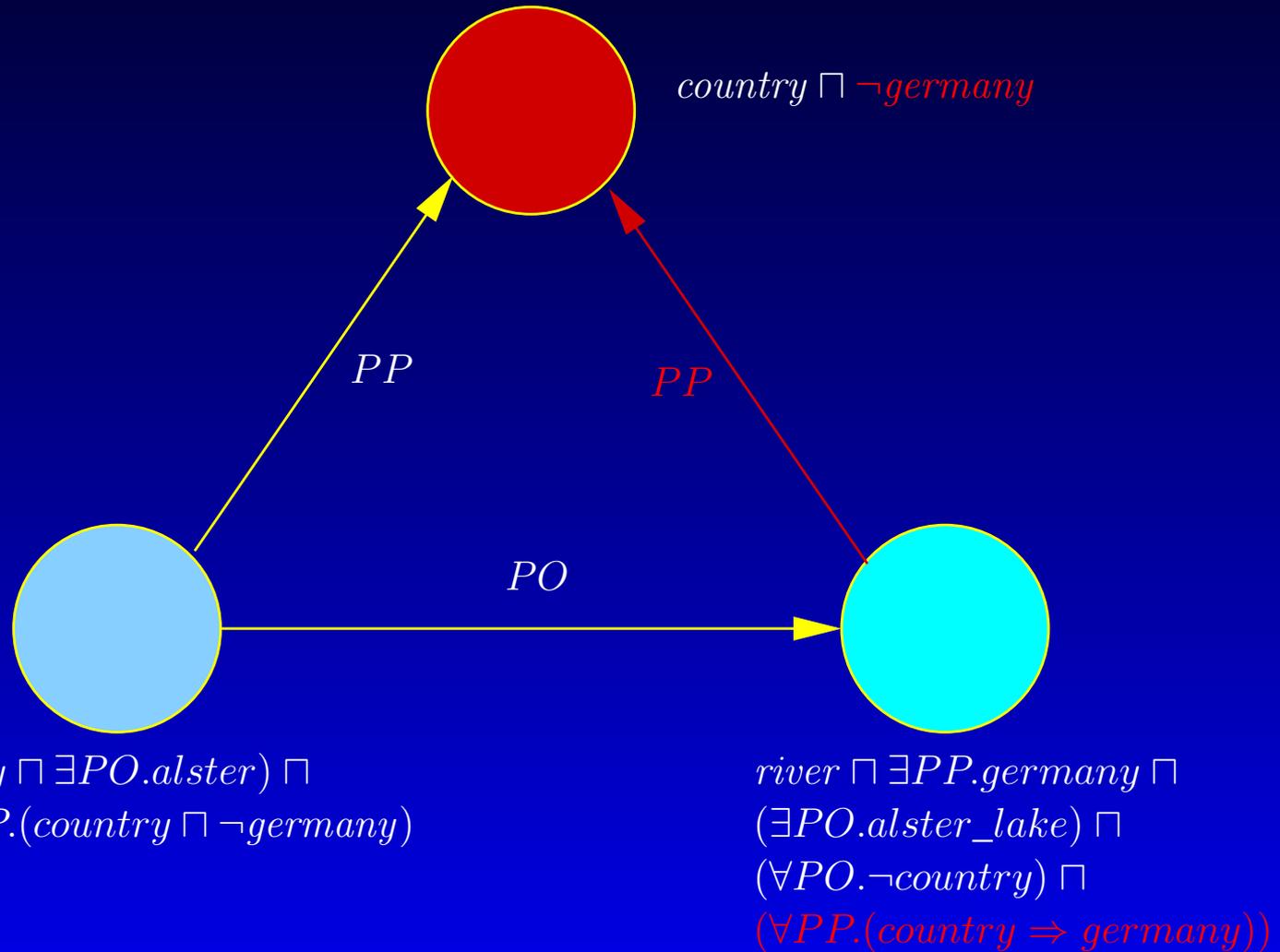


Reasoning Example





Reasoning Example



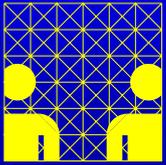
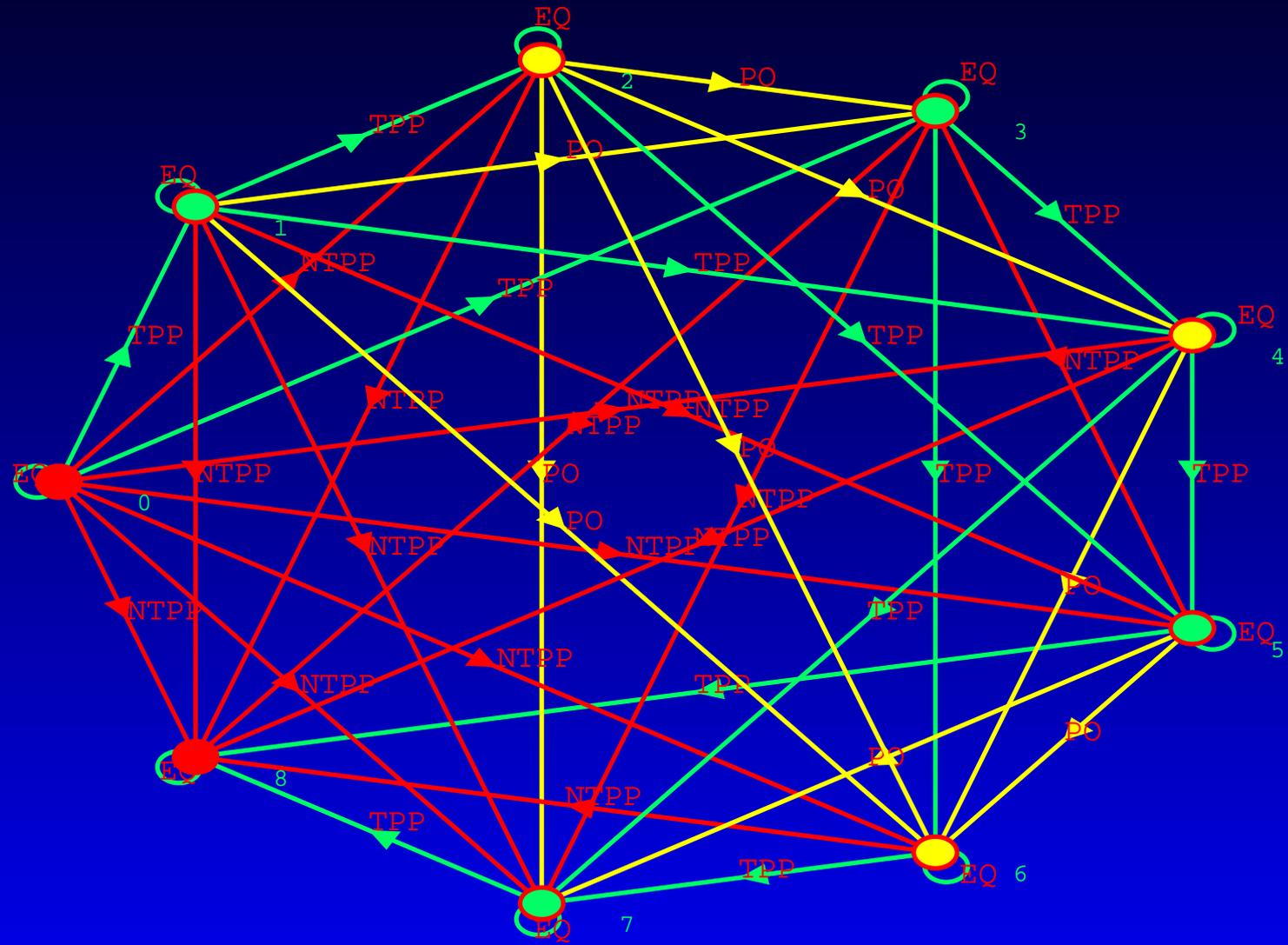
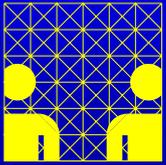


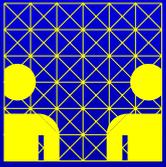
Illustration: Modell





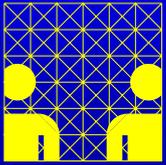
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related



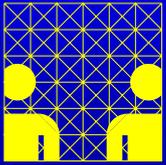
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$



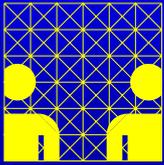
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$
- SR is an equivalence relation



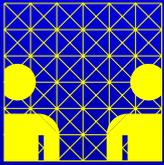
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$
- SR is an equivalence relation
- Equivalent to modal logic S5



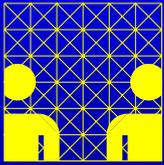
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$
- SR is an equivalence relation
- Equivalent to modal logic S5
- S5 reduction principles:
 $\diamond p \equiv \square \diamond p, \square p \equiv \diamond \square p, \diamond p \equiv \diamond \diamond p, \square p \equiv \square \square p$
 \Rightarrow nested occurrences of modalities can be flattened



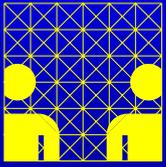
$ALCI_{RCC1}$

- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$
- SR is an equivalence relation
- Equivalent to modal logic S5
- S5 reduction principles:
 $\diamond p \equiv \square \diamond p, \square p \equiv \diamond \square p, \diamond p \equiv \diamond \diamond p, \square p \equiv \square \square p$
 \Rightarrow nested occurrences of modalities can be flattened
- NP-complete satisfiability problem

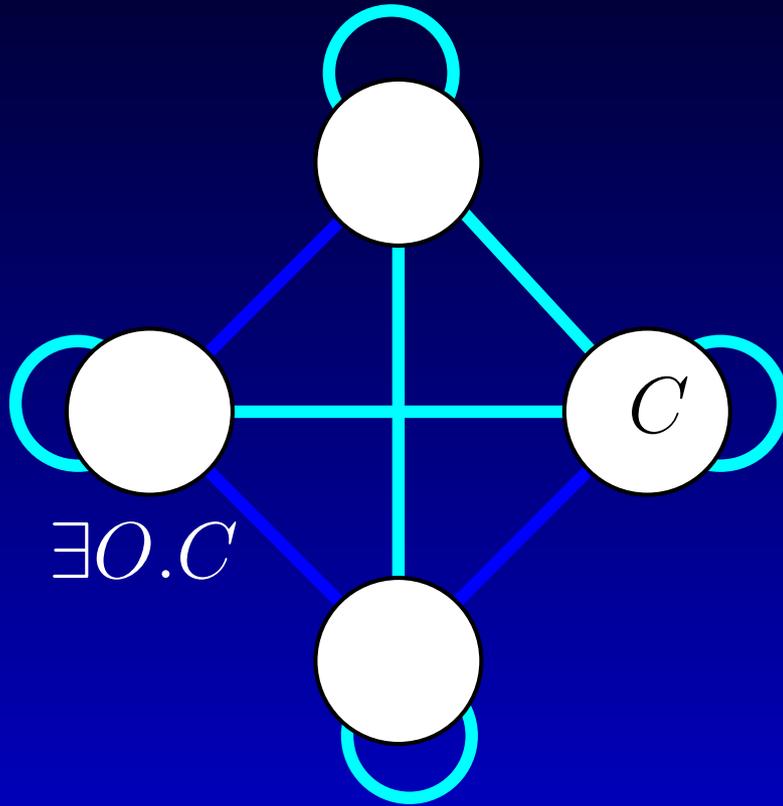


$ALCI_{RCC1}$

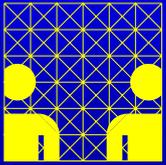
- RCC1: Only one spatial role SR , spatially related
- Composition table: $\{SR \circ SR \rightarrow SR\}$
- SR is an equivalence relation
- Equivalent to modal logic S5
- S5 reduction principles:
 $\diamond p \equiv \square \diamond p, \square p \equiv \diamond \square p, \diamond p \equiv \diamond \diamond p, \square p \equiv \square \square p$
 \Rightarrow nested occurrences of modalities can be flattened
- NP-complete satisfiability problem
- Finite models



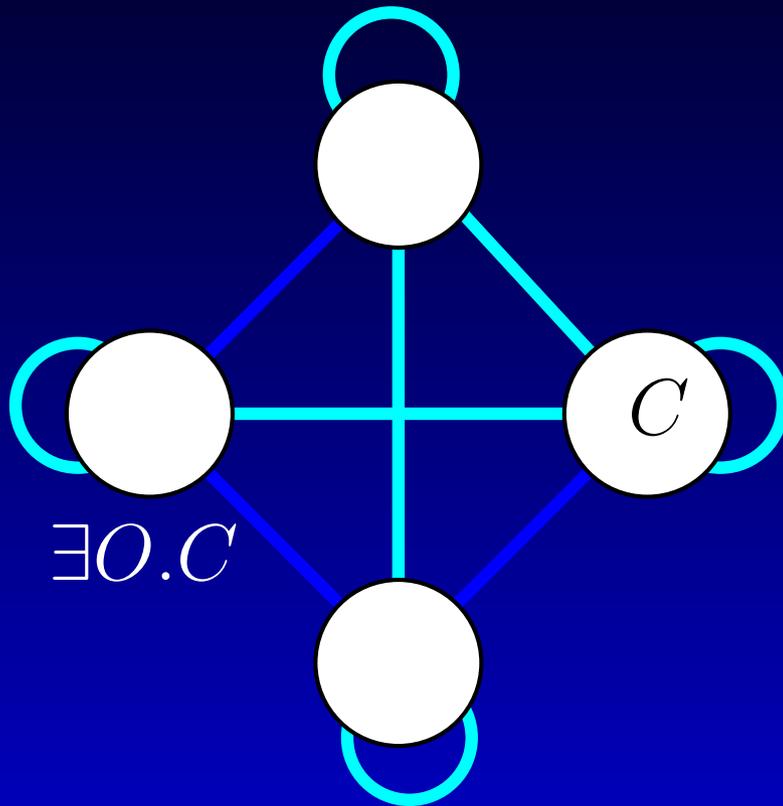
$ALCI_{RCC2}$



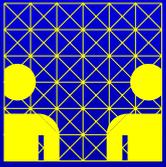
- $O = \text{overlap}$:
reflexive, symmetric



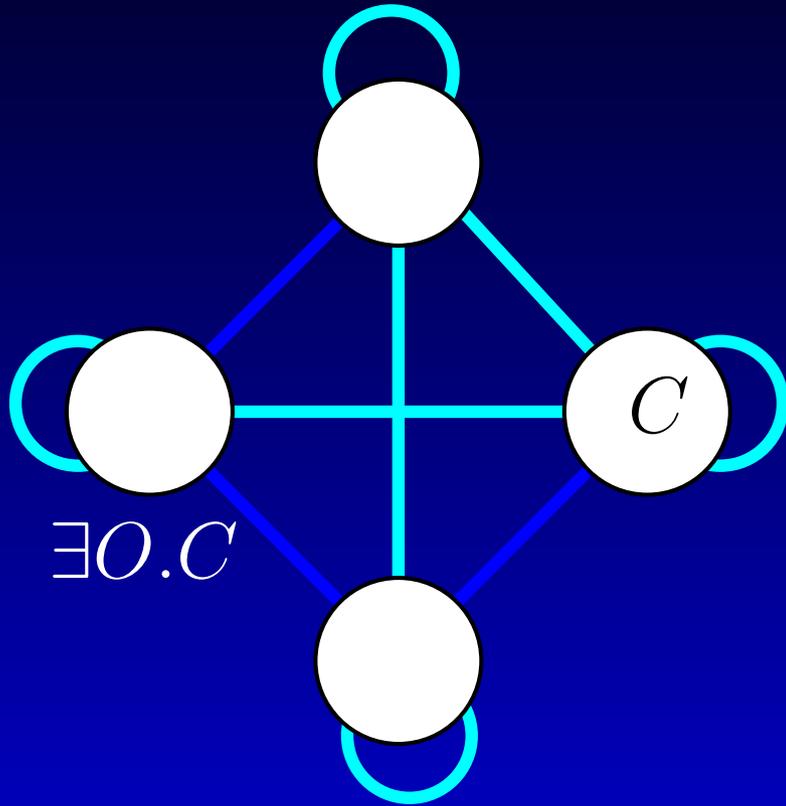
$ALCI_{RCC2}$



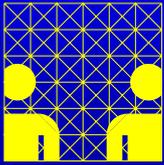
- O = overlap:
reflexive, symmetric
- DR = discrete from:
irreflexive, symmetric



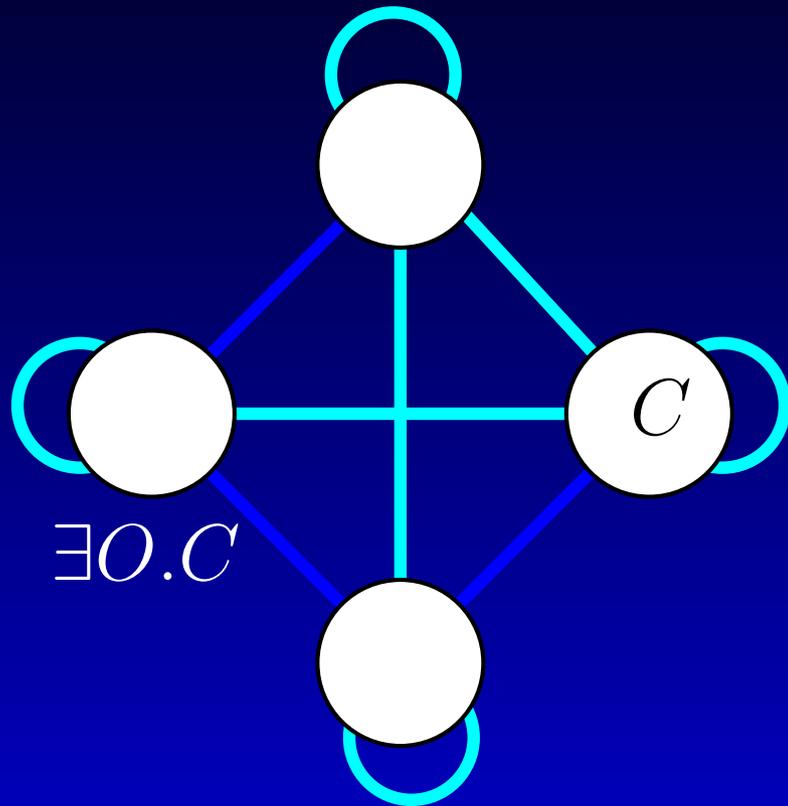
$ALCI_{RCC2}$



- O = overlap:
reflexive, symmetric
- DR = discrete from:
irreflexive, symmetric
- Models are fairly trivial:
each complete random
graph with $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq O^{\mathcal{I}}$
is a model of the role box

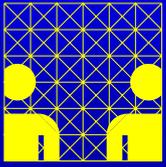


$ALCI_{RCC2}$

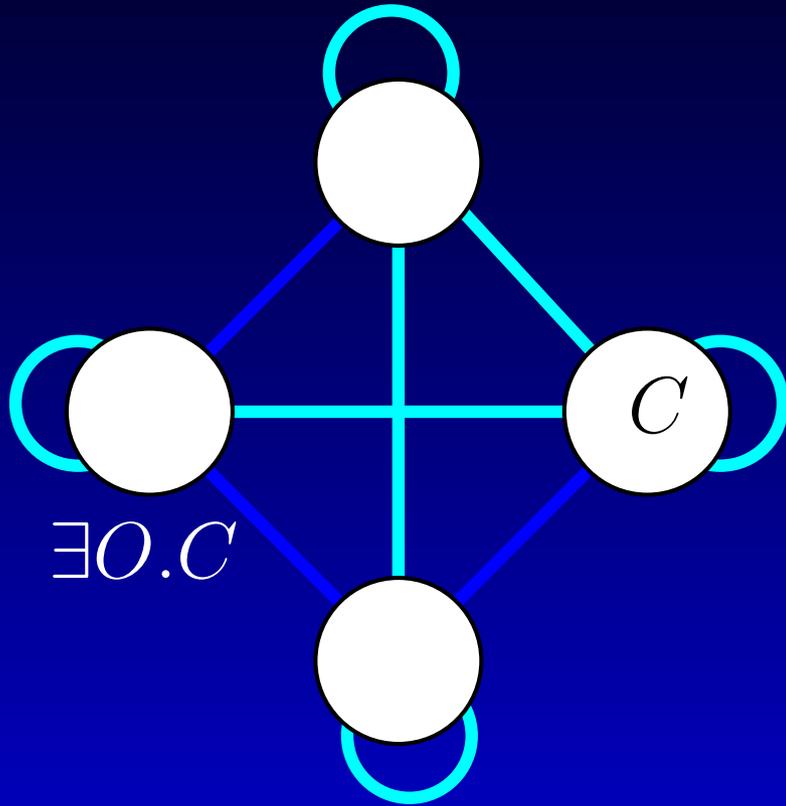


- O = overlap:
reflexive, symmetric
- DR = discrete from:
irreflexive, symmetric
- Models are fairly trivial:
each complete random
graph with $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq O^{\mathcal{I}}$
is a model of the role
box

- $\exists O.C \Rightarrow \forall O.(C \sqcap \exists \{O, DR\}.C) \sqcap \forall DR.\exists \{O, DR\}.C$

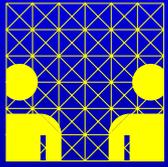


$ALCI_{RCC2}$



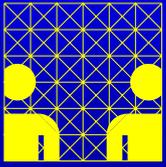
- O = overlap:
reflexive, symmetric
- DR = discrete from:
irreflexive, symmetric
- Models are fairly trivial:
each complete random
graph with $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq O^{\mathcal{I}}$
is a model of the role box

- $\exists O.C \Rightarrow$
 $\forall O.(C \sqcup \exists \{O, DR\}.C) \sqcap \forall DR.\exists \{O, DR\}.C$
- Complexity?



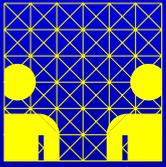
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ



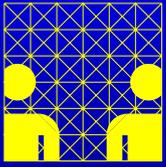
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:



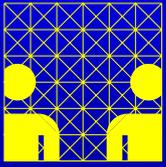
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)



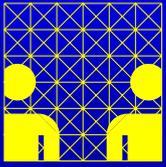
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)
 - Strong: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) = EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Identity
(as in Relation Algebras: EQ is congruence relation for roles and concepts)



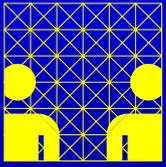
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)
 - Strong: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) = EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Identity
(as in Relation Algebras: EQ is congruence relation for roles and concepts)
- Further constraints, according to the RCC table



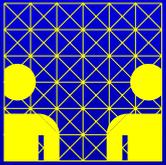
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)
 - Strong: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) = EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Identity
(as in Relation Algebras: EQ is congruence relation for roles and concepts)
- Further constraints, according to the RCC table
 - Reflexiveness, e.g. Overlap



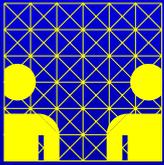
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)
 - Strong: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) = EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Identity
(as in Relation Algebras: EQ is congruence relation for roles and concepts)
- Further constraints, according to the RCC table
 - Reflexiveness, e.g. Overlap
 - Symmetry, e.g. Externally Connected



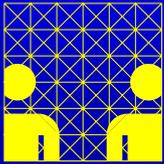
$ALCI_{RCC3} \dots ALCI_{RCC8}$: Role Constraints

- $\geq ALCI_{RCC3}$: There is a special role EQ
- Semantics:
 - Weak: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) \subseteq EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Equality
(EQ is congruence relation for roles)
 - Strong: $Id(\Delta^{\mathcal{I}}) = EQ^{\mathcal{I}} \Rightarrow$ Identity
(as in Relation Algebras: EQ is congruence relation for roles and concepts)
- Further constraints, according to the RCC table
 - Reflexiveness, e.g. Overlap
 - Symmetry, e.g. Externally Connected
 - Anti-symmetry and irreflexiveness, e.g. Proper Part



$ALCI_{RCC3}$ is Decidable

| \circ | $DR(a, b)$ | $ONE(a, b)$ | $EQ(a, b)$ |
|-------------|---------------|---------------|------------|
| $DR(b, c)$ | * | $\{DR, ONE\}$ | DR |
| $ONE(b, c)$ | $\{DR, ONE\}$ | * | ONE |
| $EQ(b, c)$ | DR | ONE | EQ |

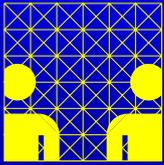


$ALCI_{RCC3}$ is Decidable

| \circ | $DR(a, b)$ | $ONE(a, b)$ | $EQ(a, b)$ |
|-------------|---------------|---------------|------------|
| $DR(b, c)$ | $*$ | $\{DR, ONE\}$ | DR |
| $ONE(b, c)$ | $\{DR, ONE\}$ | $*$ | ONE |
| $EQ(b, c)$ | DR | ONE | EQ |

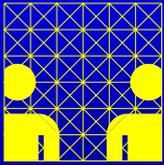
With the strong EQ semantics, an easy translation into $\mathcal{F}_2(=)$ can be given: simply replace EQ in C with =

$$\begin{aligned} \phi_x(C_{EQ \leftarrow =}) \wedge & \quad \forall x, y : DR(x, y) \oplus ONE(x, y) \oplus x = y \wedge \\ & \quad \forall x, y : DR(x, y) \Leftrightarrow DR(y, x) \wedge \\ & \quad \forall x, y : ONE(x, y) \Leftrightarrow ONE(y, x) \end{aligned}$$



$ALCI_{RCC_3}$ is Decidable (2)

- With the weak EQ -semantics, things are not so obvious
- Not every complete, $\{DR, ONE, EQ\}$ -edge-colored graph is a model of the role box axioms

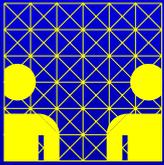


$ALCI_{RCC3}$ is Decidable (2)

- With the weak EQ -semantics, things are not so obvious
- Not every complete, $\{DR, ONE, EQ\}$ -edge-colored graph is a model of the role box axioms
- We have to verify that

$$\forall x, y, z : EQ(x, z) \Leftrightarrow DR(x, y) \wedge DR(y, z) \oplus \\ ONE(x, y) \wedge ONE(y, z) \oplus \\ EQ(x, y) \wedge EQ(y, z)$$

holds, using only two variables



$ALCI_{RCC3}$ is Decidable (2)

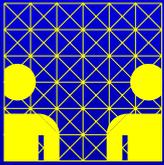
- With the weak EQ -semantics, things are not so obvious
- Not every complete, $\{DR, ONE, EQ\}$ -edge-colored graph is a model of the role box axioms

- We have to verify that

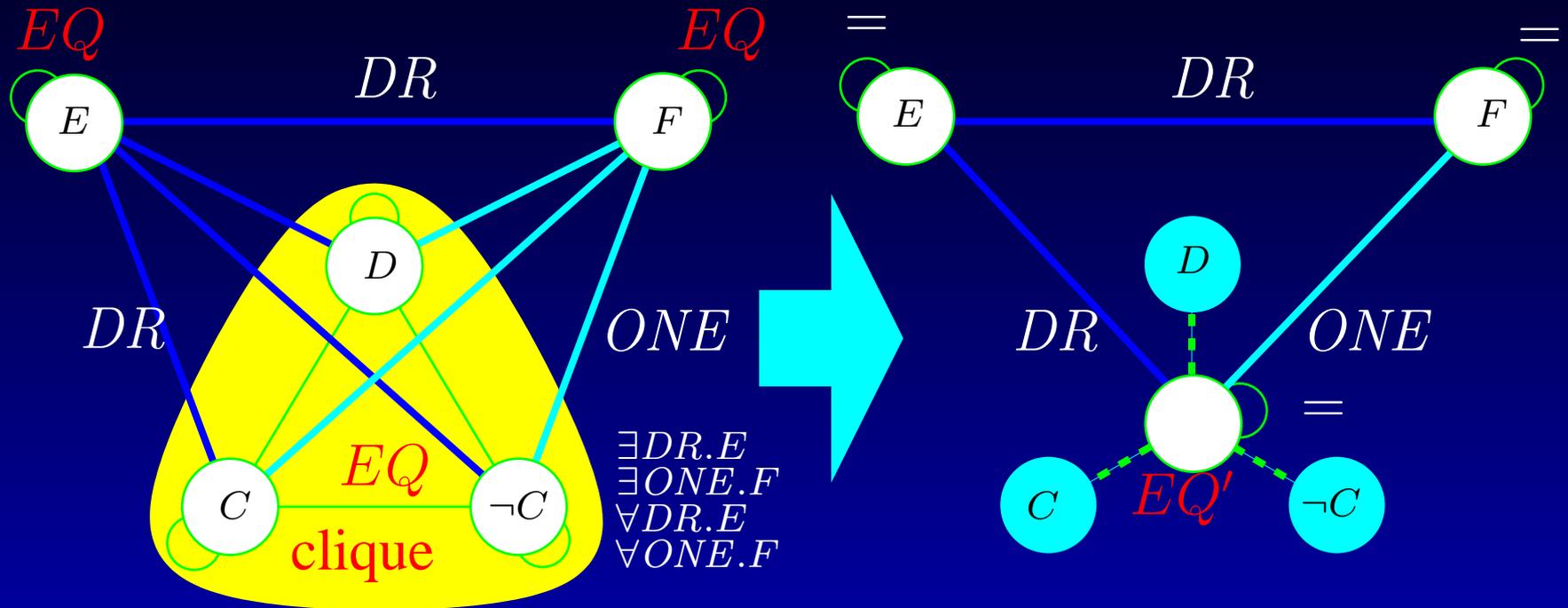
$$\forall x, y, z : EQ(x, z) \Leftrightarrow DR(x, y) \wedge DR(y, z) \oplus \\ ONE(x, y) \wedge ONE(y, z) \oplus \\ EQ(x, y) \wedge EQ(y, z)$$

holds, using only two variables

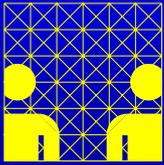
- Idea: use $=$ to enforce network consistency, but take care of the fact that $=$ -connected objects may have different propositional descriptions



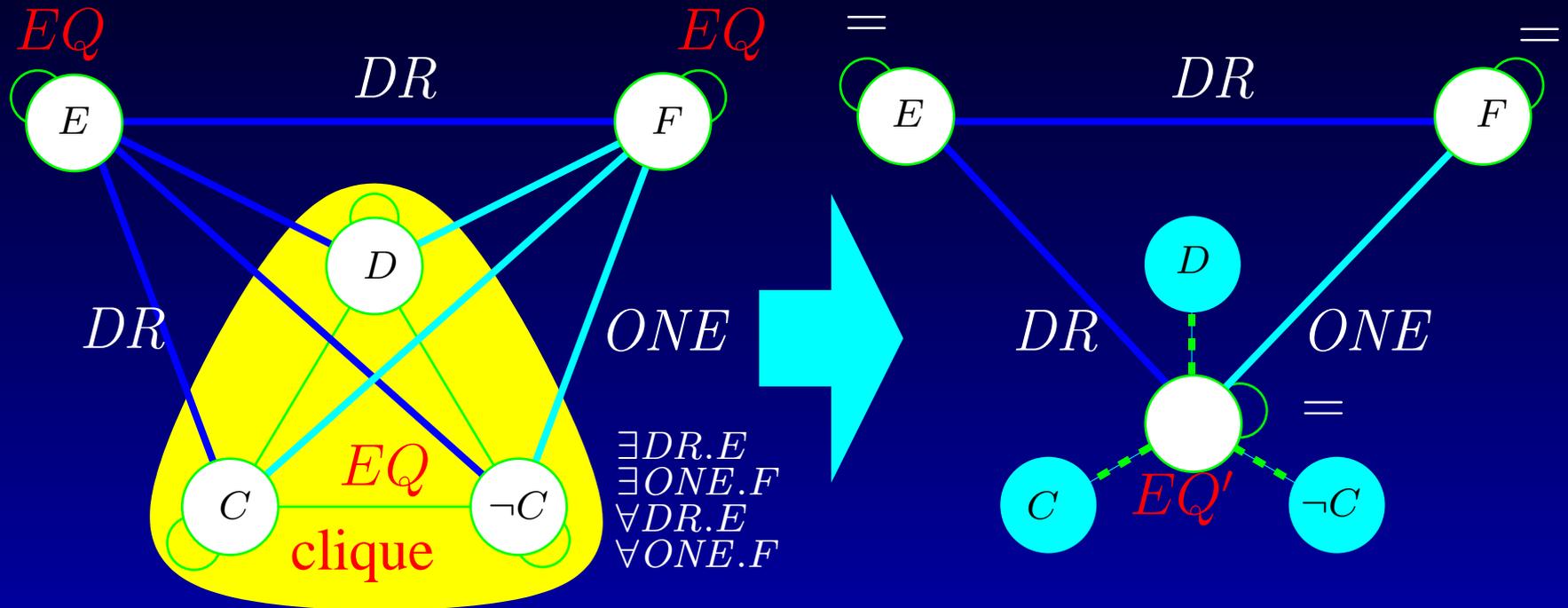
$ALCI_{RCC3}$ is Decidable (3)



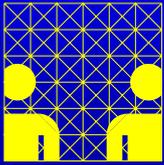
- Nodes in EQ -clique have equivalent modal point of view



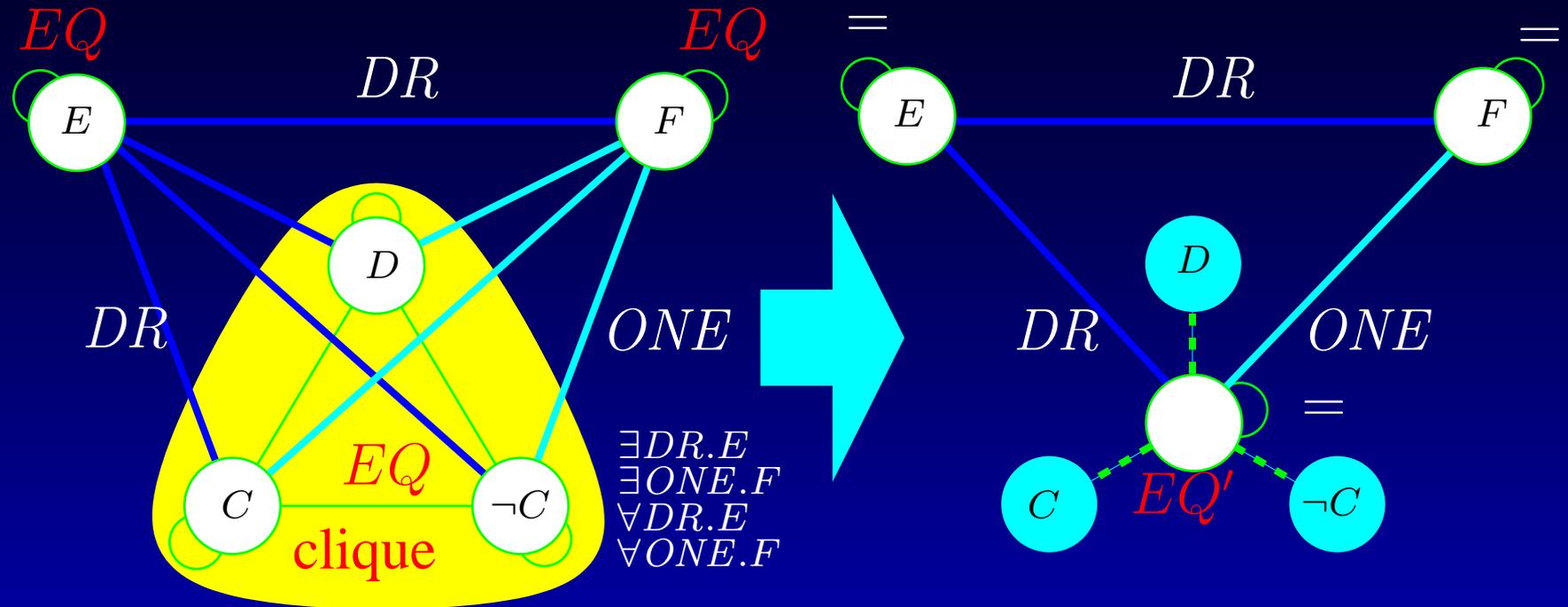
$ALCI_{RCC3}$ is Decidable (3)



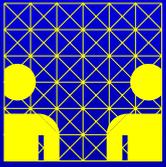
- Nodes in EQ -clique have equivalent modal point of view
- May have different propositional descriptions



$ALCI_{RCC3}$ is Decidable (3)

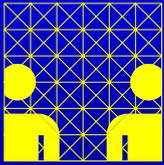


- Nodes in EQ -clique have equivalent modal point of view
- May have different propositional descriptions
- Left structure needs three, right structure only two variables for description



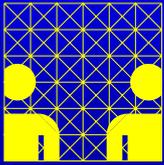
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property



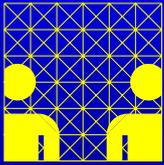
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP , PPI



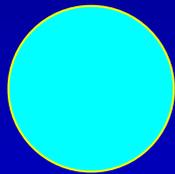
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

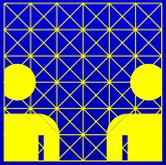


$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

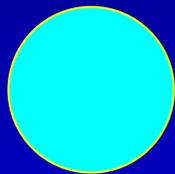


$(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

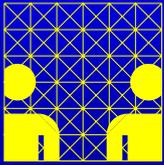


$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

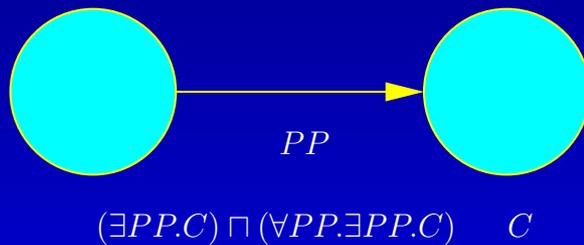


$(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$



$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

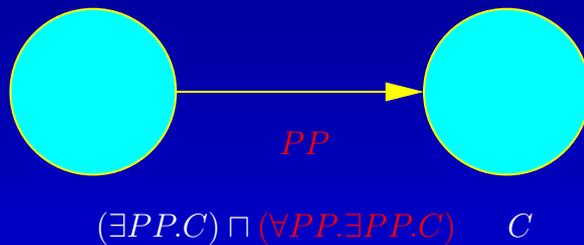
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

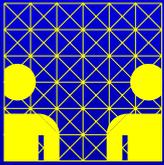




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

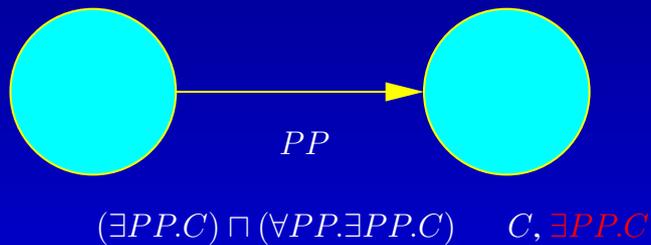
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

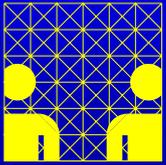




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

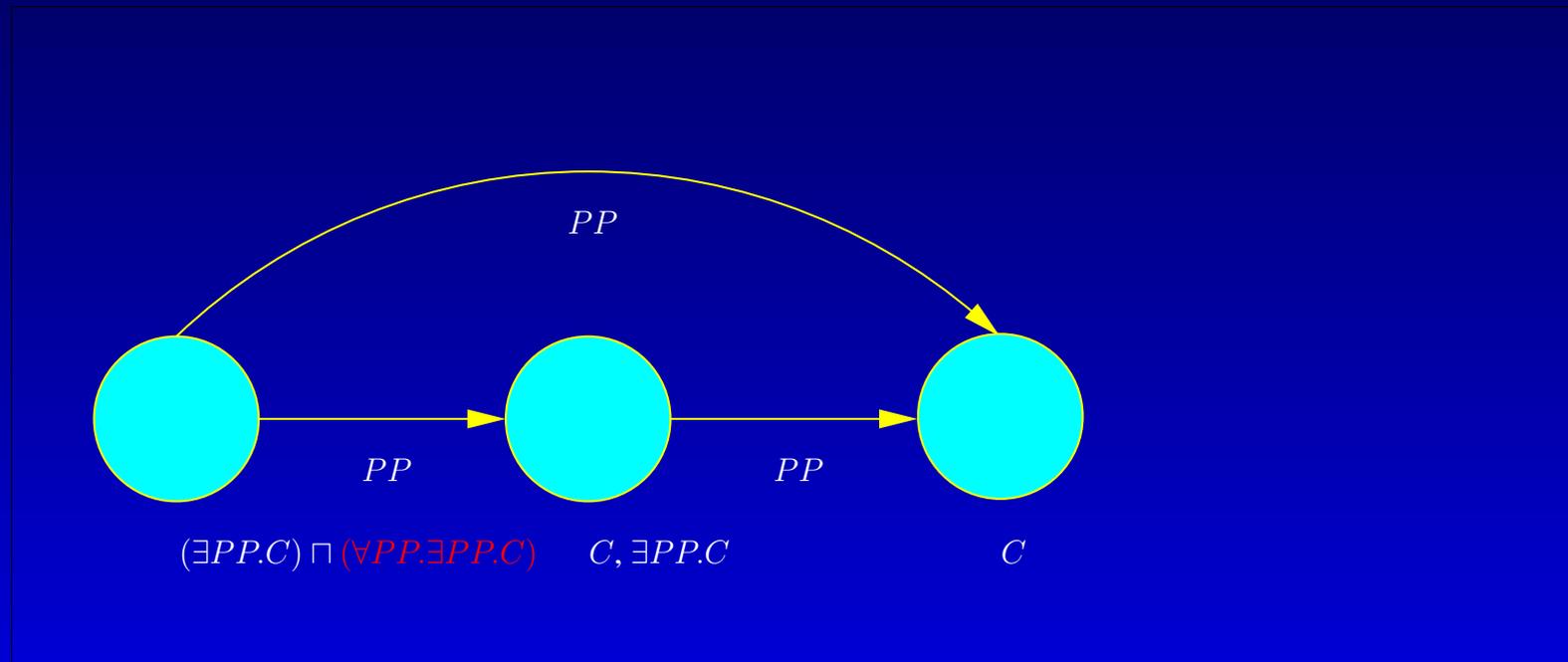
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

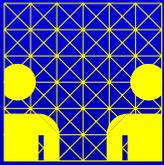




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

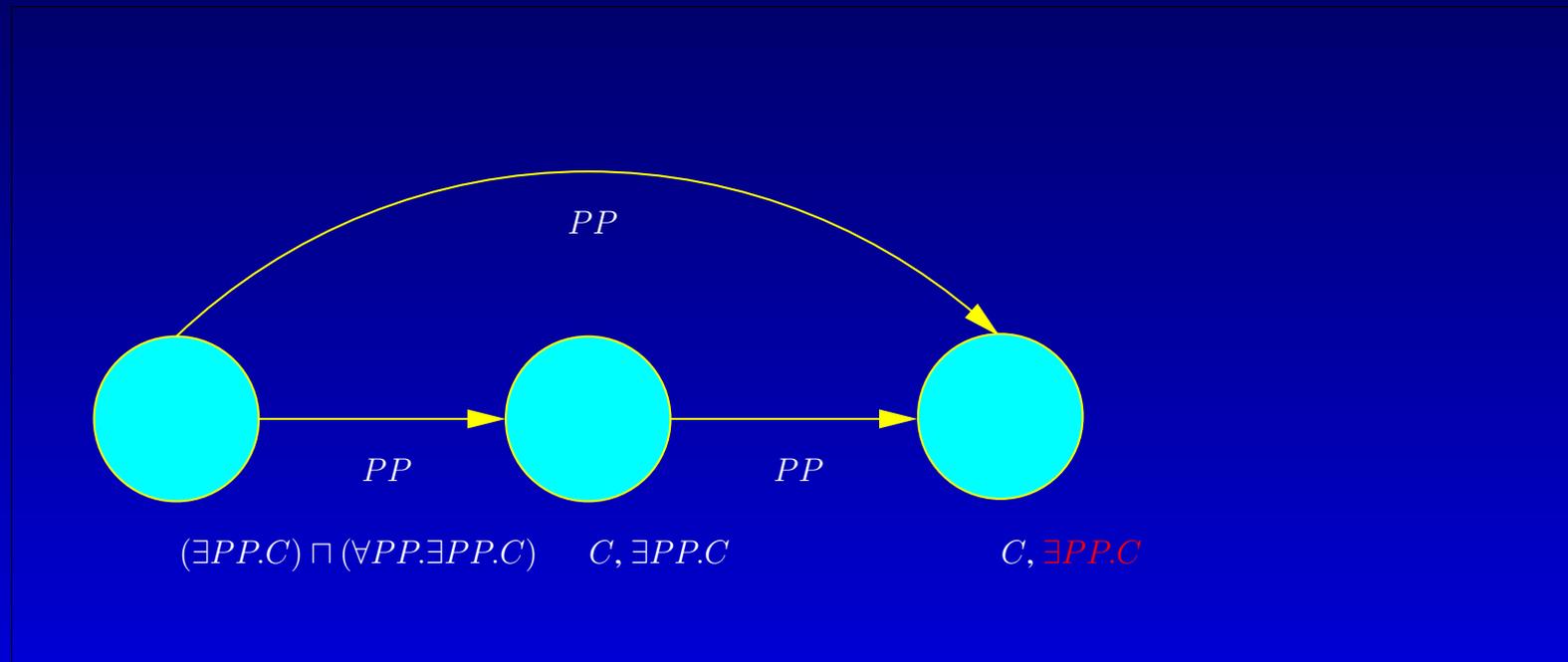
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

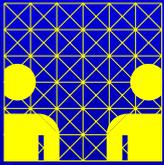




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

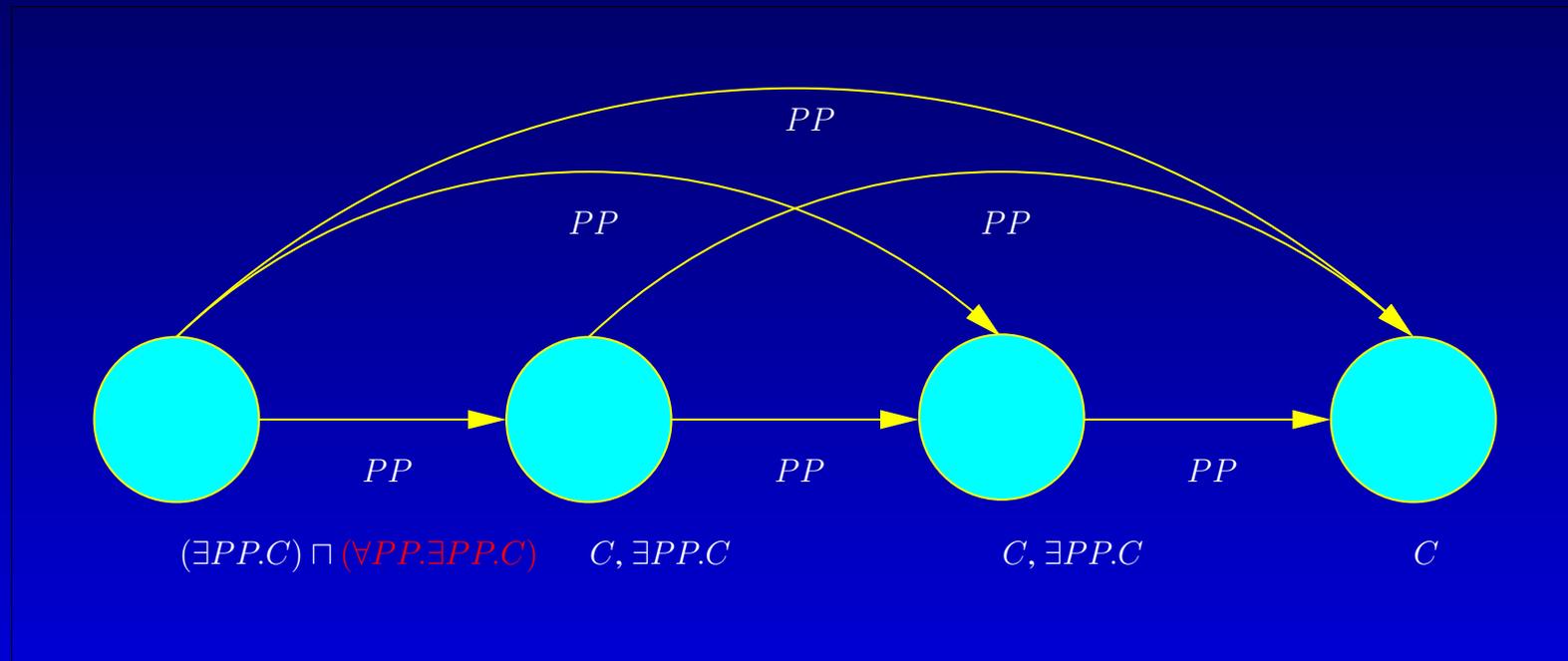
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

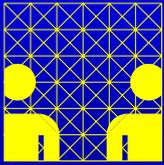




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

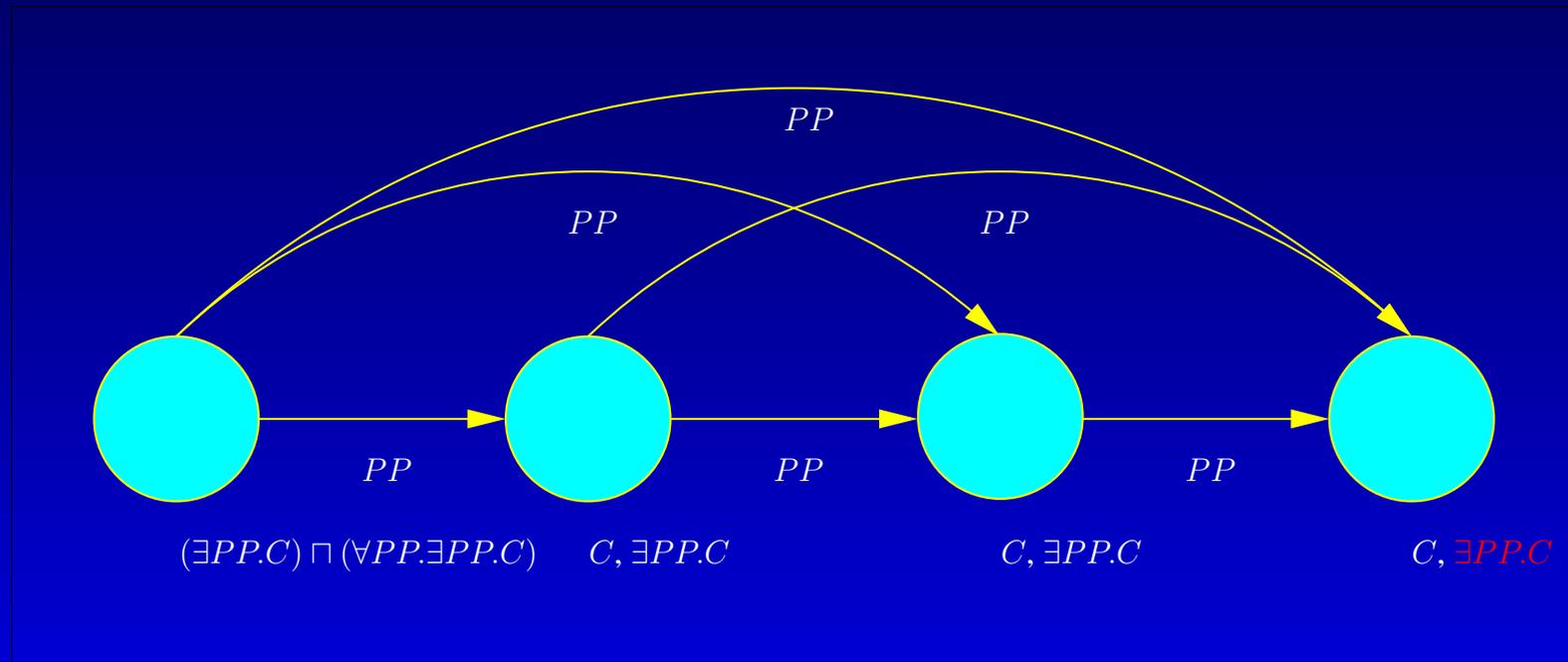
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$

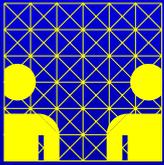




$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

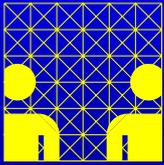
- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$





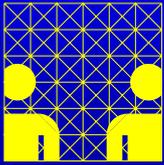
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$
- $ALCI_{RCC8}$: $TPP, TPPI, NTPP, NTPPI$



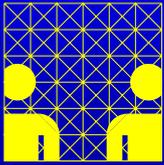
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$
- $ALCI_{RCC8}$: $TPP, TPPI, NTPP, NTPPI$
- $ALCI_{RCC8}$ somehow allows the distinction of a role and its transitive orbit



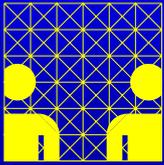
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$
- $ALCI_{RCC8}$: $TPP, TPPI, NTPP, NTPPI$
- $ALCI_{RCC8}$ somehow allows the distinction of a role and its transitive orbit
- Neither tree nor finite model property...



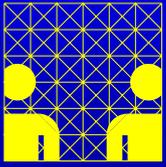
$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$
- $ALCI_{RCC8}$: $TPP, TPPI, NTPP, NTPPI$
- $ALCI_{RCC8}$ somehow allows the distinction of a role and its transitive orbit
- Neither tree nor finite model property...
- Allow for internalization and even nominals
 \Rightarrow no TBox/ABox required!



$ALCI_{RCC5}$ & $ALCI_{RCC8}$

- No finite model property
- $ALCI_{RCC5}$: PP, PPI
- $(\exists PP.C) \sqcap (\forall PP.\exists PP.C)$
- $ALCI_{RCC8}$: $TPP, TPPI, NTPP, NTPPI$
- $ALCI_{RCC8}$ somehow allows the distinction of a role and its transitive orbit
- Neither tree nor finite model property...
- Allow for internalization and even nominals
 \Rightarrow no TBox/ABox required!
- Decidability?



Transitive Orbits in $ALCI_{RCC8}$

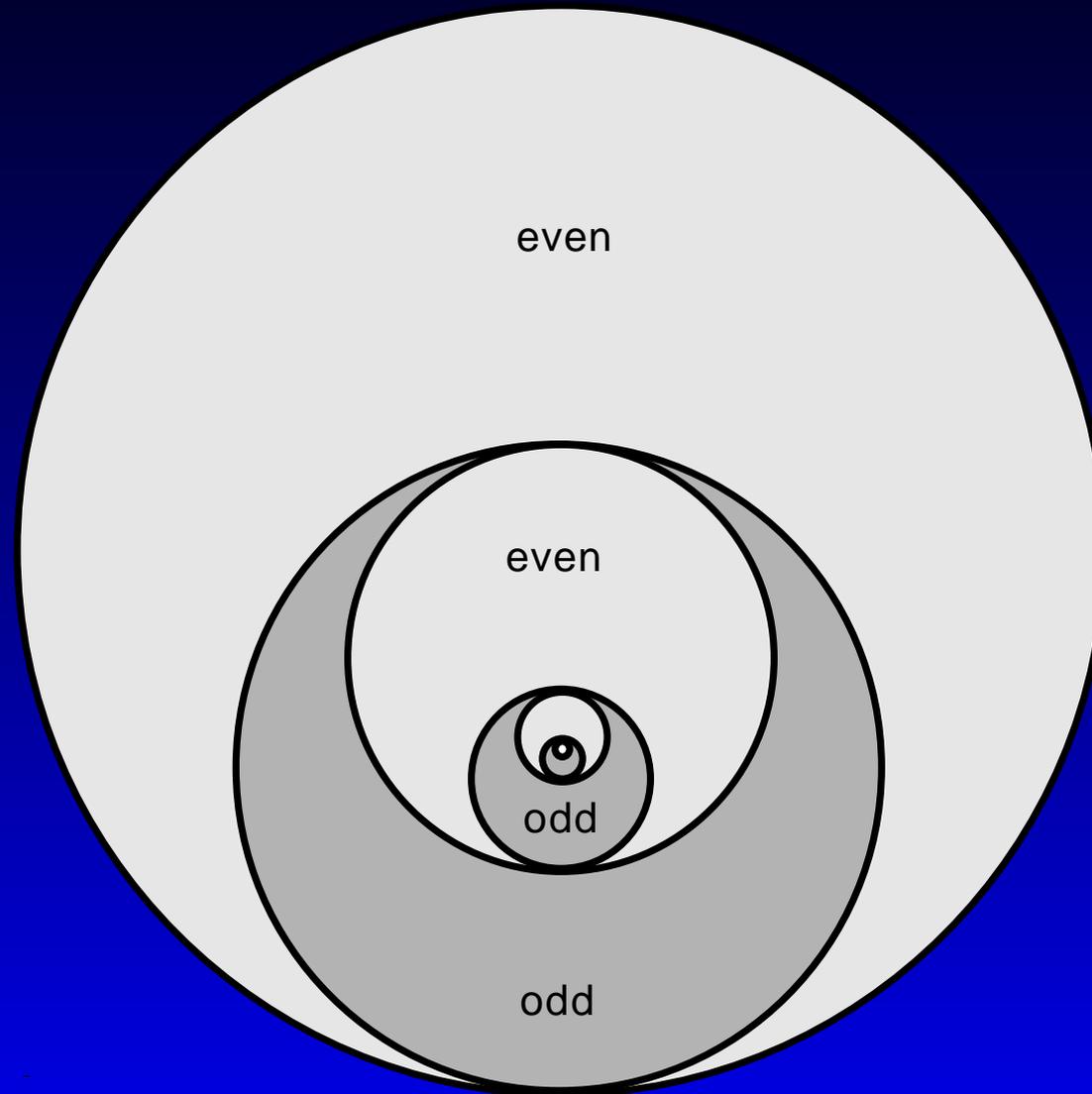
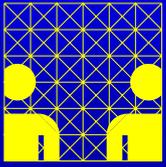


Illustration of intended spatial model



Transitive Orbits in \mathcal{ALCI}_{RCC8}

$even_odd_chain =_{def}$

$even \sqcap$

$(\exists TPPI. \exists TPPI. \top) \sqcap$

$(even \Rightarrow \forall TPPI. odd) \sqcap$

$(odd \Rightarrow \forall TPPI. even) \sqcap$

$(\forall NTPPI. ((even \Rightarrow \forall TPPI. odd) \sqcap$

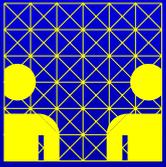
$(odd \Rightarrow \forall TPPI. even))) \sqcap$

$(\forall TPPI. ((even \Rightarrow \forall TPPI. odd) \sqcap$

$(odd \Rightarrow \forall TPPI. even))) \sqcap$

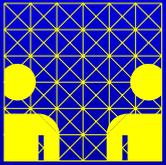
$(\forall NTPPI. \exists TPPI. \top)$

$((TPPI^{\mathcal{I}})^+ - TPPI^{\mathcal{I}}) \subseteq NTPPI^{\mathcal{I}}$



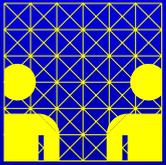
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?



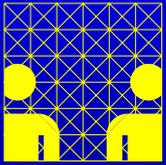
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?



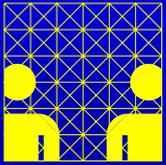
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?
- Wie schlimm ist die Unvollständigkeit?



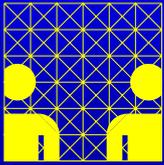
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?
- Wie schlimm ist die Unvollständigkeit?
- Kopplung intensionale \Leftrightarrow extensionale Komponente?



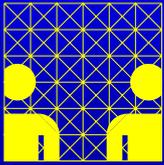
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?
- Wie schlimm ist die Unvollständigkeit?
- Kopplung intensionale \Leftrightarrow extensionale Komponente?
- Alternative geeignete Logiken?



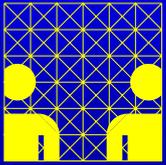
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?
- Wie schlimm ist die Unvollständigkeit?
- Kopplung intensionale \Leftrightarrow extensionale Komponente?
- Alternative geeignete Logiken?
- Eingeschränkte nützliche Fragmente?



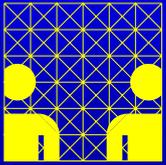
Offene theoretische Fragen

- Entscheidbarkeit?
- Wie kann man echte räumliche Modelle angeben?
- Wie schlimm ist die Unvollständigkeit?
- Kopplung intensionale \Leftrightarrow extensionale Komponente?
- Alternative geeignete Logiken?
- Eingeschränkte nützliche Fragmente?
 - Z.B. $\exists R.\forall S.C$ / $\forall R.\exists S.C$ -Schachtelungen verbieten (s. auch $\mathcal{ALCRP}(\mathcal{D})$, Haarslev/Möller/Lutz)



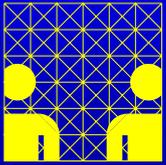
Framework

- Räumliche Ebene



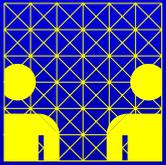
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen



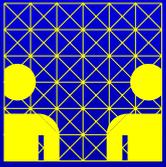
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index



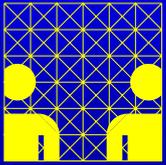
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen



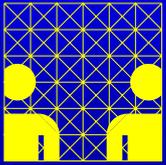
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar



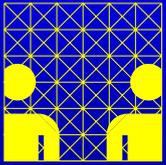
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen



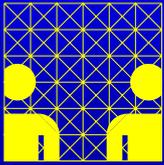
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten



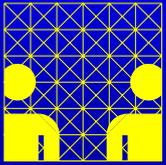
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Per Vererbung, entsprechende Klassen



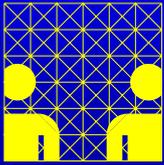
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Per Vererbung, entsprechende Klassen
 - Query-Answering



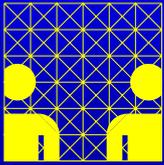
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Per Vererbung, entsprechende Klassen
 - Query-Answering
 - Einfache Hornklauseln (keine Rekursion etc.)



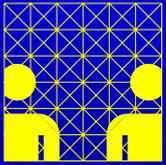
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Per Vererbung, entsprechende Klassen
 - Query-Answering
 - Einfache Hornklauseln (keine Rekursion etc.)
 - Auswechselbare Sprachen!



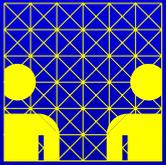
Framework

- Räumliche Ebene
 - Geometrische Datentypen
 - Räumlicher Index
 - Qualitative Relationen
 - LOD wählbar
 - RCC-Relationen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Per Vererbung, entsprechende Klassen
 - Query-Answering
 - Einfache Hornklauseln (keine Rekursion etc.)
 - Auswechselbare Sprachen!
 - Map Viewer



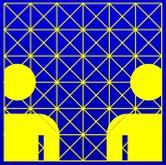
Framework (2)

- Thematische Ebene



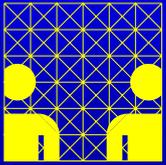
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben



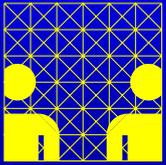
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Austauschbare Beschreibungen



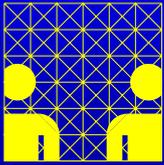
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Austauschbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten



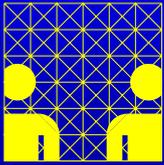
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Austauschbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, austauschbare Sprachen!)



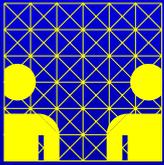
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Austauschbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, austauschbare Sprachen!)
 - Prototypische Tableaux-Beweiser



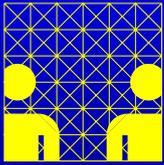
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Auswechselbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, auswechselbare Sprachen!)
 - Prototypische Tableaux-Beweiser
 - Explizite Modelle (wenn möglich)



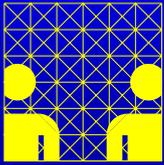
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Auswechselbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, auswechselbare Sprachen!)
 - Prototypische Tableaux-Beweiser
 - Explizite Modelle (wenn möglich)
 - Rekonfigurierbar durch Vererbung von Graphenklassen die entsp. Frame-Conditions und Operationen bereitstellen



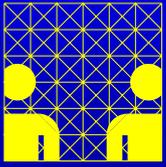
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Auswechselbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, auswechselbare Sprachen!)
 - Prototypische Tableaux-Beweiser
 - Explizite Modelle (wenn möglich)
 - Rekonfigurierbar durch Vererbung von Graphenklassen die entsp. Frame-Conditions und Operationen bereitstellen
 - RBoxen, TBoxen, ABoxen, ...



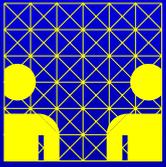
Framework (2)

- Thematische Ebene
 - Evtl. durch RACER-ABox gegeben
 - Auswechselbare Beschreibungen
 - Explizite vs. implizite Kanten
 - Query-Answering (Hornklauseln, auswechselbare Sprachen!)
 - Prototypische Tableaux-Beweiser
 - Explizite Modelle (wenn möglich)
 - Rekonfigurierbar durch Vererbung von Graphenklassen die entsp. Frame-Conditions und Operationen bereitstellen
 - RBoxen, TBoxen, ABoxen, ...
 - Modellvisualisierungs-Tool



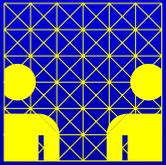
Framework (3)

- Räumliche-thematische Ebene



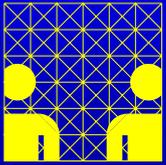
Framework (3)

- Räumliche-thematische Ebene
 - Query-Answering



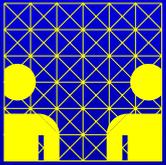
Framework (3)

- Räumliche-thematische Ebene
 - Query-Answering
 - Hornklauseln



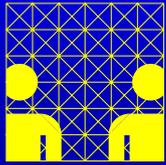
Framework (3)

- Räumliche-thematische Ebene
 - Query-Answering
 - Hornklauseln
 - ϵ -Kombination (Wolter et al.) der beiden Hornklausel-Sprachen



Framework (3)

- Räumliche-thematische Ebene
 - Query-Answering
 - Hornklauseln
 - ϵ -Kombination (Wolter et al.) der beiden Hornklausel-Sprachen
 - Optimierender Compiler



Danke
für Ihre
Aufmerksamkeit!