

Beschreibungslogiken für räumliche Informationssysteme

**Promotionsvorhaben von
Michael Wessel, AB KOGS**

„Betreuendes Umfeld“ (alphabetisch):

Volker Haarslev, Ralf Möller, Bernd
Neumann

Versuch der Synthese von...

- Methoden zum **qualitativen räumlichen Schließen** (spez. Kompositionstabellenbasierte Ansätze)
- Methoden aus der **logikbasierten Wissensrepräsentation** (spez. Beschreibungslogiken)
- Zur Schaffung eines **deduktiven Geographischen Informationssystemes**
 - Theoretischer Anteil: **Beschreibungssprachen**
 - Praktischer Anteil: **prototypische Realisierung**

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

Bahnbetriebsgelaende FLAECH

Baublockgrenze LINIE

Baublockgrenze, im Gewaesser LINIE

Baublocknummer TEXT

Baublockzusammengehoeerigkeit 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

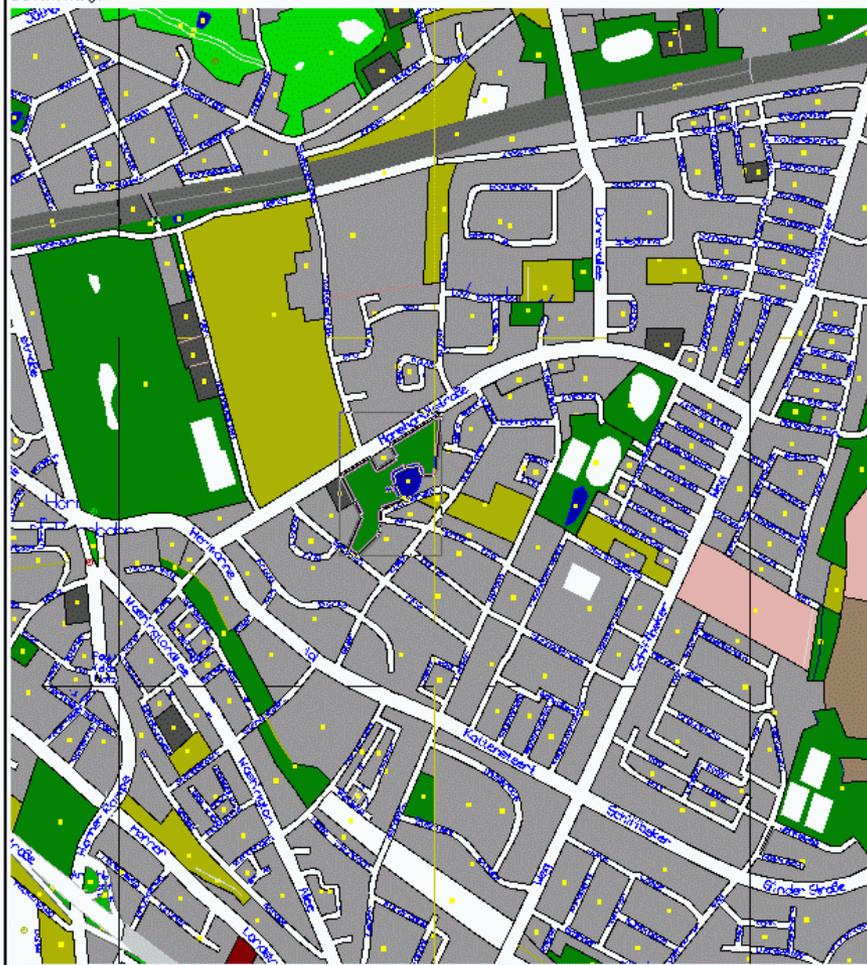
Bruecke LINIE

Brueckenname TEXT

Bundesbahn, oberirdisch LINIE

Bundesbahn, oberirdisch LINIE

Current Range



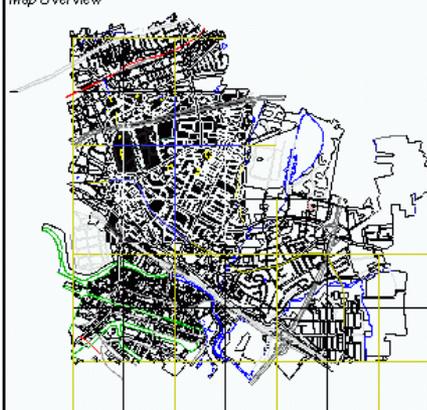
Map Coordinates

Full Map: (69778,32000) - (78073,39458)

Map Range: (71660,35196) - (74412,37948)

Range: 2752 * 2752 meters

Map Overview



Map Infos

ID 78233 13639 (Park, mit Einzelsymbolen PARK-MIT-EINZ)

Has Segments:

ID 7821 3	13635 (Sonstige Strasse SONSTIGE-STR/
ID 78207	13634 (Sonstige Strasse SONSTIGE-STR/
ID 78201	13633 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 95	13632 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 89	13631 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 83	13630 (Sonstige Strasse SONSTIGE-STR/
ID 781 77	13629 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 71	13628 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 65	13627 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 59	13626 (Hauptverkehrsstrasse HAUPTVEI)
ID 781 53	13625 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 47	13624 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 41	13623 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 35	13622 (Hauptverkehrsstrasse HAUPTVEI)
ID 781 29	13621 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:
ID 781 23	13620 (Nutzungsartengrenze NUTZ UNG:

Undo Unhighlight Clear Reset Redraw Delete Infos

Command:
Command: Describe Object #<MAP-POLYGON 78233>
Command:

Spezifische Aspekte der Domäne

- **Räumliche Aspekte**
 - Geometrie, **räumliche Relationen**
 - *Objekt 9357 ist ein Polygon, **berührt** Objekt 9321, **enthält** Objekt 9211, ...*
 - Qualitative relative Lagebeschreibungen
- **Thematische Aspekte**
 - *Objekt 9357 ist eine **Wiese/Weide***
- **Räumlich-thematische Beschreibungen**
 - *Eine **Wiese**, die einen Teich **enthält***
 - Beschreibungssprache?
 - Taxonomien: *ein Park ist eine **Grünanlage***

Extensionales Schließen

- Query: *Welche Wohngebiete grenzen an Bäche, die in stehende Gewässer in öffentlichen Grünanlagen münden?*

retrieve(?x) :-

**wohngebiet(?x), grenzt-an(?x,?y),
bach(?y), mündet-in(?y,?z),
stehendes-gewässer(?z),
grünanlage(?u), enthält(?u,?z).**

- Unproblematisch, solange Basisprädikate, keine Rekursion, keine Negation, ...
- Wünschenswert: Bezug auf Taxonomien

??? 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 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 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
- Brueckenname TEXT
- Brueckensymbol charakteristisch LINIE

Current Range



Map Coordinates

Full Map: (73847,33771) - (76394,36319)
 Map Range: (73919,34588) - (74779,35449)
 Range: 861 * 861 meters

Map Overview



Map Infos

ID 66358 1142 (Wohnen WOHNEN FLAECHE)

Has Segments:

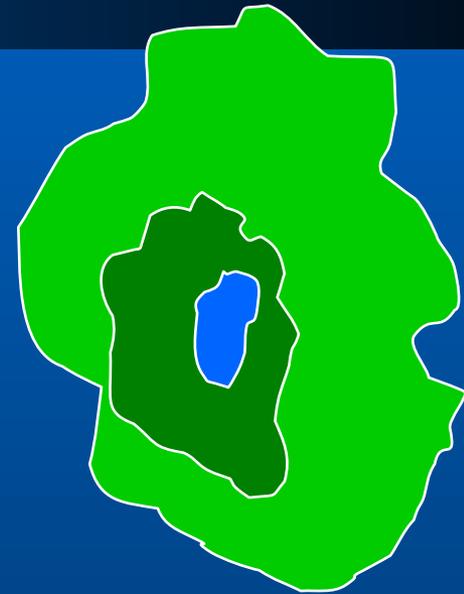
ID 66278	1128	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66284	1129	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66290	1130	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66296	1131	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66302	1132	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66308	1133	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66320	1135	(Sonstige Strasse SONSTIGE-STRA)
ID 66315	1134	(Sonstige Strasse SONSTIGE-STRA)
ID 66330	1137	(Sonstige Strasse SONSTIGE-STRA)
ID 66336	1138	(Sonstige Strasse SONSTIGE-STRA)
ID 66342	1139	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66348	1140	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)
ID 66354	1141	(Nutzungsartengrenze NUTZUNGS)

Undo Unhighlight Clear Reset Redraw Delete Infos

Command: Adjust Map Center #<BOUNDING-BOX 239177FC>
 Command: Adjust Map Center #<BOUNDING-BOX 239177FC>
 Command: □

Intensionales Schließen

- **Konzeptkonsistenz / Erfüllbarkeit**
 - *Ein Naturschutzgebiet, das keine Gewässer enthält, aber einen Wald enthält, der einen See enthält.*
 - Widerspruch durch Transitivität von **enthält**, und weil **Seen** auch **Gewässer** sind
 - **Interaktion**
- **Subsumptionsbestimmung** zw. Begriffen
- **Objektklassifikation** bzgl. gegebener Taxonomie mit Hintergrundwissen
- **Query-Containment**, -Equivalence, ...

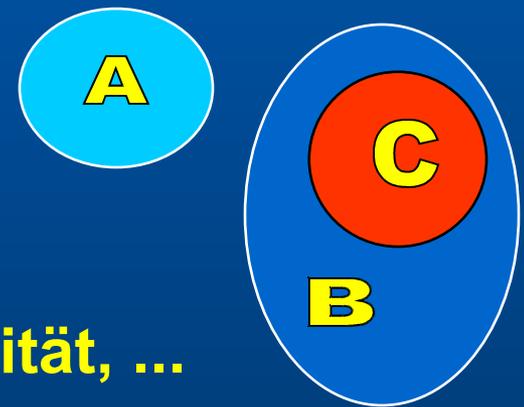


Problem „Unterbestimmtheit“

- **Thematische Unterbestimmtheit**
 - *dieses Objekt ist eine Wiese **oder** ein Acker*
- **Räumliche Unterbestimmtheit**
 - „**es gibt** einen See, der dieses Waldgebiet berührt“
 - evtl. kein „konkretes“ Objekt in DB vorhanden
 - „**es gibt** einen See“
 - In welchen räumlichen Relation zu den anderen Objekten der DB steht er, bzw. kann er stehen?
- **Universelle Quantifizierung**
 - Teich ohne Zufluss := Teich & **alle berührenden** Objekte sind keine Bäche

Qualitatives räumliches Schließen

- **Relationales qualitatives Schließen**
 - *Wenn A und B disjunkt sind, und B C enthält, so sind auch A und C disjunkt*
 - **Kompositionstabellen:**
Disjunkt o Enthält => Disjunkt
- **Eigenschaften der Relationen**
 - **Transitivität, Reflexivität, Exklusivität, ...**
 - Relationen-Algebren (Tarski)
 - Unentscheidbare Klasse von Theorien
- **Räumliche „Relationen-Algebren“**
 - **RCC-Kompositionstabellen**



Logiken mit Rollenkomposition

- Startpunkt Beschreibungslogik \mathcal{ALC}

- Äquivalent zur **Multi-Modallogik** $\mathcal{K}(m)$

- Boolesche Operatoren: $p, q, \dots, \text{not}, \&, \vee$

- Modal-Operatoren

- für alle R gilt C , es gibt ein R , für das C gilt

- $R =$ „Rolle“ oder „Modalität“

$$\Box_R C = \text{not} (\Diamond_R (\text{not } C))$$

- \mathcal{ALC} mit **Rollen-Axiomen**

- $R \circ S \Rightarrow T$ aus Kompositionstabelle

- Axiomenschema

$$\Diamond_R \Diamond_S P \Rightarrow \Diamond_T P$$

Theoretische Probleme

- \mathcal{ALC} mit Rollenkomposition ist **unentscheidbar** für allgemeine Kompositionstabellen
 - auch mit weiteren Einschränkungen an die Modelle, wie globale **Rollen-Disjunktheit**, ...
- Wie sieht es mit speziellen „räumlichen“ Kompositionstabellen aus, insbesondere den **RCC-Tabellen**?
- Selbst wenn $\mathcal{ALCI}_{\text{RCC}}$ entscheidbar wäre, wie sieht es mit **Vollständigkeit bzgl. echter „räumlicher Modelle“** aus?

Ausblick und weiterer Verlauf

- **Klärung des Status'** von \mathcal{ALCI}_{RCC5} bzw. 8
 - Beweis für (Un)Entscheidbarkeit?
- **Alternativen** zu \mathcal{ALCI}_{RCC}
 - „hybride Sprache“ mit schwächerer räumlich-thematischer Interaktion
 - Modallogiken: „Products“ vs. „Fusions“
- **Arbeiten am Prototypen**
- **„Wissenschaftlicher Wert f.d. Informatik“**
 - formales Rahmensystem für deduktives qualitatives GIS, Prototyp
 - untersuchte Beschreibungslogiken (Beweise)