

Flexible und konfigurierbare Softwarearchitekturen für ontologiebasierte Informationssysteme

Promotionsvortrag

Michael Wessel

Vorsitzender: Prof. ter Haseborg

Gutachter: Prof. Möller, Prof. Mayer-Lindenberg

Institut für Softwaresysteme, TUHH

Inhaltsangabe

- Generelle Motivation & Hintergrund
- Anwendungsspezifische Fragestellungen → Analyse → Anforderungen an Architektur-Modell
- Entwurf und Vorstellung des Architektur-Modelles
- Evaluation: Prototypen (Anwendungsdomäne)
- Zusammenfassung & Ausblick

Motivation & Hintergrund

- These: Bedeutung ontologiebasierter Informationssysteme nimmt zu (z.B. “Semantic Web”)
- Informationssysteme mit Schlussfolgerungsmechanismen
- **Kernthema: ontologiebasierte Anfragebeantwortung**

Motivation & Hintergrund

- These: Bedeutung ontologiebasierter Informationssysteme nimmt zu (z.B. “Semantic Web”)
- Informationssysteme mit Schlussfolgerungsmechanismen
- **Kernthema: ontologiebasierte Anfragebeantwortung**
- Verdeutlichendes Beispiel (informal)
 - **Begriffsdefinitionen (intensionale Komponente):**
Mutter gdw. Frau mit Kind
Frau gdw. weiblich & Person
 - **Fakten (extensionale Komponente):**
Betty ist weiblich Betty ist Person
Betty hat Kind charles
 - **Anfrage “Instanzen von Mutter”:** {Betty}.

Motivation & Hintergrund

- These: Bedeutung ontologiebasierter Informationssysteme nimmt zu (z.B. “Semantic Web”)
- Informationssysteme mit Schlussfolgerungsmechanismen
- **Kernthema: ontologiebasierte Anfragebeantwortung**
- Verdeutlichendes Beispiel (Logik)
 - **Begriffsdefinitionen (intensionale Komponente):**
$$\forall x. Mutter(x) \leftrightarrow Frau(x) \wedge \exists y. hat_Kind(x, y)$$
$$\forall x. Frau(x) \leftrightarrow Weiblich(x) \wedge Person(x)$$
 - **Fakten (extensionale Komponente):**
$$Weiblich(betty) \quad Person(betty)$$
$$hat_Kind(betty, charles)$$
 - **Anfrage** $\{ i \mid \Sigma \models mutter(i) \} = \{ betty \}$

Motivation & Hintergrund

- These: Bedeutung ontologiebasierter Informationssysteme nimmt zu (z.B. “Semantic Web”)
- Informationssysteme mit Schlussfolgerungsmechanismen
- **Kernthema: ontologiebasierte Anfragebeantwortung**
- Verdeutlichendes Beispiel (Beschreibungslogik)
 - **Begriffsdefinitionen (TBox):**
$$Mutter \doteq Frau \sqcap \exists hat_kind. \top$$
$$Frau \doteq Weiblich \sqcap Person$$
 - **Fakten (ABox):**
$$betty : Weiblich \quad betty : Person$$
$$(betty, charles) : hat_kind$$
 - **Anfrage** $\{ i \mid KB \models mutter(i) \} = \{ betty \}$

Motivation & Hintergrund

- These: Bedeutung ontologiebasierter Informationssysteme nimmt zu (z.B. “Semantic Web”)
- Informationssysteme mit Schlussfolgerungsmechanismen
- **Kernthema: ontologiebasierte Anfragebeantwortung**
- Motivation: Bereitstellung eines flexiblen Rahmens zur Realisierung ontologiebasierter Informationssysteme ...
 - ... ausdrucksstarke und skalierbare ontologiebasierte Anfragesprachen bietet (Variablen)
 - ... und verschiedene Repräsentationsarten unterstützt (gleich)
 - ... der auch für **räumliche Informationssysteme (Anwendungsdomäne 1)** genutzt werden kann

Anwendungsspezif. Fragestellungen

- Anwendung: ontologieb. Anfragebeantwortung für GIS
- **Räumlich**-thematische Anfrage:
“In welchen europäischen Ländern mit mehr als 60 Mio. Einwohnern ist Hamburg **nicht enthalten**?”

Anwendungsspezif. Fragestellungen

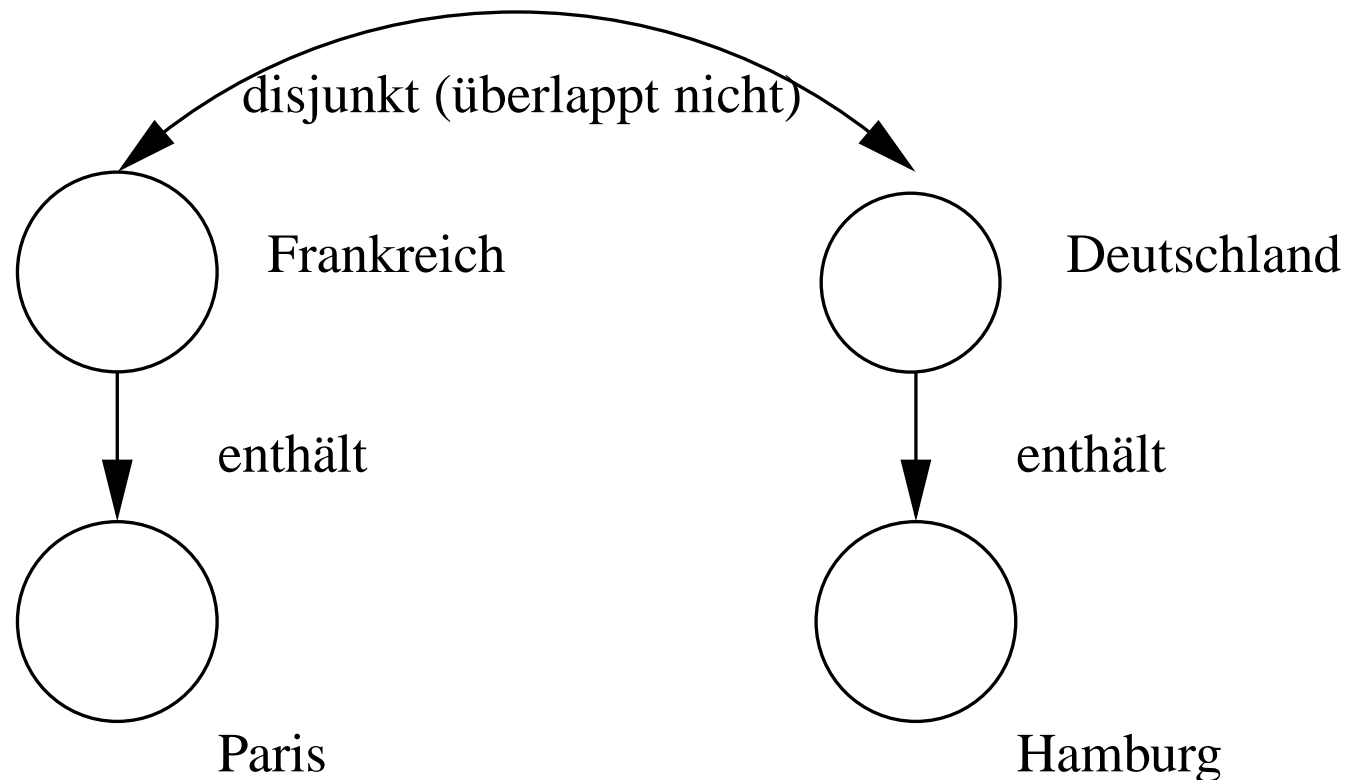
- Anwendung: ontologieb. Anfragebeantwortung für GIS
- **Räumlich**-thematische Anfrage:
“In welchen europäischen Ländern mit mehr als 60 Mio. Einwohnern ist Hamburg **nicht enthalten**?”



Anwendungsspezif. Fragestellungen

- Anwendung: ontologieb. Anfragebeantwortung für GIS
- **Räumlich**-thematische Anfrage:
“In welchen europäischen Ländern mit mehr als 60 Mio. Einwohnern ist Hamburg **nicht enthalten**?”
- **F1:** Wie und für welche Aspekte können Ontologien und speziell Beschreibungslogiken genutzt werden? Z.B. zur Def. **räumlich**-thematischer Begriffe?
- **F2:** Wie kann (u.U. unterbestimmte) räumliche Information logik-geeignet repräsentiert und für räumliche Schlussfolgerungen genutzt werden?

Anwendungsspezif. Fragestellungen



Qualitative Karte mit qualitativen räumlichen Relationen

In welcher Beziehung stehen Paris und Hamburg?

Anwendungsspezif. Fragestellungen

- Anwendung: ontologieb. Anfragebeantwortung für GIS
- **Räumlich**-thematische Anfrage:
“In welchen europäischen Ländern mit mehr als 60 Mio. Einwohnern ist Hamburg **nicht enthalten**?”
- **F1:** Wie und für welche Aspekte können Ontologien und speziell Beschreibungslogiken genutzt werden? Z.B. zur Def. **räumlich**-thematischer Begriffe?
- **F2:** Wie kann (u.U. unterbestimmte) räumliche Information logik-geeignet repräsentiert und für räumliche Schlussfolgerungen genutzt werden?
- **F3:** Wie können entsp. Anfragesprachen aussehen?
- **F4:** Wie können Anfragen auf Konsistenz geprüft werden?

Anwendungsspezif. Fragestellungen

Beispiele für inkonsistente Anfragen

$enthält(x, y) \wedge enthält(y, z) \wedge disjunkt(x, z)$

räumlich inkonsistent

$stadt(x) \wedge land(x)$

thematisch inkonsistent

$naturschutz_park(x) \wedge enthält(x, y) \wedge wohngebiet(y) \wedge$

$(\forall enthält.(gruen_flaeche \sqcup wasser_flaeche))(x)$

räumlich-thematisch inkonsistent

**Sowohl Anfragen als auch Beschreibungen
können inkonsistent werden**

Antworten auf Fragestellungen

- **F1:** Raum Aspekte in Beschreibungslogiken:
Beschreibungslogik-Workshops '00-'03
- **F2, F3, F4:** Räumlich-thematische Anfragesprachen,
Potentiale und Defizite von
Standard-Beschreibungslogiksystemen: Knowledge
Representation meets Databases '03
- **F3:** Erweiterte Anfragemöglichkeiten f. thematische
Aspekte = ABox-Anfragesprache:
u.a. Beschreibungslogik-Workshop '04
- **F3:** Skalierbarkeit der ABox-Anfragesprache:
u.a. Deutsche Jahrestagung für Künstliche Intelligenz, '06

Antworten auf Fragestellungen (2)

- **F1:** Repräsentation datenwertiger Attribute in Beschreibungslogiken: International Joint Conference on Automated Reasoning '01
 - **F2:** Räumlich/thematische Default-Inferenz: International Conference on Spatial Information Theory '99
 - ...
- ⇒ Übersicht über die Architektur (eigentlich Architektur-Modell): **Journal of Applied Logic – Special Issue on Emperically Sucessful Systems '07**
- ⇒ **Analysefazit**, das zur **Anforderungsdefinition** an das **Architektur-Modell** führte

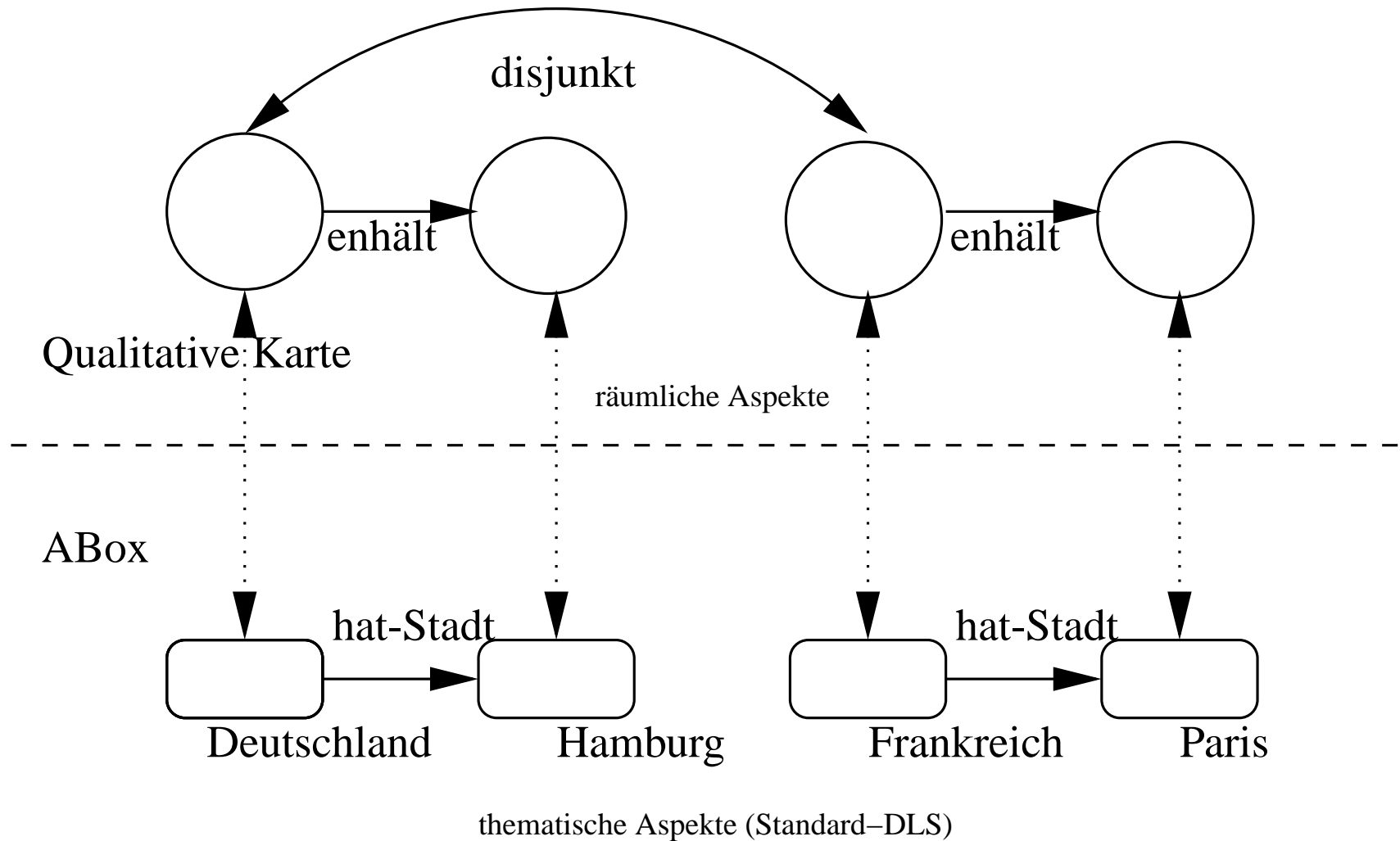
Analysefazit des Autors

- die **integrierte** Behandlung räumlicher und thematischer Aspekte in einer Beschreibungslogik führt
 - entweder zu in der Praxis nicht nutzbaren, weil stark eingeschränkter Beschreibungssprache,
 - oder zur Unentscheidbarkeit der Logik.
- ⇒ **pragmatische Trennung** räumlicher & thematischer Aspekte erforderlich, spezialisierte Repräsentationen erforderlich, auch wg. **Skalierbarkeit**
- ⇒ **Re-Kombination** der Aspekte durch eine **hybride räumlich-thematische Anfragesprache**
- Inferenz (Konsistenzprüfung) für bestimmte Klassen von Anfragen möglich → Mehrwert

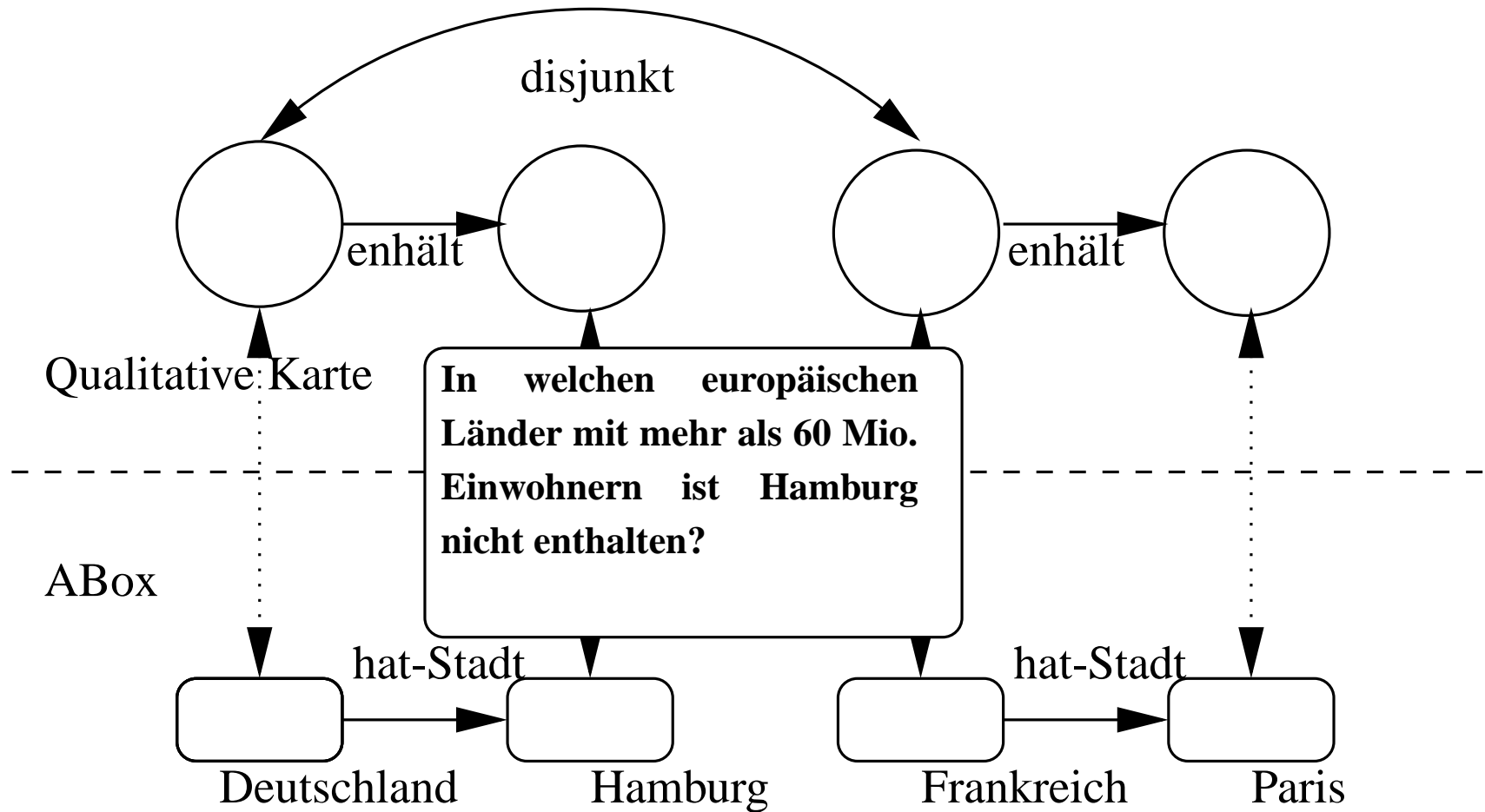
Gewonnene Anforderungen

- verschiedene spezialisierte Repräsentationen
 - räuml. Repräsentationen: qual. und geometr.
 - thematische Information: **u.a.** ABoxen
- ⇒ **anwendungsspezifisch spezialisierbares generisches (hybrides) Datenmodell**
- ⇒ **anwendungsspezifisch spezialisierbare generische (hybride) Anfragesprache für das Datenmodell**
- **Repräsentations-spezifische Folgerbarkeitsrelationen und Inferenzverfahren erforderlich**
 - für die ABox-Anfragebeantwortung: \models
 - qualitatives räumliches Schließen
 - geometrische Inferenz (“Ablezen aus der Karte”)

Hybride Anfragebearbeitung

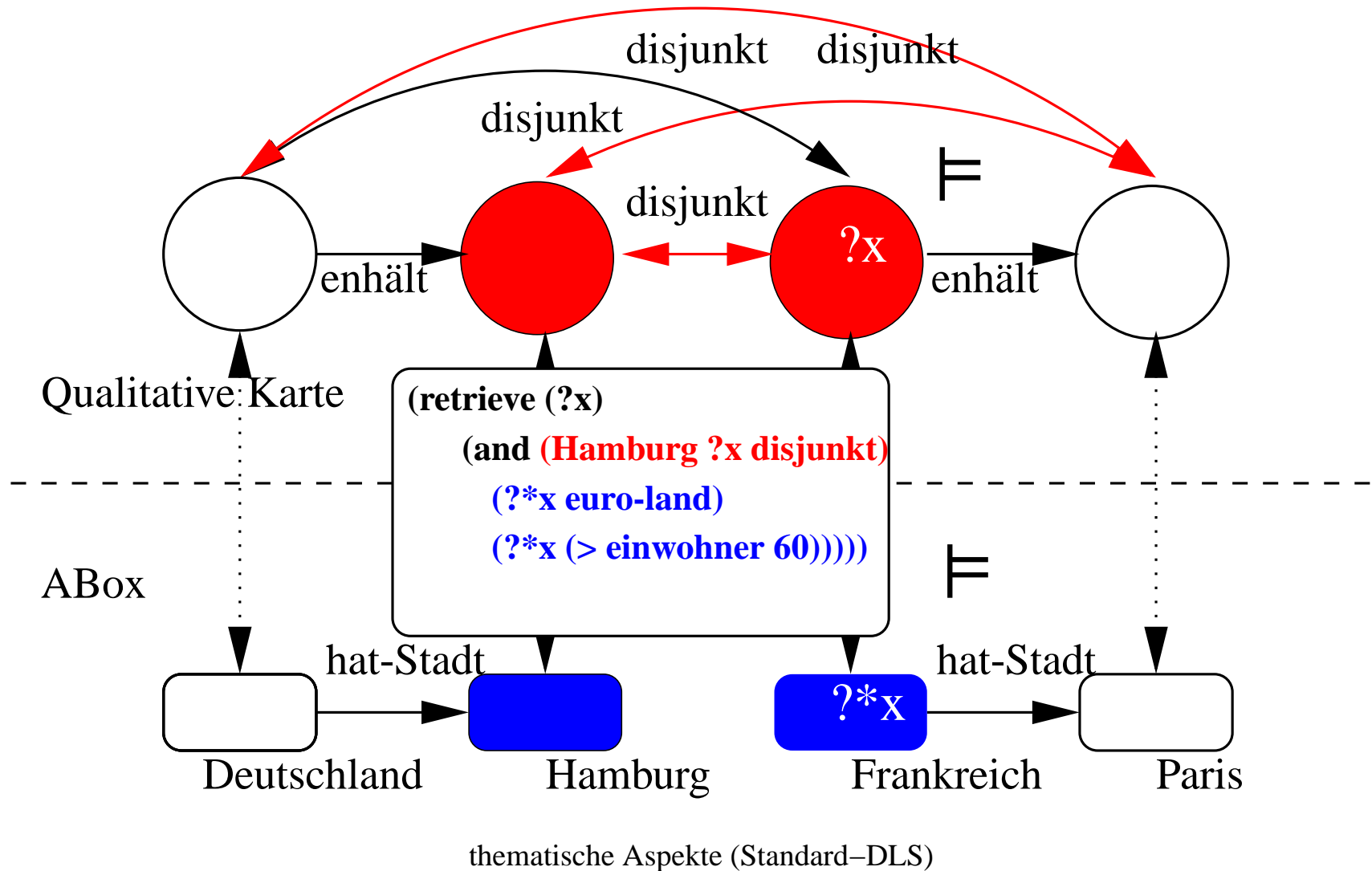


Hybride Anfragebearbeitung

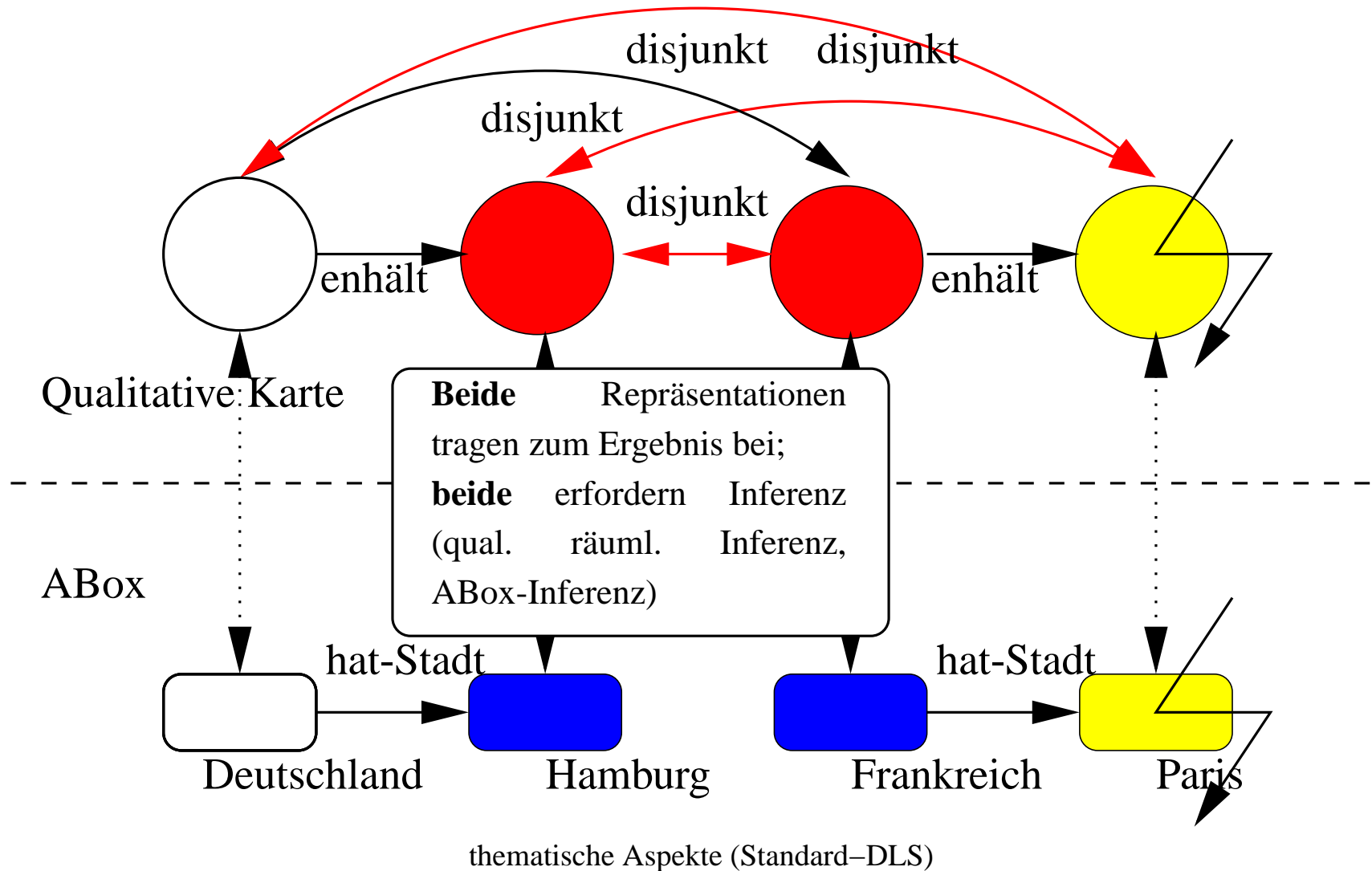


thematische Aspekte (Standard-DLS)

Hybride Anfragebearbeitung



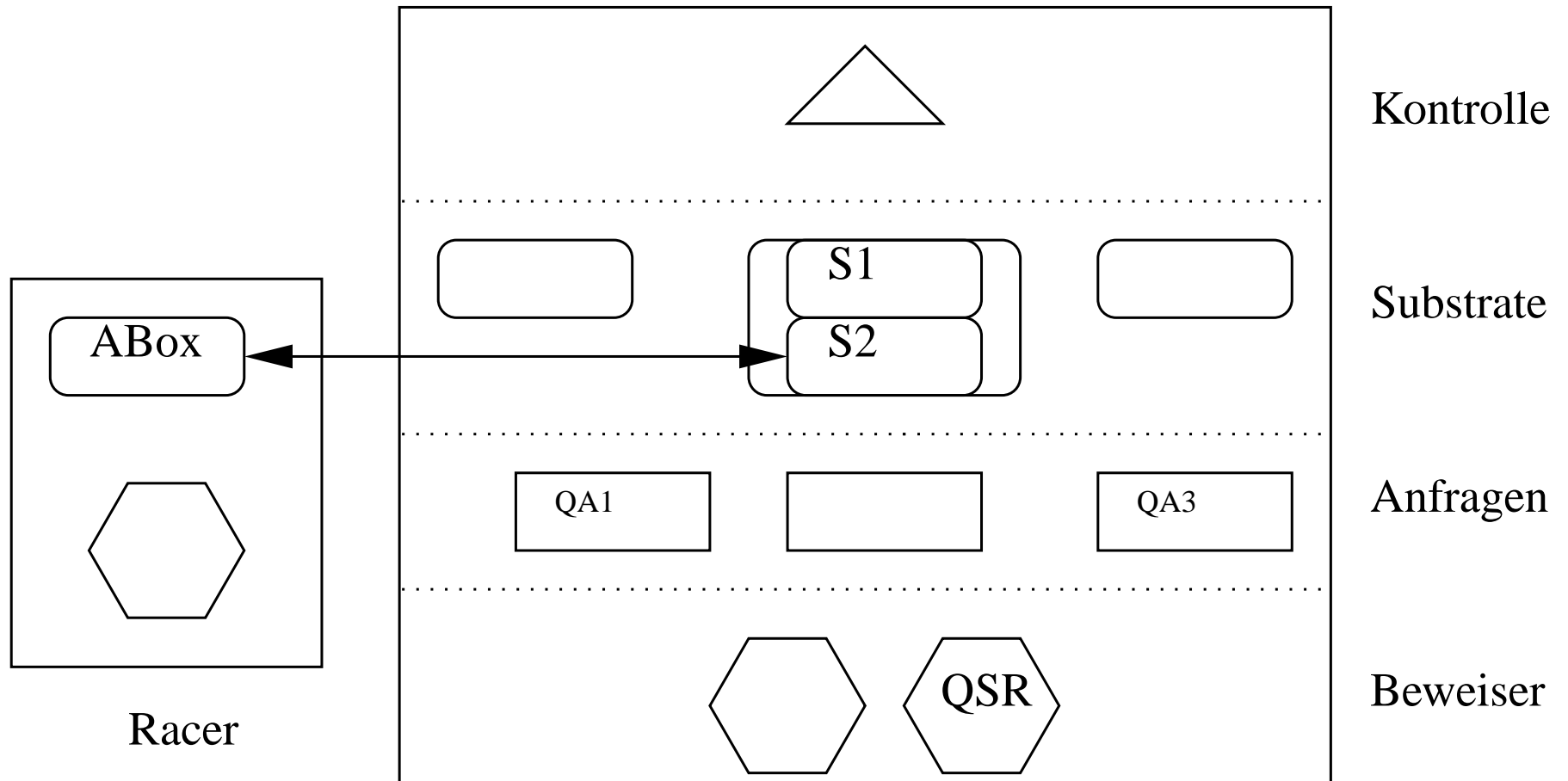
Hybride Anfragebearbeitung



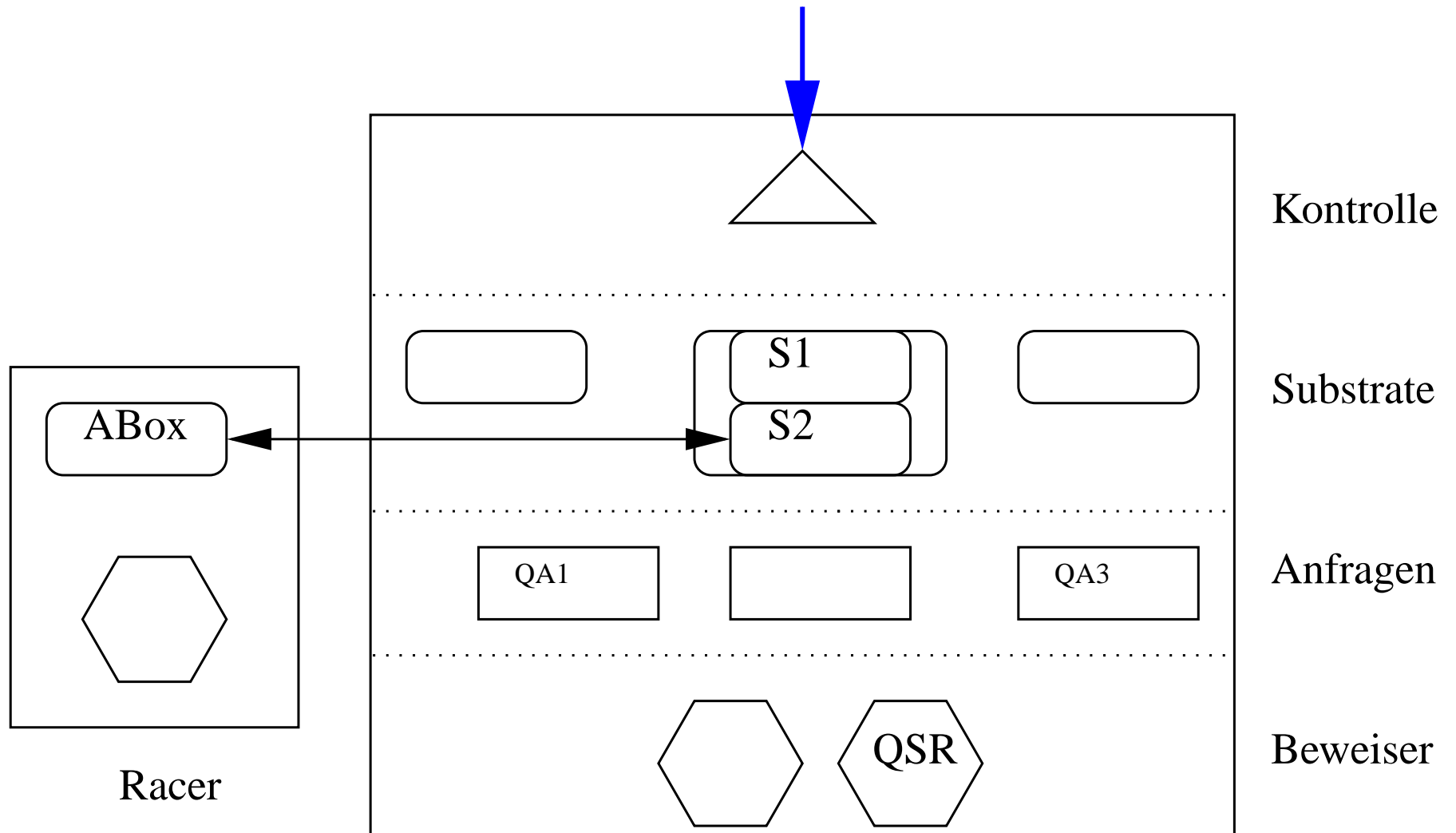
Architektur-Modell – Basis-Entwurf

- Hauptkonzepte: **Substrat-Datenmodell, generische Substrat-Anfragesprache, Beweiser**
 - Substrat = **Knoten- und Kanten-beschrifteter Graph** (semi-strukturiert)
 - Anwendungsspezifisch spezialisierbar:
Beschriftungssprachen variabel
 - Substrat-Anfragesprache spezialisierbar:
Substrat-spezifische Anfrage-Atome
 - formalisiert in Prädikatenlogik 1. Stufe (**nur** zu Formalisierungszwecken)
 - Semantik wohldefiniert: Konsistenz und Folgerbarkeit (\models)
- ⇒ “Dienstqualität” anhand Semantik verifizierbar

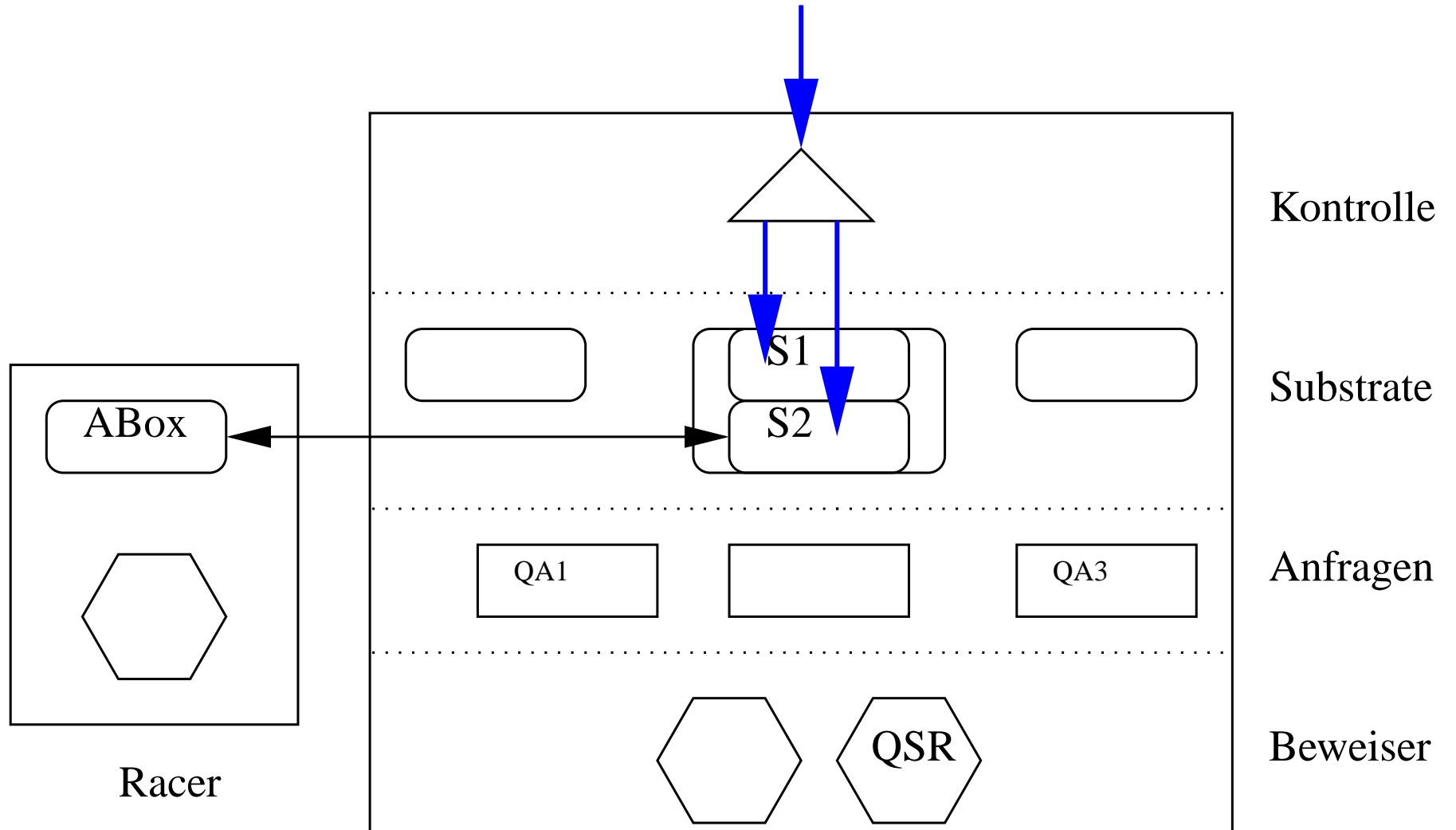
Architektur-Modell: Komponenten



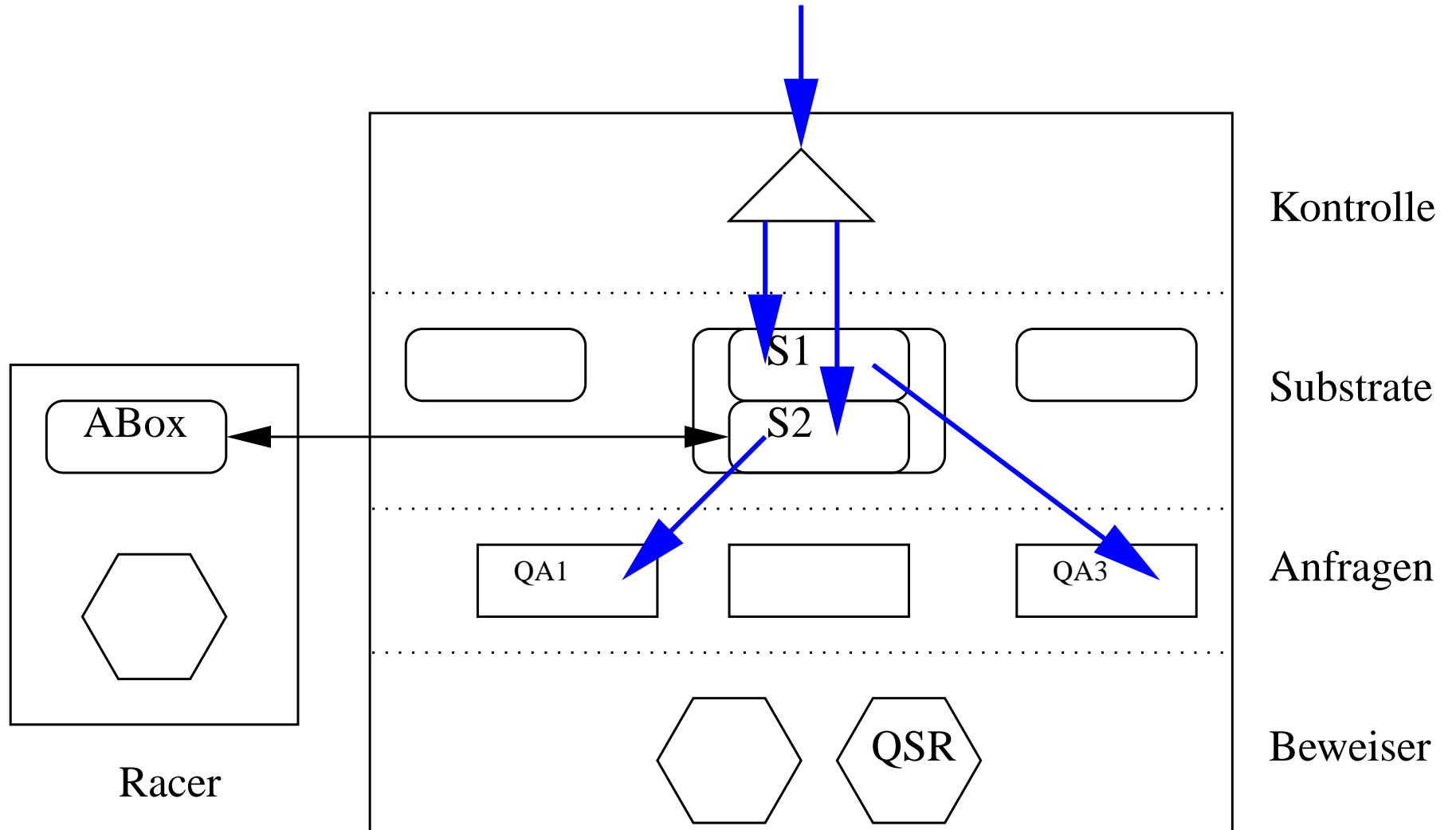
Architektur: Anfragebearbeitung



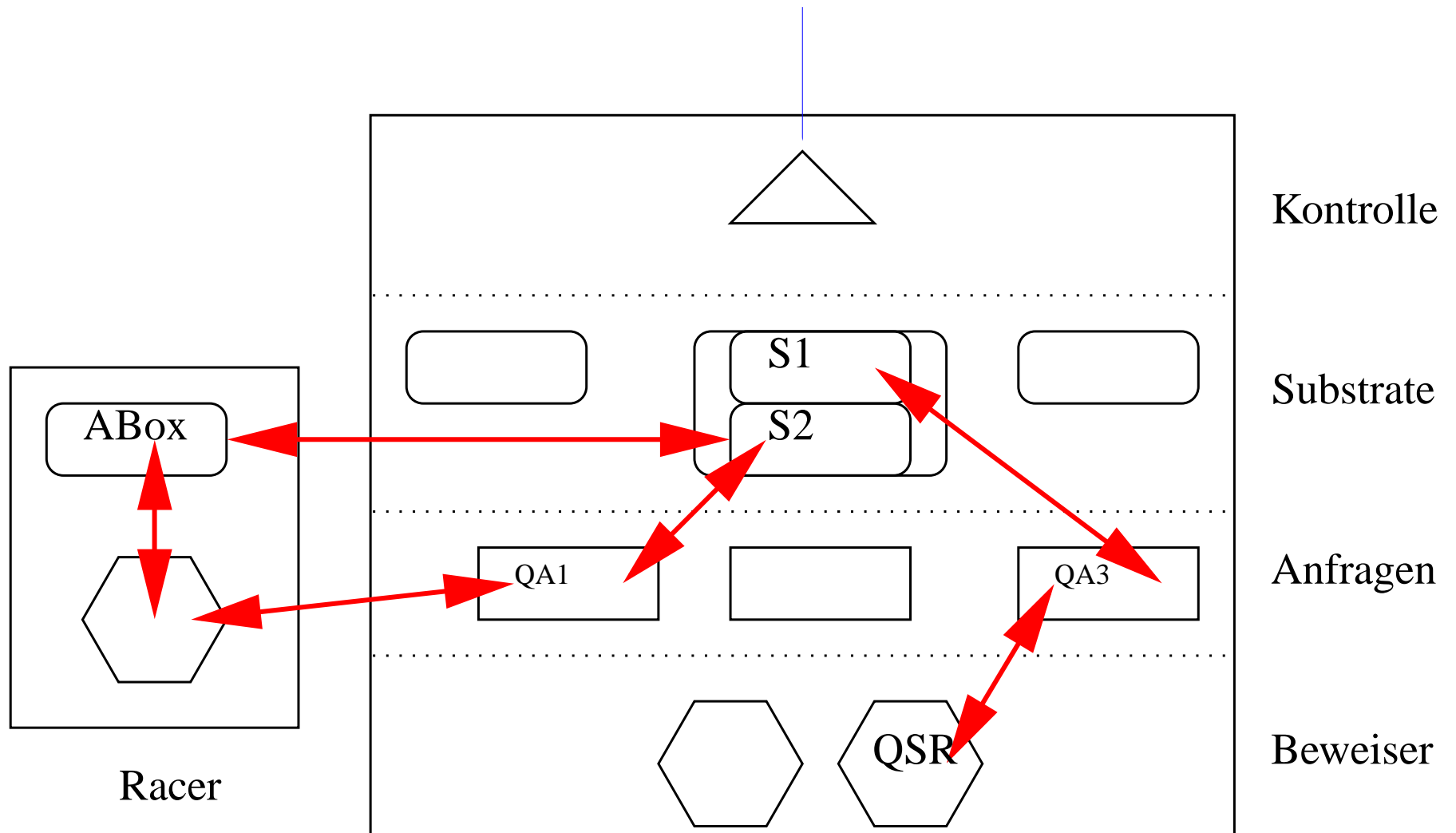
Architektur: Anfragebearbeitung



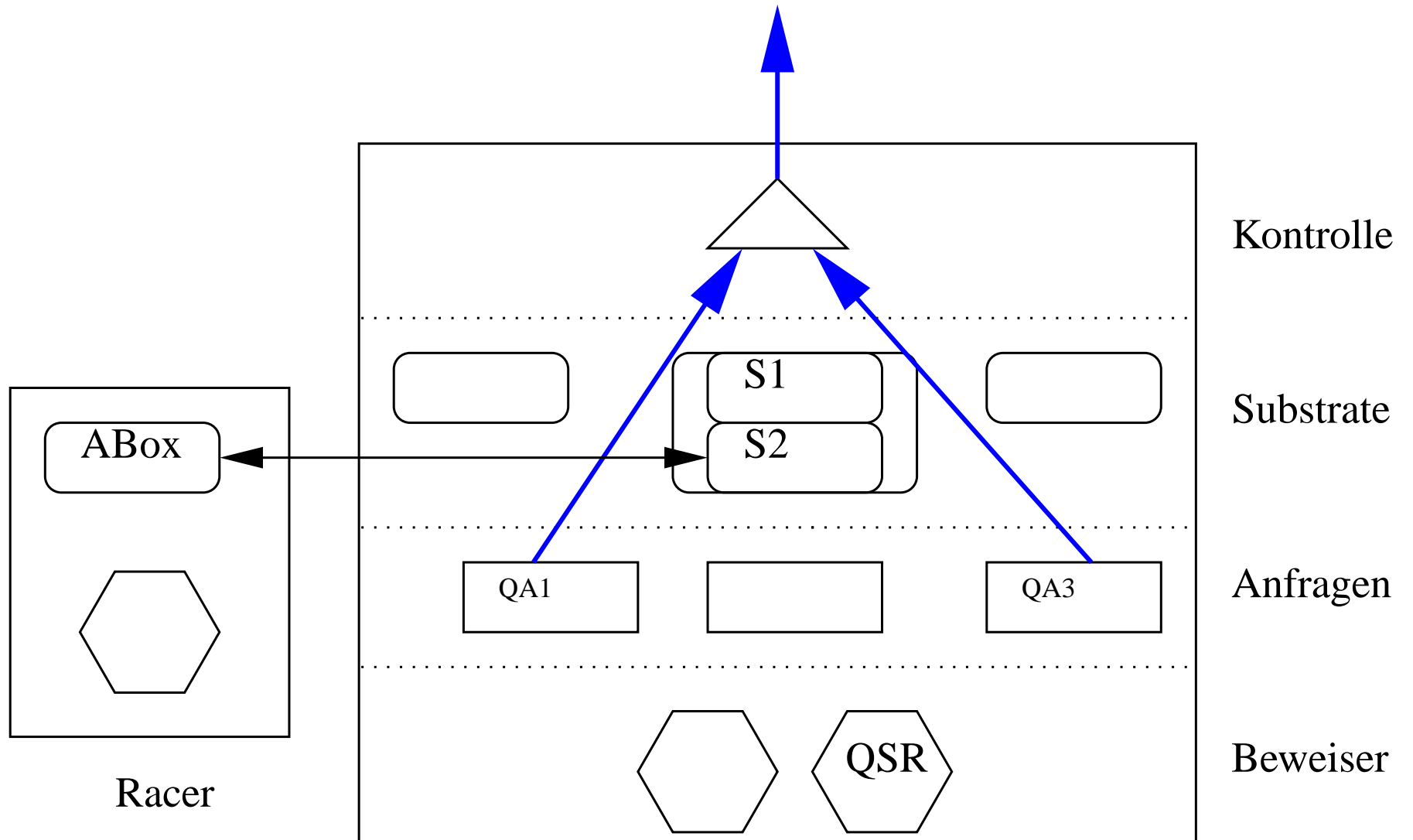
Architektur: Anfragebearbeitung



Architektur: Anfragebearbeitung



Architektur: Anfragebearbeitung



Architektur: Anfragekonsistenz

- Ausnutzung weiterer wichtiger Eigenschaften qualitativer räumlicher Relationen: **paarweise Disjunktheit**
 - $enthält(x, y) \wedge enthält(y, z) \wedge disjunkt(x, z)$
 - $enthält(x, y) \wedge enthält(y, z) \models enthält(x, z)$
 - $enthält(x, z)$ widersprüchlich mit $disjunkt(x, z)$
 - **Qualitativer räumlicher Kalkül (“RCC”)**: zwischen je zwei Objekten gilt **genau eine** räumliche Relation
 - entsprechende Verfahren für thematische Konsistenz, z.B. **Reduktion auf ABox-Konsistenz**
- ⇒ Algorithmen zur Entscheidung von Konsistenz & Enthaltensein für best. Klassen räumlich-thematischer Anfragen

Definition des Substrat-Datenmodelles

- Knoten- und kantenbeschrifteter Graph:
$$S = (V, E, L_V, L_E, \mathcal{L}_V, \mathcal{L}_E)$$
- Beschriftungssprachen $\mathcal{L}_V, \mathcal{L}_E$ variabel
 - ABoxen: $\mathcal{L}_V =_{def} \{\text{Beschreibungen}\}$,
 $\mathcal{L}_E =_{def} \{\text{Relationsnamen}\}$
 - Qual. Karten: $\mathcal{L}_V = \emptyset$,
 $\mathcal{L}_E =_{def} \{\text{räuml. Relationsnamen}\}$
 - Geometr. Karten: $\mathcal{L}_V =_{def} \text{“Geometrie-Beschreibungssprache”}$,
 $\mathcal{L}_E = \emptyset$
- Hybride Substrate: $(S_1, S_2, *)$, $*$ ist eine partielle injektive Funktion von V_1 nach V_2 (da $*^{-1}$ benötigt)
- z.B. $S_1 = \text{RCC5-Netz}$ (qualitative Karte), $S_2 = \text{ABox}$

Definition der Anfragesprache

- Substrat-Anfragesprache: Datalog-ähnlich (nicht-rekursiv mit Negation, sicher, Funktor-frei)
- Atome *atom*:
 - unäre ($?x \ C$) bzw. $C(x)$
 - binäre ($?x \ ?y \ R$) bzw. $R(x, y)$
 - C, R “passend” zu $\mathcal{L}_V, \mathcal{L}_E$, evtl. komplex \rightarrow Flexibilität!
- Körper k , Kombination von *atomen* durch Konstruktoren:
 - $\{\text{and, union, neg, project-to}\}$ bzw. $\{\wedge(“;”), \vee, \setminus, \pi\}$
- Substrat-Anfragen: $ans(\vec{x}) \leftarrow k(\vec{x} \text{ in } k)$
- **Hybride Anfragen**: mischen Atome für S_1 und S_2

Evaluation: Digitale Stadtkarte

DLMAPS-System: Karten-Darstellung

The screenshot displays the DLMAPS-System Map Viewer interface. The main window shows a detailed urban map with various colored zones (green, yellow, red, brown) and street networks. The interface includes a menu bar (File, Map, Key Control, Spatial Querying) and a toolbar with options like Autotracking, Sensitive, Text, Nodes, Contours, Areas, Highlight Bound, Show Bindings, Draw Only Bound, and Use Query Processor. A legend on the left lists various map features and their symbols, such as Dock LINIE, Europastrasse SYMBOL-MIT-TEXT, Fluss, schiffbar, and Friedhof FLAECHE. The bottom of the window shows a command line with the following text:

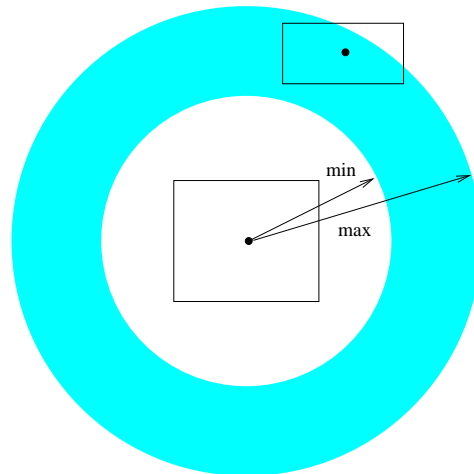
```
Command: Describe Object #<BASIC-MAP-POLYGON IND-10094/10094: ACKER-FLAECHE">  
Command: Describe Object #<BASIC-MAP-POLYGON IND-13771/13771: WOHNEN-FLAECHE">  
Command: []
```

Below the command line, a legend is provided: **L: Describe Object: M: Hiehlight Os Kevs Of Object: R: Memu.**

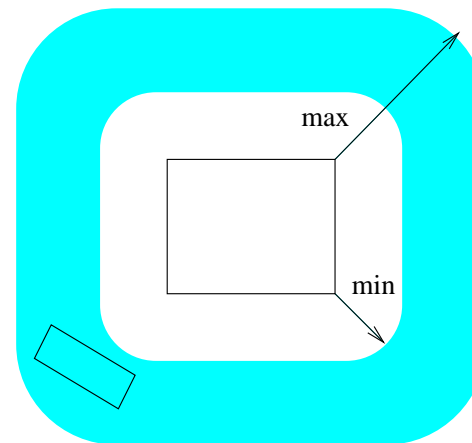
Additional panels on the right include 'Basic-Implicit-Relations-Map', 'Map Coordinates' (Full Map: (69778,32000) - (78073,39458); Map Range: (72081,34417) - (75997,37733); Range: 3316 * 3316 meters), 'Map Overview' (a smaller map of the entire area), and 'Map Infos' (listing segments like IND-13771 (Wohnen WOHNEN FLAECHE WOHNEN-FLAECHE) and its sub-segments).

Evaluation: Digitale Stadtkarte

- Illustration einer spez. Substrat-Anfragesprache: DISKQL
- bietet diskutierte thematische & qual. räumliche Atome
- Atome zur Adressierung der Geometrie der Karten-Daten:
 - geometr. Eigenschaften: (?x (:area (<min> <max>)))
 - geometrisch/metrische Relationen: Δ - und ϵ -Atome



Δ -Atom



ϵ -Atom

Evaluation: Digitale Stadtkarte

DLMAPS-System: Anfrage-Schnittstelle “Welche Wohngebiete grenzen an einen Park”?

The screenshot displays the DLMAPS-System interface. The main window is titled "Inspector" and contains a grid of 30 map thumbnails, each showing a different residential area with a yellow highlight. The thumbnails are arranged in a 5x6 grid. Below the grid are several control buttons: "Delete Page", "Delete All Pages", "Unselect All", "Delete Selected", and "Delete Unselected". At the bottom of the grid, there are checkboxes for various categories: DT, SA, SB, ES, EP, SP, and C.

On the right side of the interface, there is a "Query Processor" window. It contains the following information:

Infos
Natürlichsprachlich:
Zeige mir alle Wohngebiete,
die an einem Park liegen.
Query: (AND (?*X WOHNGBIET) (?*Y PARK) (?*X ?*Y ADJACENT))
Variables: (?*X ?*Y)
#<MP:PROCESS Name "Process" Priority 850000 State "Running">

Query Processor
Command: Q3
Command: Answer Query
Enter Query: (AND (SPATIAL-SUBSTRATE::?*X SPATIAL-SUBSTRATE::WOHNGBIET) (SPATIAL-SUBSTRATE::?*Y SPATIAL-SUBSTRATE::PARK) (SPATIAL-SUBSTRATE::?*X SPATIAL-SUBSTRATE::?*Y SPATIAL-SUBSTRATE::ADJACENT))
Enter Variables: ?*X, ?*Y
Command: Inspector Inspect Query Result #<SPATIAL-SUBSTRATE::QUERY-RESULT 29ED5D84>
Command: Show Query
Command: Q3
Command: Answer Query
Enter Query: (AND (SPATIAL-SUBSTRATE::?*X SPATIAL-SUBSTRATE::WOHNGBIET) (SPATIAL-SUBSTRATE::?*Y SPATIAL-SUBSTRATE::PARK) (SPATIAL-SUBSTRATE::?*X SPATIAL-SUBSTRATE::?*Y SPATIAL-SUBSTRATE::ADJACENT))
Enter Variables: ?*X, ?*Y
Command:

L: Inspector Inspect Query Result: R: Menu.

Konkrete DISKQL-Anfrage

“Suche nach einer adäquaten Immobilie für einen Millionär”

```
(retrieve (?villa ?wohngebiet ?golf-club ?kirche)
  (and (?*wohngebiet
    (and wohngebiet
      (or (all klassifikation villen-egend)
        (string= name ''Blankenese''))))
    (?wohngebiet ?villa :contains)
    (?*villa
      (and villa
        (all status zu-verkaufen) (> preis 10000000)
        (some hat-extra swimming-pool)))
    (?kirche ?wohngebiet (:inside-epsilon nil 200))
    (?wohngebiet ?golf-club :adjacent)
    (?*golf-club (and golf-club (all hat-mitglied millionär))))))
```

Softwaretechnischer Rahmen

- Als Rahmenwerk in CLOS: “Klassen für alles”
 - Substrate,
 - Beschreibungen (Sprachen),
 - Anfragen (Atome, Körper), ...
- Erweiterbar durch Vererbung
- Nutzung von Mehrfachvererbung (z.B. räumliche ABox)
- Nutzung von Multi-Methoden: `entails-p`
- Baukastensystem zur Beweiser-Konstruktion: MIDE LORA
 - Angebot: bis zur Beschreibungslogik *SHIN*
- Schablonenmethoden (Standard-Funktionalität)
 - komplexe Substrat-Anfragebeantwortungsmaschine

Wissenschaftlicher Einfluss der Arbeiten

- RACERPRO-Nutzer: NRQL = **expressive und skalierbare ABox- und SemWeb-Anfragesprache**, wurde hier als Anfragesprache für thematische Aspekte genutzt
- Konsistenzcheck von UML-Diagrammen mittels NRQL-Anfragen
- RACERPRO + NRQL: erstes Beschreibungslogiksystem, das die sogen. LUBM-Anfragen evaluieren konnte
- Optimierungstechniken aus NRQL-Maschine wurden in andere Beschreibungslogik-Systeme übernommen
- NRQL-Regeln für Szenen-Interpretation
- Anwendung der Architektur im BOEMIE-Kontext zur Multimedia-Interpretation: Abduktion mit NRQL-Regeln

Terminologische Rechtfertigung

- Warum handelt es sich um eine “flexible und konfigurierbare” Softwarearchitektur?
 - kann **Regionen** im Entwurfsraum abdecken (verschiedene QLs, Beweiser, Substrate, ...)
 - nicht-antizipierte Änderungen/Nutzungen waren möglich (Abduktion m. NRQL im BOEMIE-EU-Projekt)
- ⇒ Flexibel = “Rahmen bricht nicht”
- hohe Kombinierbarkeit und Orthogonalität der Basis-Abstraktionen
- ⇒ Konfigurierbarkeit

Wissenschaftlicher Nutzen

- Framework nicht öffentlich, aber Ausprägungen in RACERPRO verfügbar (NRQL)
 - Komplexitätsresultate für einige DLs
 - Formale & softwaretechnische Abstraktionen
- ⇒ kommuniziert und kommunizierbar (Publikationen) und daher nutzbar von anderen Forschern (unabhängig von COMMON LISP etc.)
- Entwürfe stellen eine Art “Landkarte für ein intellektuell schwieriges Terrain” oder “Blueprints” (f. “Referenzarchitekturen”) dar

Ausblick

- Erweiterung der Arbeiten geplant: WSL, Schweiz
(Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft)
 - DFG-Projekt wird beantragt
- ⇒ Arbeiten werden von Domänen-Experten aufgegriffen

Was nicht gesagt werden konnte

- Anwendungsdomäne 2: “Information Retrieval im Semantic Web”
- NRQL im Detail, innovative Anfragekonstrukte: `project-to`, `neg` (Negation as Failure)
- Umgehung des “Symbolic Bottlenecks”: räumliche ABoxen mit virtuellen Assertionen
- verschiedene Ausprägungen der Substrat-Anfragesprache
- Baukastensystem zur Konstruktion von Beweisern: MIDE LORA

Danke
für Ihre
Aufmerksamkeit!

Semantik von Anfragen

- Semantik von $\{\wedge, \vee, \setminus, \pi\}$ fix: algebraisch, $\{\cap/\times, \cup, \setminus, \pi\}$
- Semantik von *atom* durch $S \models atom$ definiert:
 - $C(x)^{\mathcal{E}} =_{def} \{ i \mid S \models C(i) \}$
 - $R(x, y)^{\mathcal{E}} =_{def} \{ (i, j) \mid S \models R(i, j) \}$
- \models definiert f. Grund-Atome

⇒ Semantik definiert

- $S \models grund_atom$ entscheidbar (hier stets angenommen)

⇒ Anfragen entscheidbar

- aber: aufgrund von Negation as Failure (NAF)-Semantik von “ \setminus ”: \models_{NAF} statt \models (nicht-monoton)
- Idee: \models f. $S \times atom$ als Multi-Methode

MIDELORA- Baukastensystem

Tableaukalkül: Regeln

\sqcap -Regel :

wenn

1. $x : C_1 \sqcap C_2 \in \mathcal{A}$
2. $\{x : C_1, x : C_2\} \not\subseteq \mathcal{A}$

dann

$$\mathcal{A}' := \mathcal{A} \cup \{x : C_1, x : C_2\}$$

\sqcup -Regel :

wenn

1. $x : C_1 \sqcup C_2 \in \mathcal{A}$
2. $\{x : C_1, x : C_2\} \cap \mathcal{A} = \emptyset$

dann $\mathcal{A}' := \mathcal{A} \cup \{x : C_1\}$

$$\mathcal{A}_1 := \mathcal{A} \cup \{x : C_2\}$$

\exists -Regel :

wenn

1. $x : \exists R.C_1 \in \mathcal{A}$
2. es gibt kein y , sodass

$$\{y : C_1, (x, y) : R\} \subseteq \mathcal{A}$$

dann

$$\mathcal{A}' := \mathcal{A} \cup \{y : C_1, (x, y) : R\}$$

\forall -Regel :

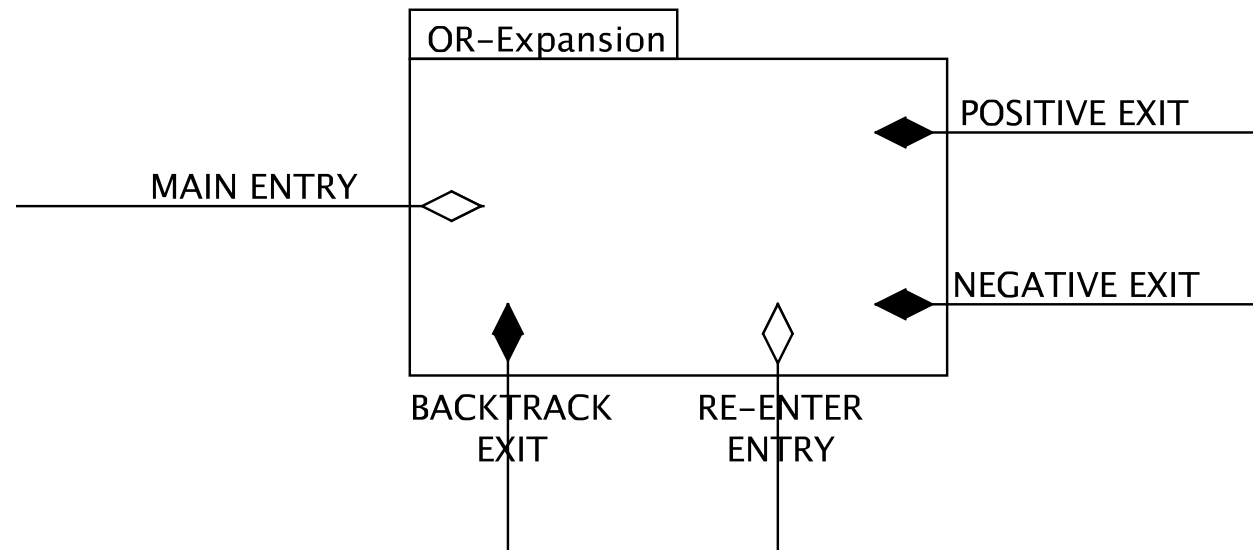
wenn

1. $\{x : \forall R.C_1, (x, y) : R\} \subseteq \mathcal{A}$
2. $y : C_1 \notin \mathcal{A}$

dann $\mathcal{A}' := \mathcal{A} \cup \{y : C_1\}$

MIDELORA- Baukastensystem

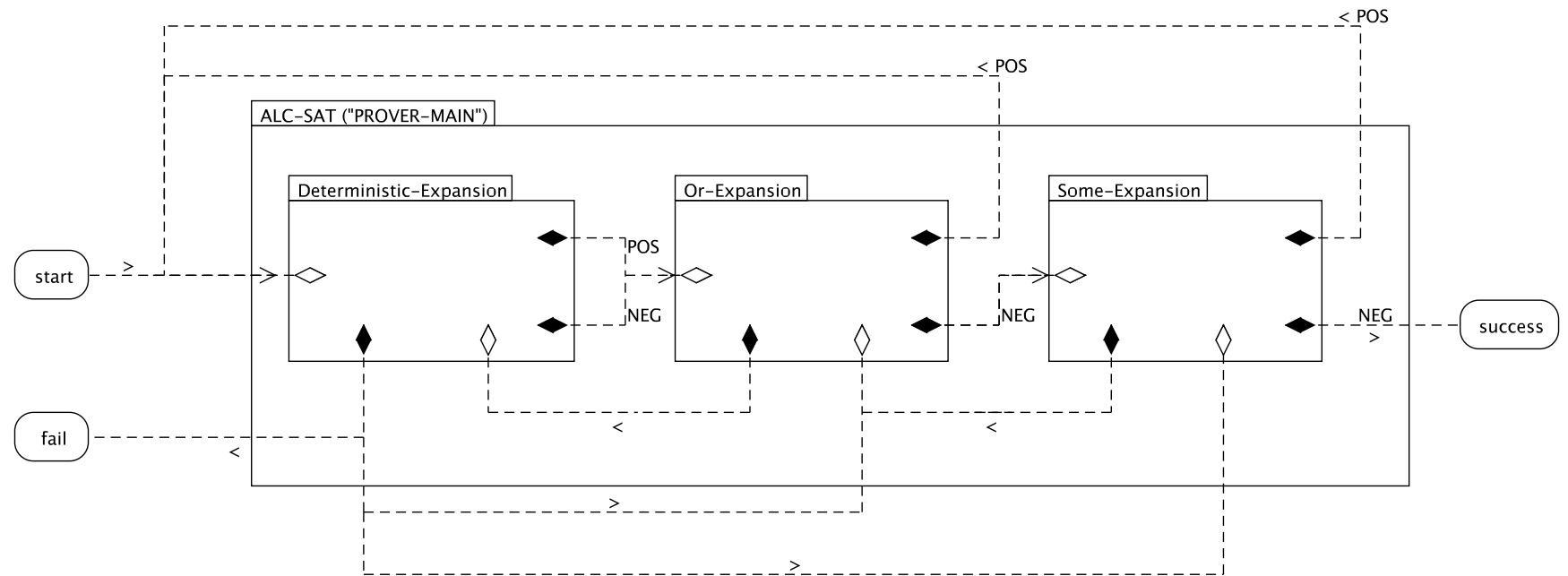
Modell einer (Tableau-) Regel



- **MAIN ENTRY:** beim 1. Betreten des Knotens im Suchbaum
- **POSITIVE EXIT:** Regel war anwendbar
- **NEGATIVE EXIT:** Regel war nicht anwendbar
- **BACKTRACK EXIT:** Kontrolle an Eltern-Knoten zurückgeben
- **RE-ENTER ENTRY:** Kontrolle von Kind-Knoten zurückerhalten

MIDELORA- Baukastensystem

Regelanwendungungskette f. ALC -Beweiser



MIDELORA- Baukastensystem

- (define-prover ((<Aufgaben-Klasse>
<Sprach-Klasse> <ABox-Klasse>)) ...)
- MIDELORA nutzt ein ABox- bzw. Tableau-**Substrat**
- vollständig objektorientiert
- ⇒ Kompensationsoperationen (Historien)
- bietet räumliche ABoxen
- “viele kleine spezialisierte Beweiser” statt eines großen
- ⇒ Wartbarkeit, modulare Verstehbarkeit (konzise)
- dann Wiederverwendung **von Teilen** notwendig: Regeln
- Wiederverwendung im MIDELORA-Raum organisiert:

$$\mathcal{T} \times \mathcal{DL} \times \mathcal{K}$$