

# Master's Thesis

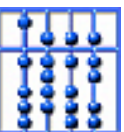
## Spatial Context Management for Augmented Reality Applications

**SCORE** – **S**patial **C**ontext **O**ntology **R**easoning **E**nvironment

Aufgabenstellerin: Prof. Gudrun Klinker, Ph.D.

Betreuer: Dipl.-Inf. Marcus Tönnis

Referent: Jan-Gregor Fischer



# Überblick

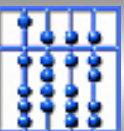
## Problemstellung:

- situationsabhängige Analyse von **räumlichen Informationen** durch Anwendungen im Bereich der erweiterten Realität (ER)
- einheitliche Abstraktion anwendungsspezifischer Interpretationen von räumlichen Informationen und Relationen

## Ergebnis:

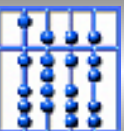
- Entwicklung eines Frameworks für **räumliches Kontextmanagement**, das ER Anwendungen einen Großteil dieser Problematik abnimmt

→ skalierbar, erweiterbar, verwendbar



# Gliederung

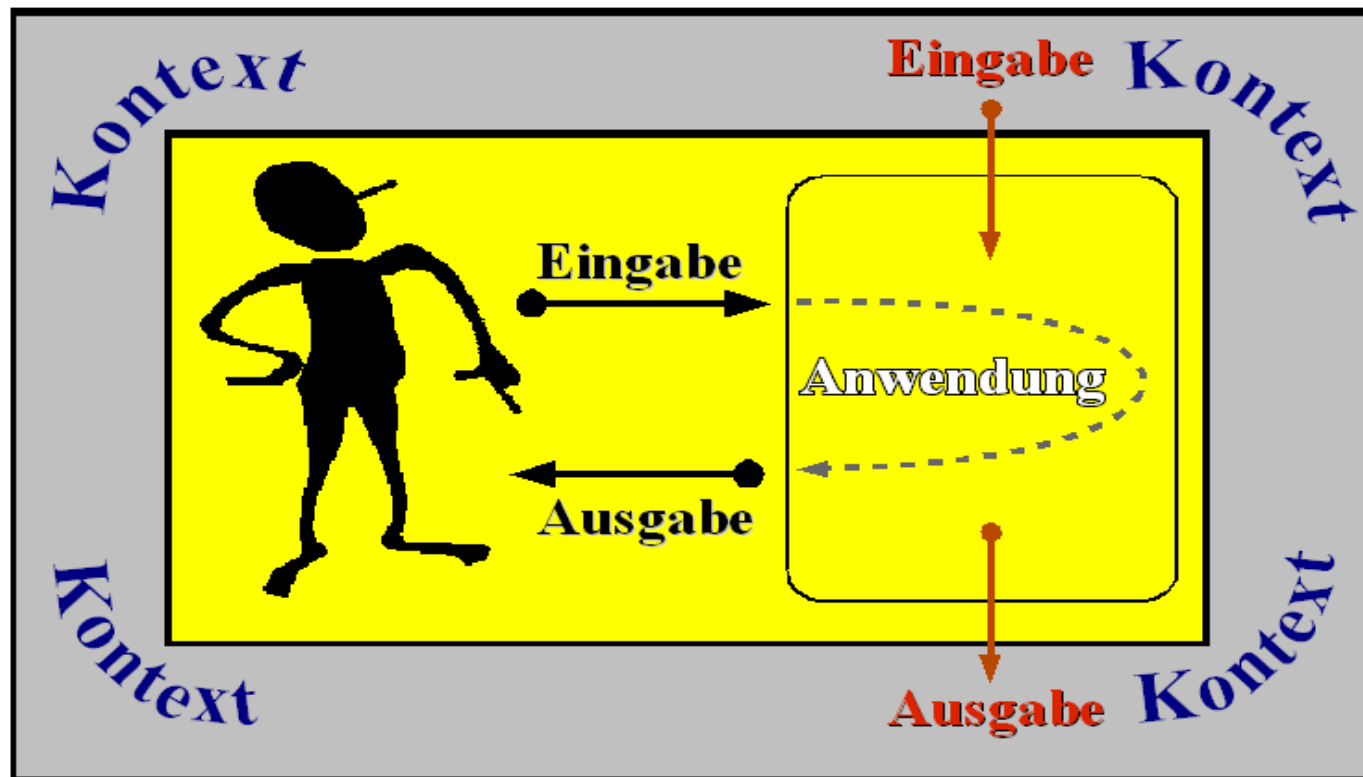
- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



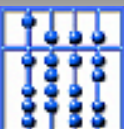
# Einleitung – Begriff „Kontext“ in UbiComp

Definition:

„**Kontext** ist jede Information, die benutzt werden kann, um die Situation einer Entität zu charakterisieren [...]“ [DA99].



[DA99] Dey, A. K., Abowd, G. D., “Towards a better Understanding of Context and Context-Awareness”, 1<sup>st</sup> International Symposium of Handheld and Ubiquitous Computing (HUC'99), 1999

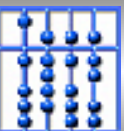


# Einleitung – Arten von Kontext

- „low-level“ Kontext vs. „high-level“ Kontext
- primärer Kontext vs. sekundärer Kontext
- expliziter vs. impliziter Kontext

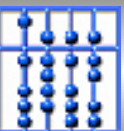
**Kontext beinhaltet immer Kontext zu einem früheren Zeitpunkt**

→ hier: Einschränkung auf *räumlichen* Kontext



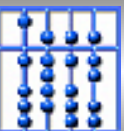
# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



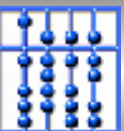
# Anforderungen an die Funktionalität

- Akquisition
- Aggregation
- Interpretation
- Unterstützung verteilter, transparenter Kommunikation und dynamische Ressourcenermittlung
- Abstrahierung räumlicher Anfragen
- Inkonsistenzen feststellen und auflösen
- Persistenzmanagement
- Datensicherheit und Datenschutz



# Anforderungen an die Qualität

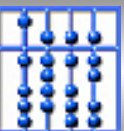
- Performanz
- Mobilität
- Fehlertoleranz
- Skalierbarkeit
- Interoperabilität
- lokationsbasierte Selektion





# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- **Repräsentation von räumlichem Kontext**
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



# Kontextuelle Ontologien

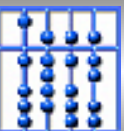
Definition (in der Informatik):

*„Eine **Ontologie** ist ein Konglomerat von strukturierten und organisierten Konzepten und Zuweisungen, die Wissen in ausgewählten Interessensdomänen beschreiben [...]“.*

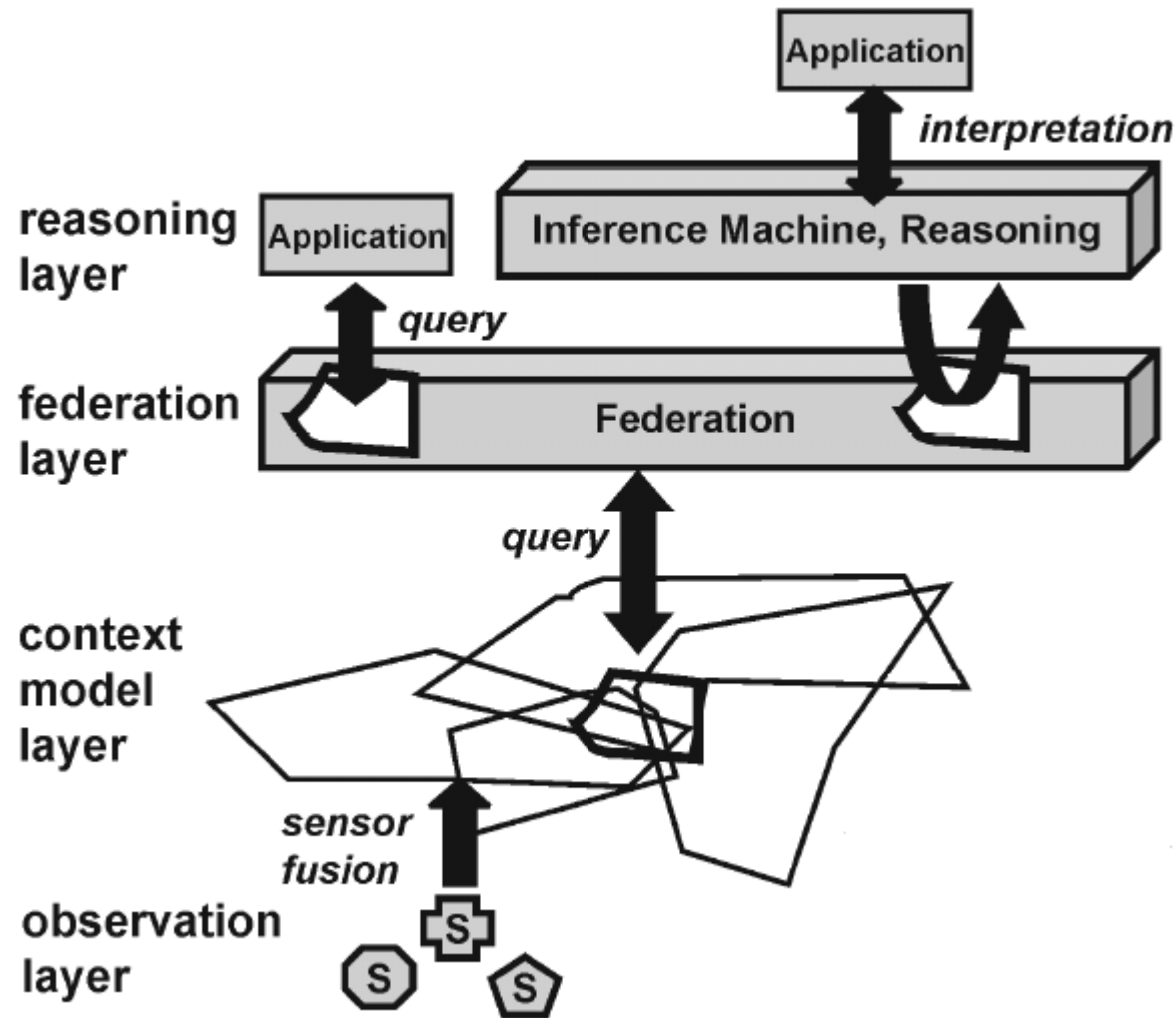
Unterscheidung: terminologisches  $\leftrightarrow$  assertionales Wissen

Wissensbeschreibung von Anwendungsdomänen durch:

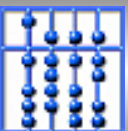
- Klassen
- deren Eigenschaften
- binäre Beziehungen
- Instanzen



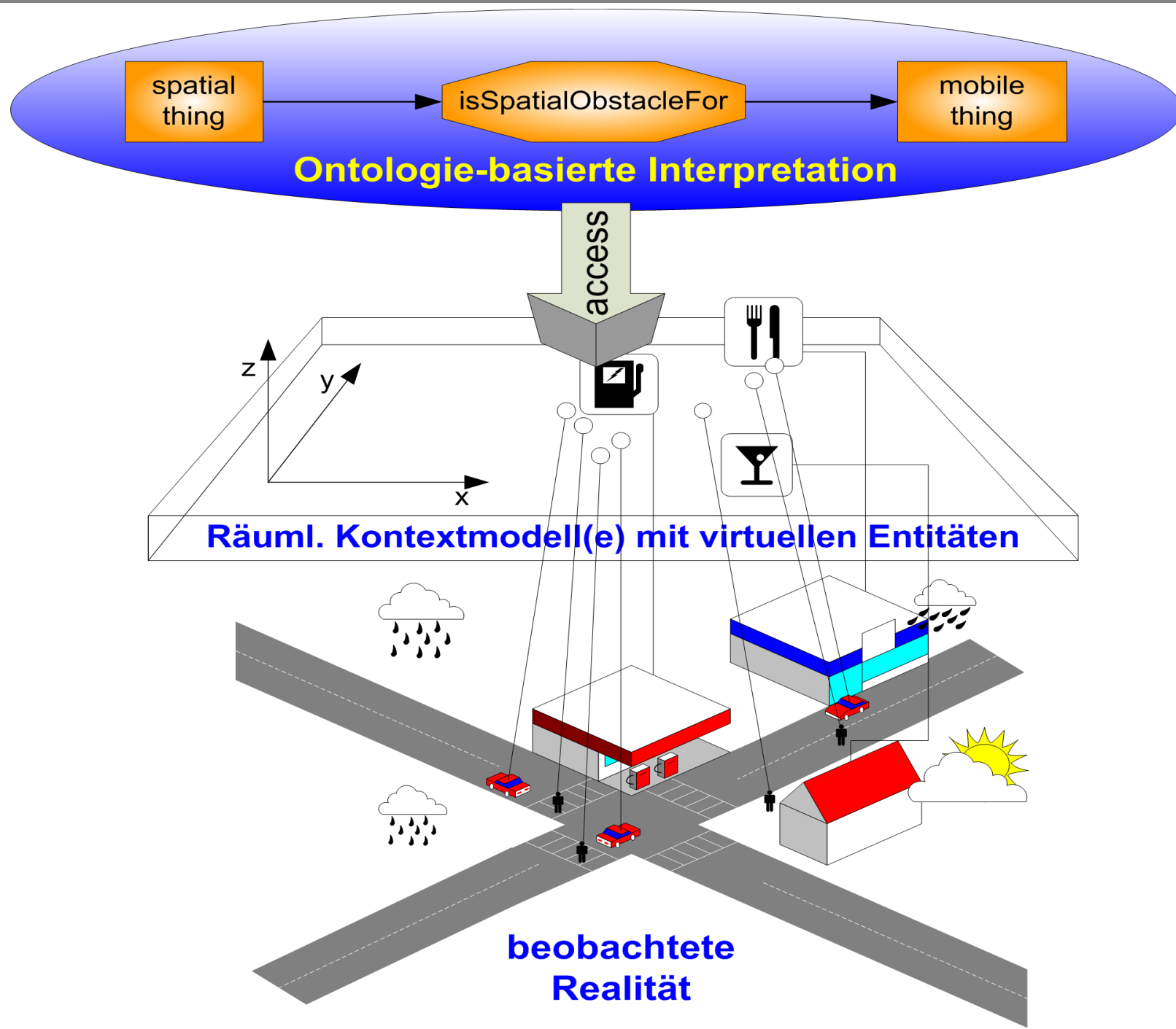
# Ansatz von Becker und Nicklas [BN04]



[BN04] Becker, C., Nicklas, D., "Where do spatial context-models end and where do ontologies start? A proposal of a combined approach", Universität Stuttgart, 2004

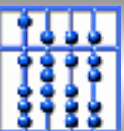


# Konkretisierung des Ansatzes

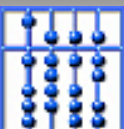
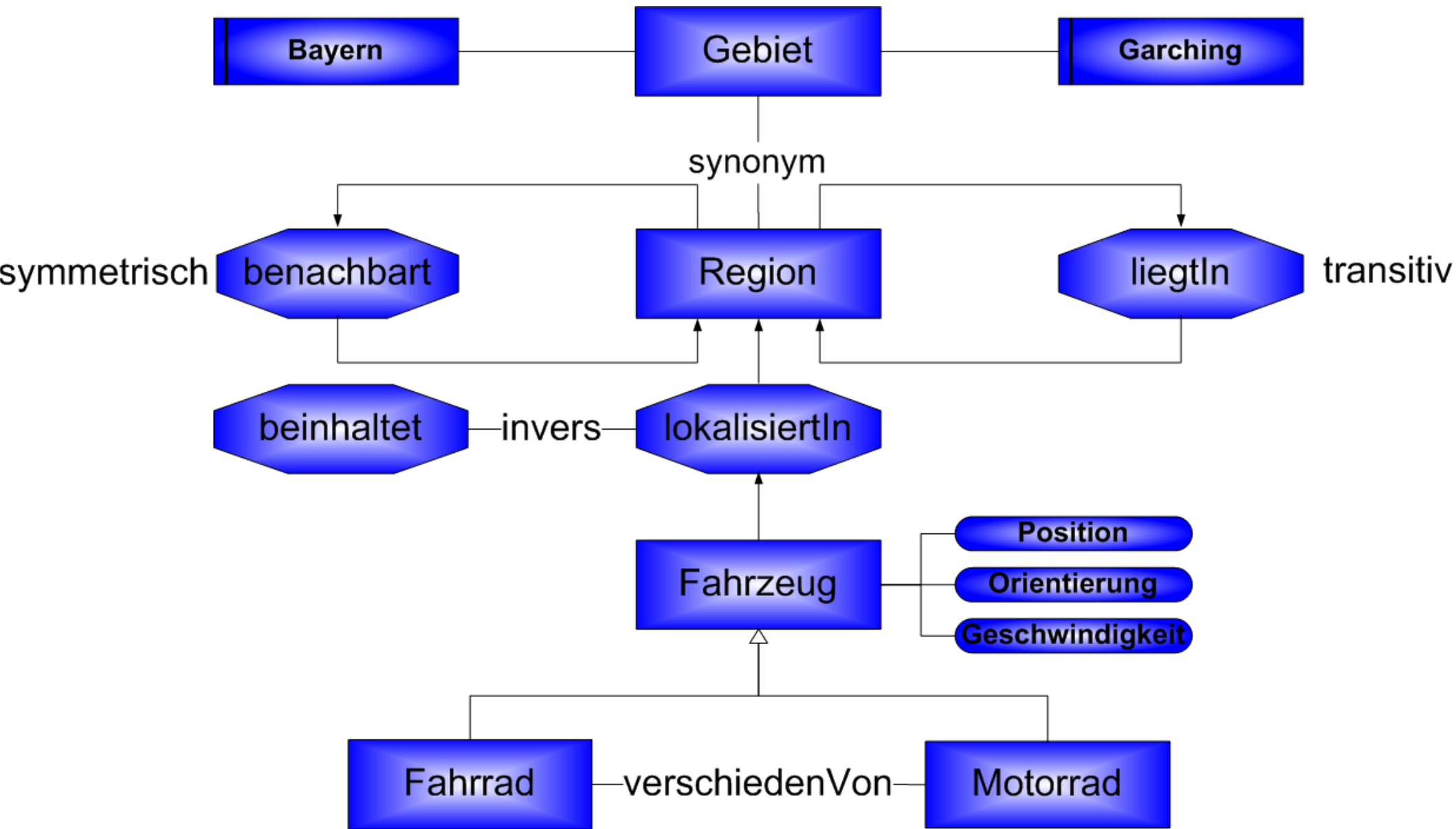


# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- **Kontextinterpretation (Reasoning)**
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



# DL-basierte Kontextinterpretation



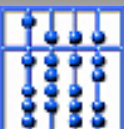
# Interpretation von dynamischem Kontext

maschinelles Lernen vs. regelbasierter Ansatz

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- komplexer Lernprozess</li><li>- anfangs niedrige Trefferquote</li><li>+ effektiv bei sozialem Kontext</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>+ einfach zu definieren</li><li>- Abstraktion notwendig</li><li>+ effektiv bei räumlichem Kontext</li></ul> |
|---|---|

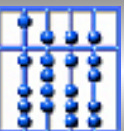
Beispiel für Kontextinterpretation mit benutzerdefinierten Regeln

Aktion	Bedingung	Interpretationsergebnis
Auffahrunfall	(User, lenkt, Auto) AND (Auto, lokalisiertHinter, Fahrzeug) AND (Fahrzeug, istHindernisFür, Auto) AND (Auto, ZeitBisKollision, FATAL)	(User, kollidiertMit, Fahrzeug)



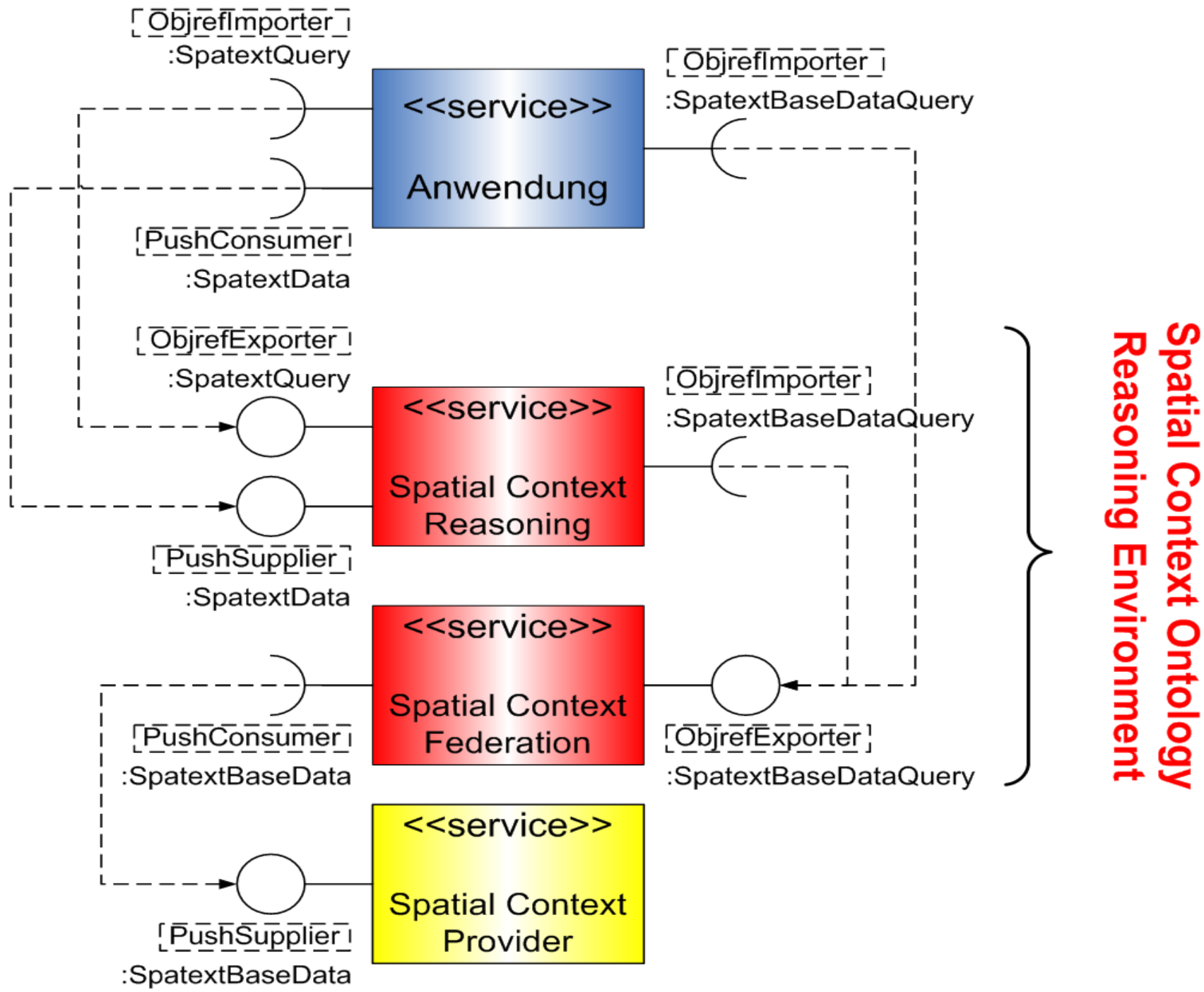
# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- **SCORE: Design und Implementierung**
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



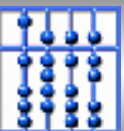


# SCORE – Übersicht der Architektur

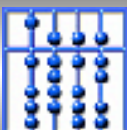
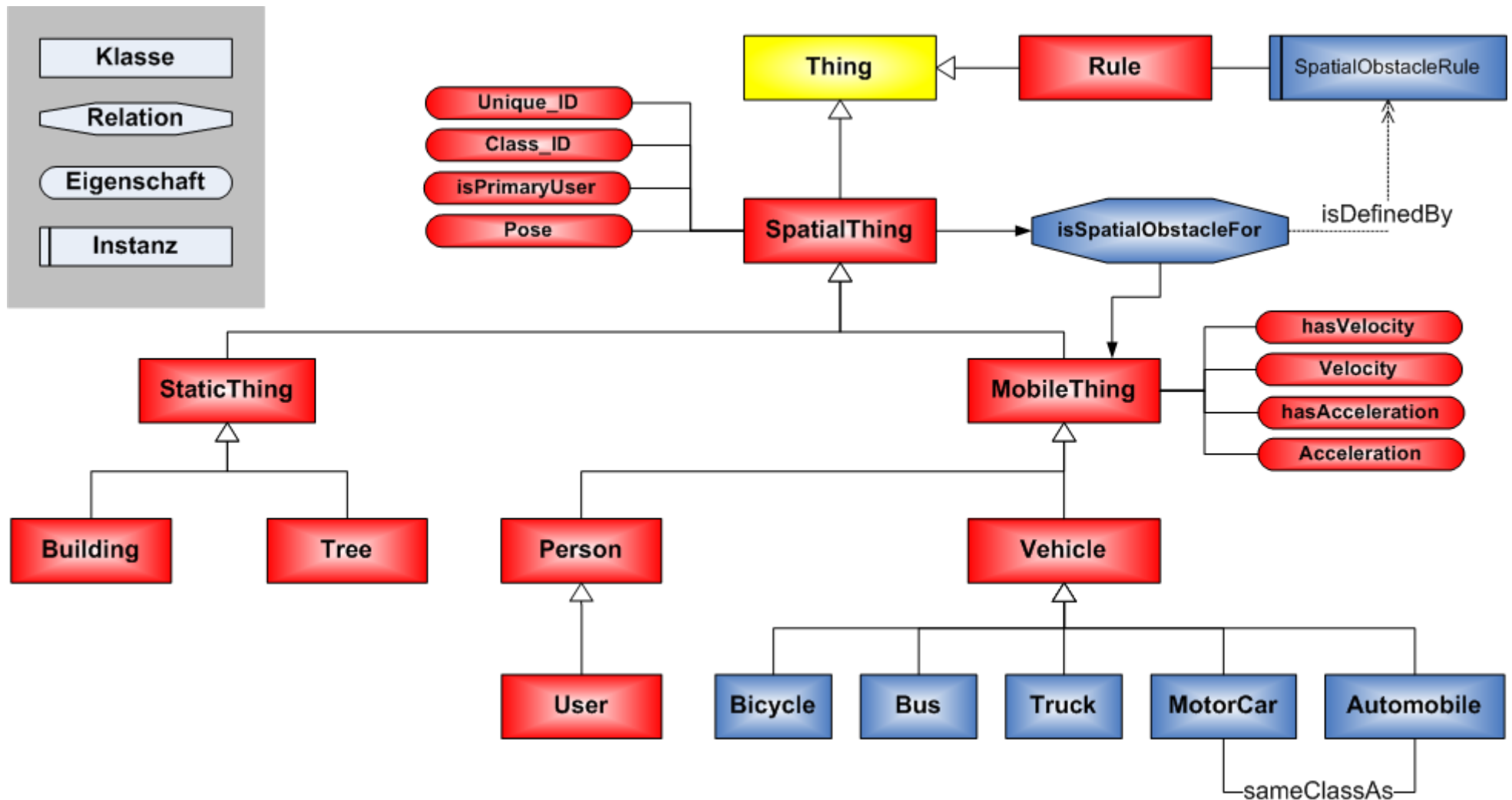


# Spatial Context Federation Service (SFS)

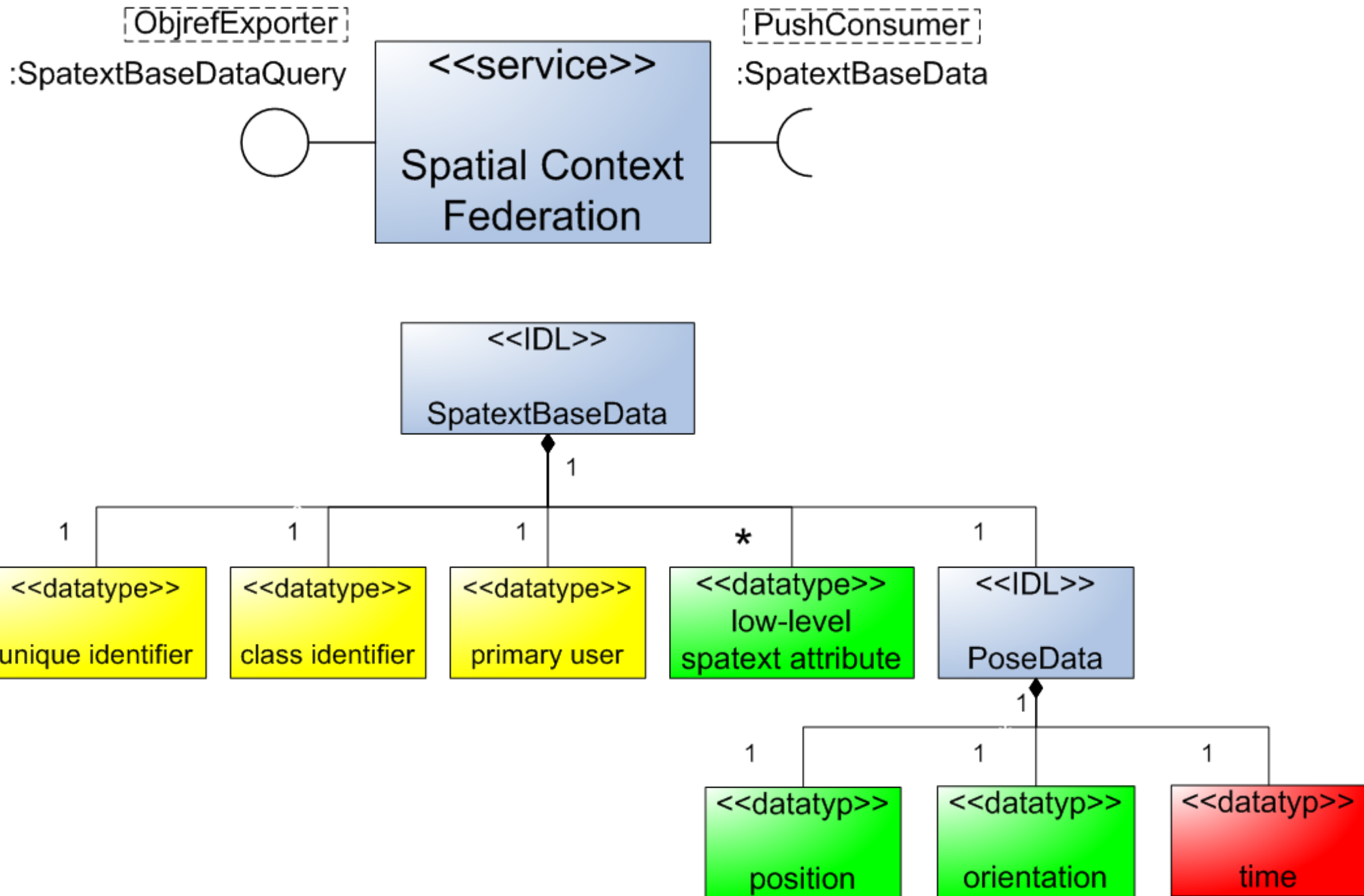
- Aggregation von *explizitem* räuml. Kontext von Entitäten in der ER
- Vermittlung zwischen Anwendungen / Reasoning Services und verteilten Kontextquellen
- Kontextindexierung
- eindeutige Identifikation von Entitäten



# Ontologische Wissensbasis (OKB)



# SFS – „SpatextBaseData“

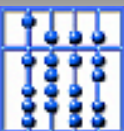


# Spatial Context Reasoning Service (SRS)

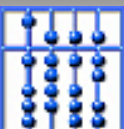
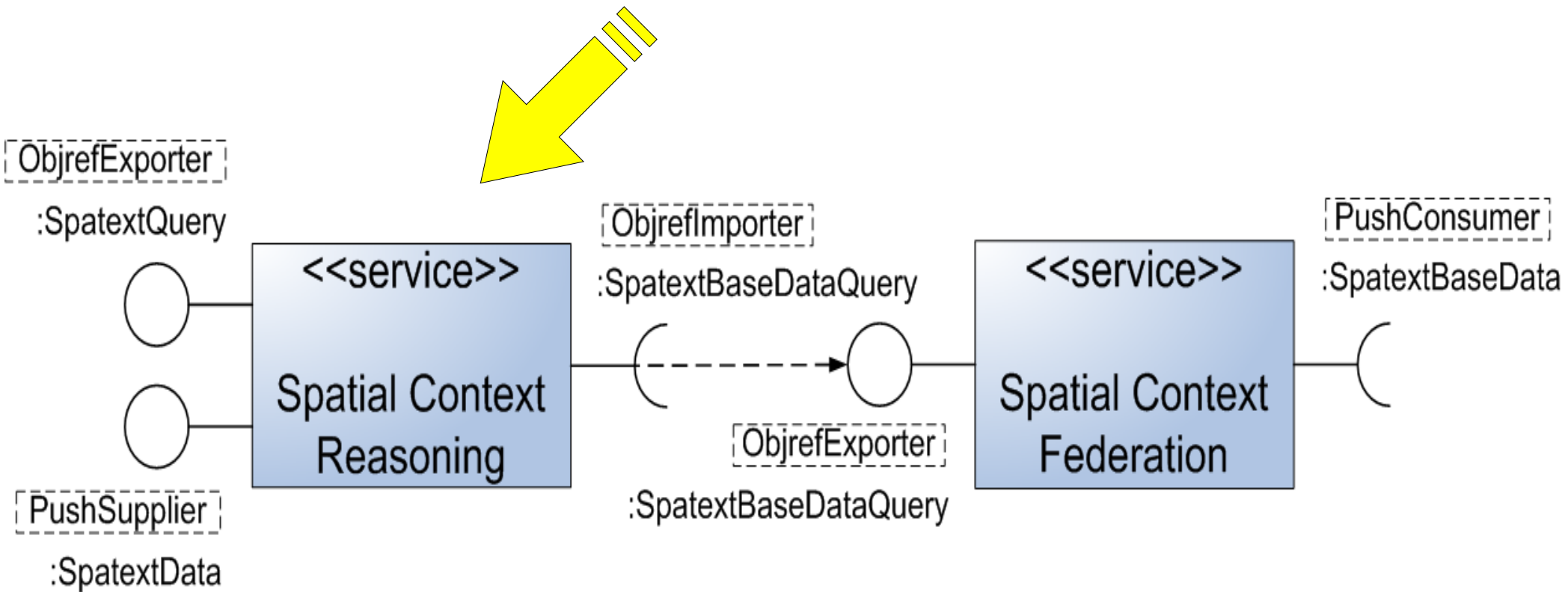
Kontextinterpretation für Anwendungen mittels SFS:

- Grundlage: globale Wissensbasis (OKB)
- einfache *Anfragesprache*
- terminologische Interpretation mittels Jena2\* Semantic Web Framework auf Basis von OWL Beschreibungen  
Ziel: Rückgabe der korrekten *Regeln* (RuleBase)
- Interpretation von dynamischem Kontext (SFS) durch regelbasierten Ansatz mittels Funktionen aus dem *Function Repository*

(\* ) Jena2 WebSite: <http://jena.sourceforge.net/>



# Spatial Context Reasoning Service (SRS)



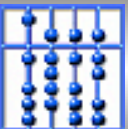
# SRS – Anfragesprache

Def.-bereich	<code>( [ :CLASS: ]   \* ) = ( [ :INSTANCE: ]   \* ) ( \b(as primary user)\b ) ?</code>
binäre Relation	<code>[ :PROPERTY: ]</code>
Wertebereich	<code>( [ :CLASS: ]   \* ) = ( [ :INSTANCE: ]   \* ) ( \b(as primary user)\b ) ?</code>

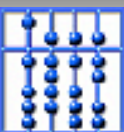
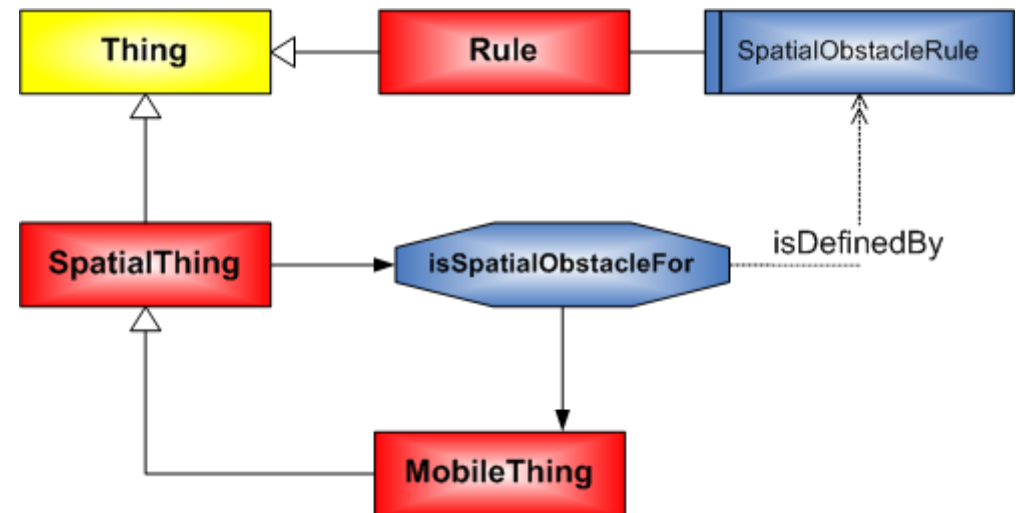
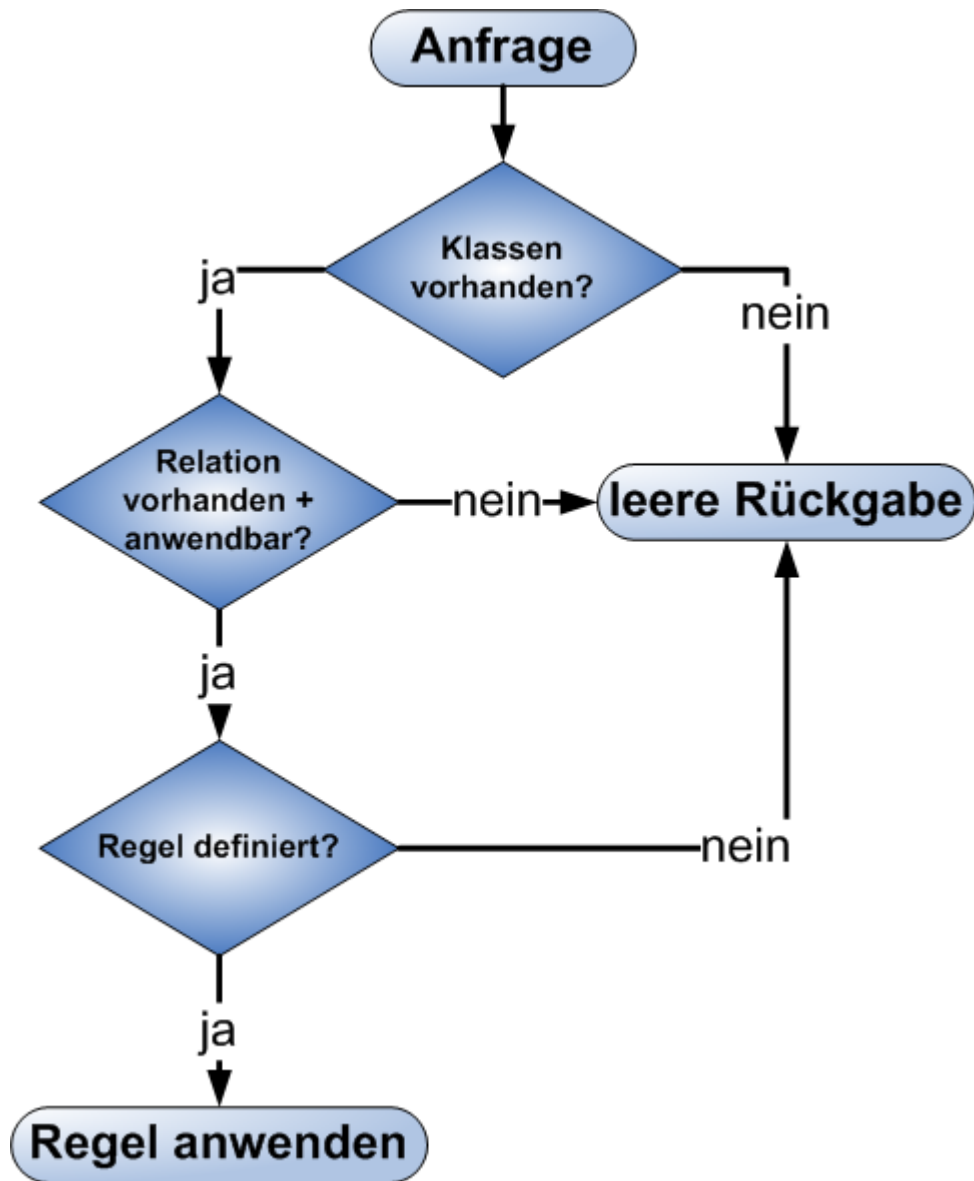
Klassen und Relationen werden auf die OKB abgebildet

Beispiele für Anfragen:

- `Person=Henry as primary user lokalisiertIn Büro=*`
- `*=* naheBei *=*`



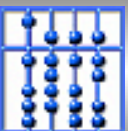
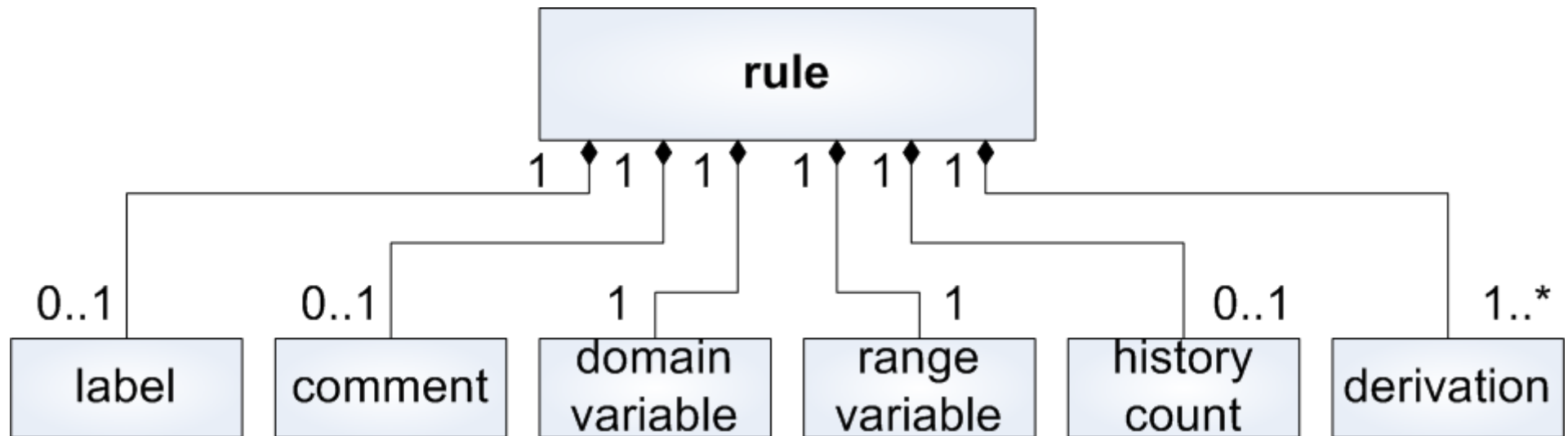
# SRS – Ontologische Wissensbasis (OKB)





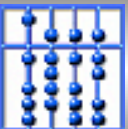
# SRS – Spatial Context Rule Language (SRL)

- binäre Relationen können durch Regeln definiert werden
- dynamische Variablenersetzung bei Ausführung

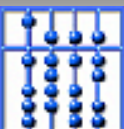
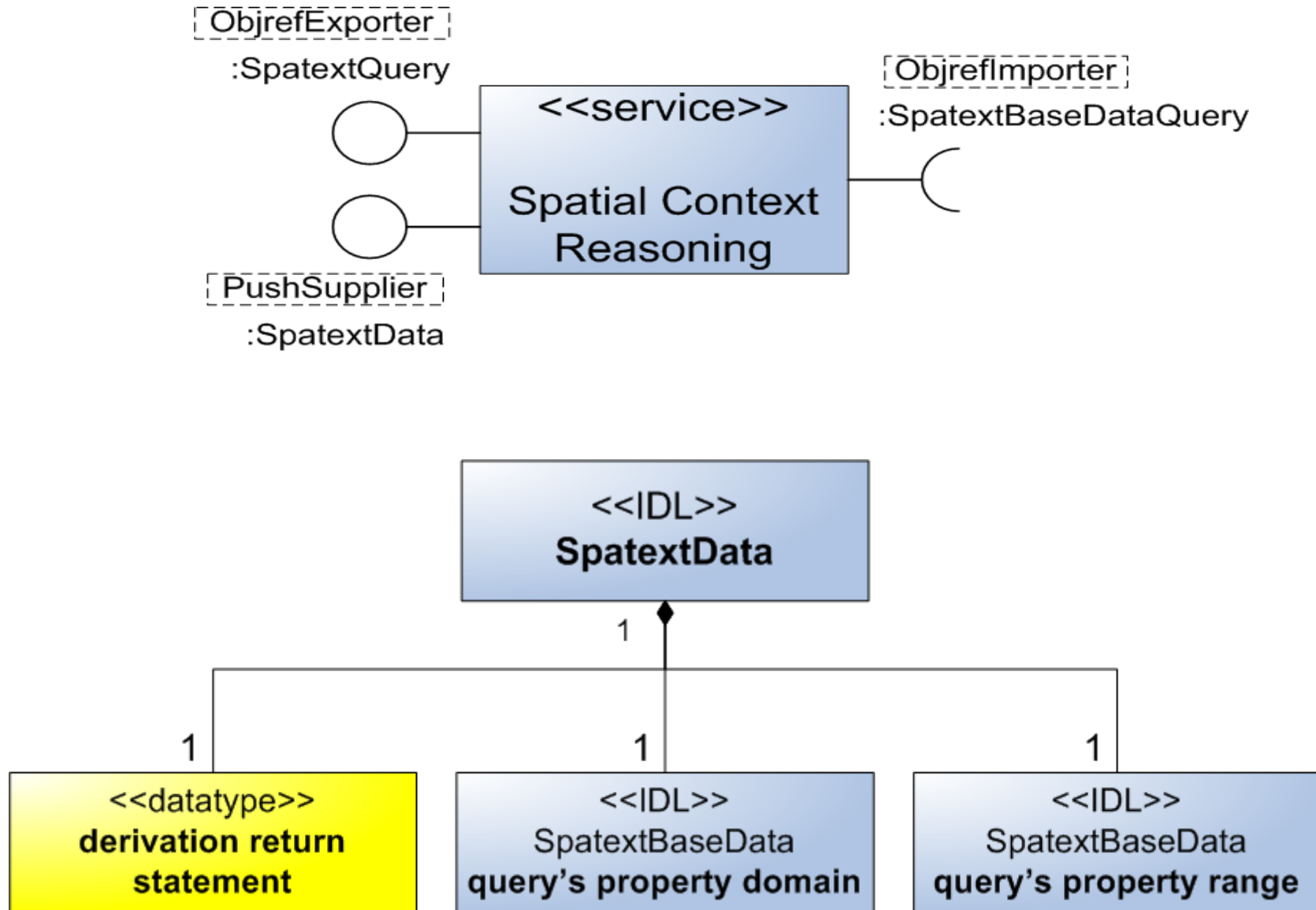


# SRS – Regelbasis: ein Beispiel

```
<Rule rdf:ID="SpatialObstacleRule">
  <rdfs:comment>rules for the isSpatialObstacleFor OWL object property
</rdfs:comment>
  <rdfs:label>SpatialObstacleRule</rdfs:label>
  <srl:variables srl:domain="x" srl:range="y"/>
  <srl:historyCount>100</srl:historyCount>
  <srl:derivations>
    <rdf:Seq>
      <rdf:li>
        <srl:if srl:case="angleBetween(x,y) < 0.3 AND isInFrontOf(x,y) == 1 AND
          {ttcBetween(y,x) <= 10.0 AND ttcBetween(y,x) > 5.5 OR
            distanceBetween(x,y) <= 100}">
          <srl:return>information;front</srl:return>
        </srl:if>
      </rdf:li>
      <rdf:li>
        <srl:if srl:case="angleBetween(x,y) < 0.3 AND isInFrontOf(x,y) == 1 AND
          ttcBetween(y,x) <= 5.5 AND ttcBetween(y,x) > 2.0">
          <srl:return>warning;front</srl:return>
        </srl:if>
      </rdf:li>
    </rdf:Seq>
  </srl:derivations>
</Rule>
```

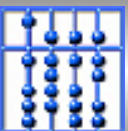


# SRS – Rückgabewert: SpatextData



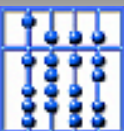
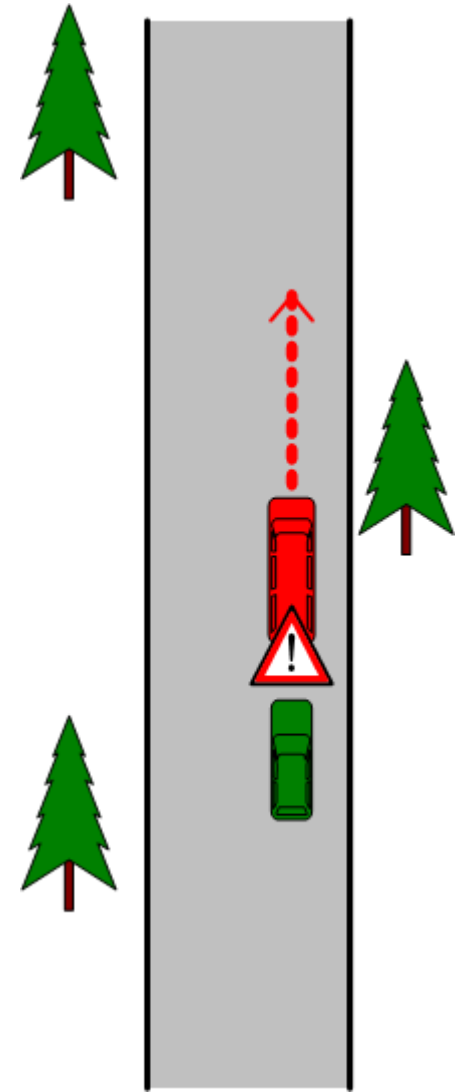
# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



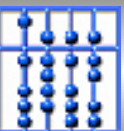
# Eine erste Anwendung für SCORE

- Proaktives Sicherheitssystem für Fahrzeuge
- Verwendung eines Fahrsimulators
- räumliche Kontextinformationen von 11 Fahrzeugen
- Query an SRS:  
"Vehicle=\* isSpatialObstacleFor  
Vehicle=vehicle\_0 as primary user"
- Test durch Ausgabe abgestufter Pieptöne bei Gefahr



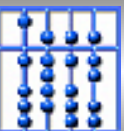
# Gliederung

- Einleitung
- Räumliches Kontextmanagement - Anforderungen
- Repräsentation von räumlichem Kontext
- Kontextinterpretation (Reasoning)
- SCORE: Design und Implementierung
- Eine erste Anwendung
- Zusammenfassung und Future Work



# Zusammenfassung

- Implementierung des Ansatzes von Becker und Nicklas
- ein „wachsendes“ Framework
- einfache Verwendbarkeit
- Informationsaustausch
- Skalierbarkeit
- Erweiterbarkeit
- erfolgreiche Demonstration



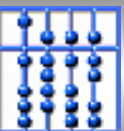
# Future Work

## Implementierung:

- Persistenzmanagement
- Erkennen und Auflösen von kontextuellen Inkonsistenzen
- Subscription und Event Notification (SRS)
- Änderungen an der OKB zur Laufzeit ermöglichen
- weitere Interpretationsfunktionen

## weitere Themen:

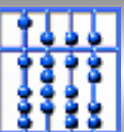
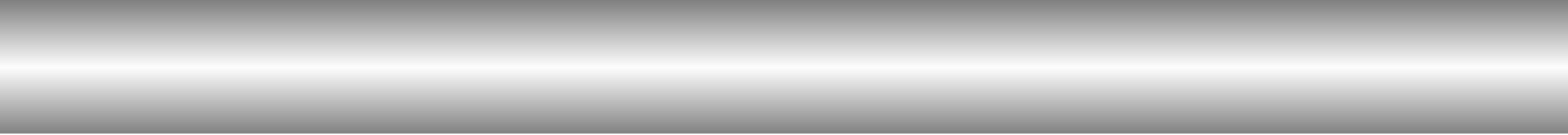
- GUI zur Bearbeitung der Ontologien
- Sicherheit und Datenschutz





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

**Fragen?**



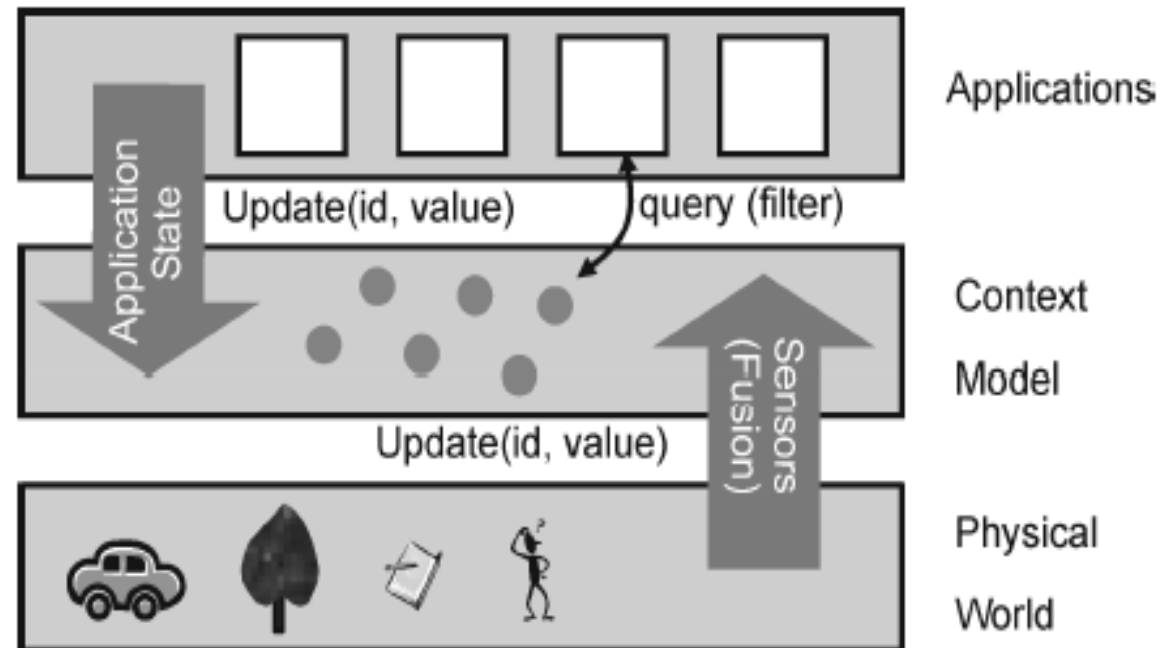
# „Konventionelle“ räuml. Kontextmodelle

Repräsentation von Lokationen:

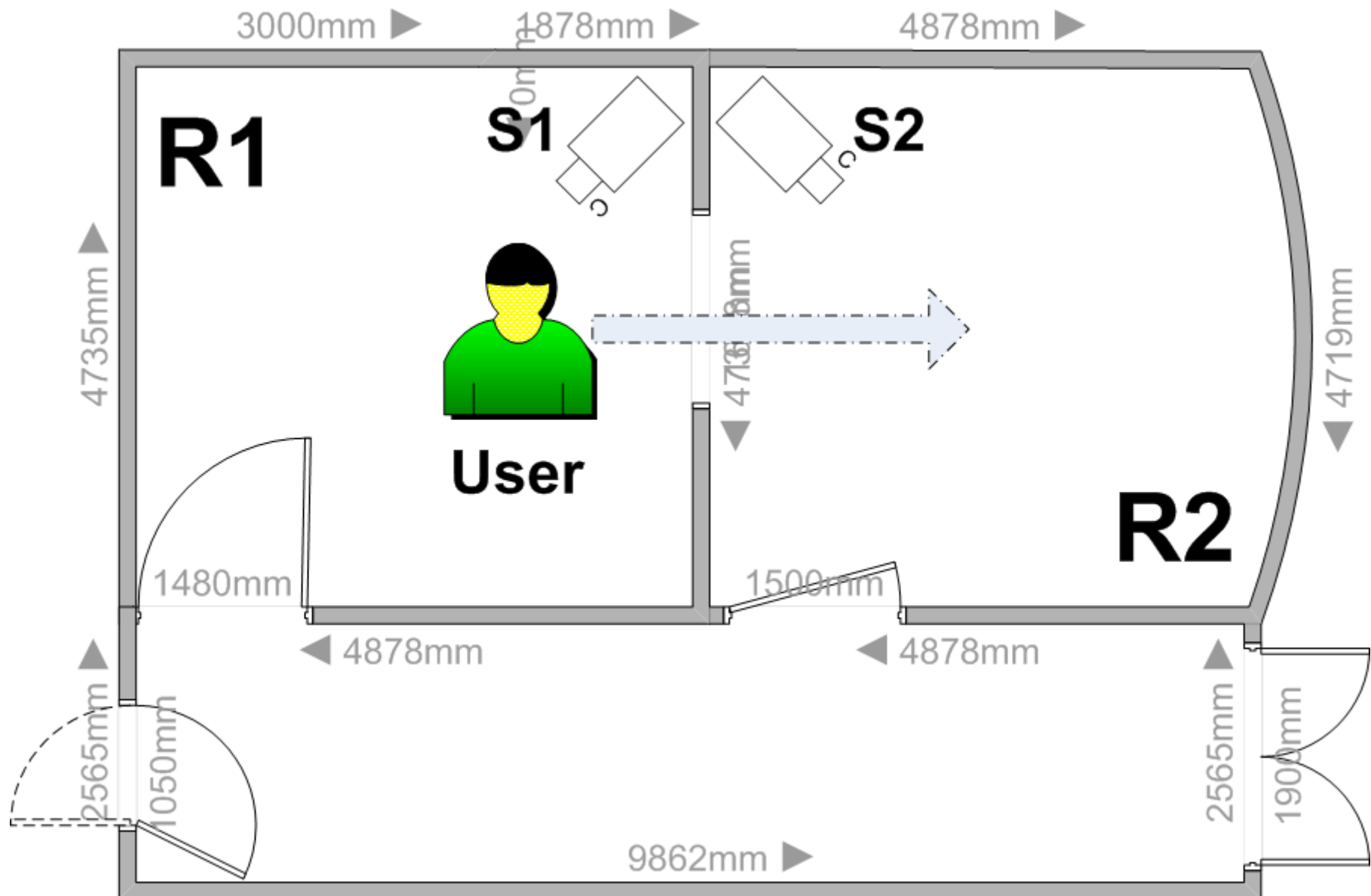
- symbolisch
- topologisch
- geographisch
- projizierte Koord.-systeme
- lokale Koord.-systeme

Klassifikation anhand:

- räumliches Ausmaß
- Komplexität von Abstraktionen
- Dynamik



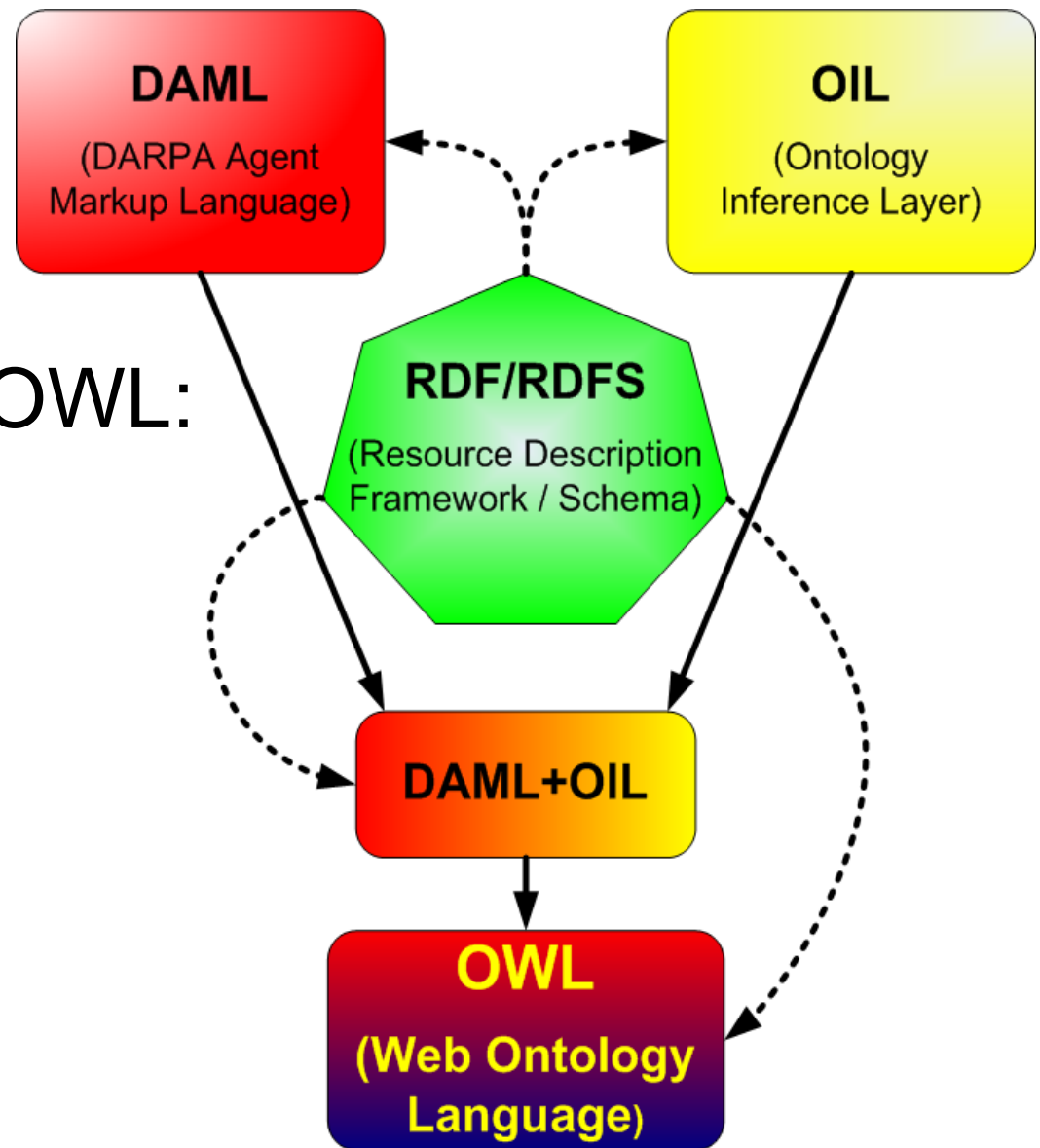
# Backup: Beispiel logische Inkonsistenz



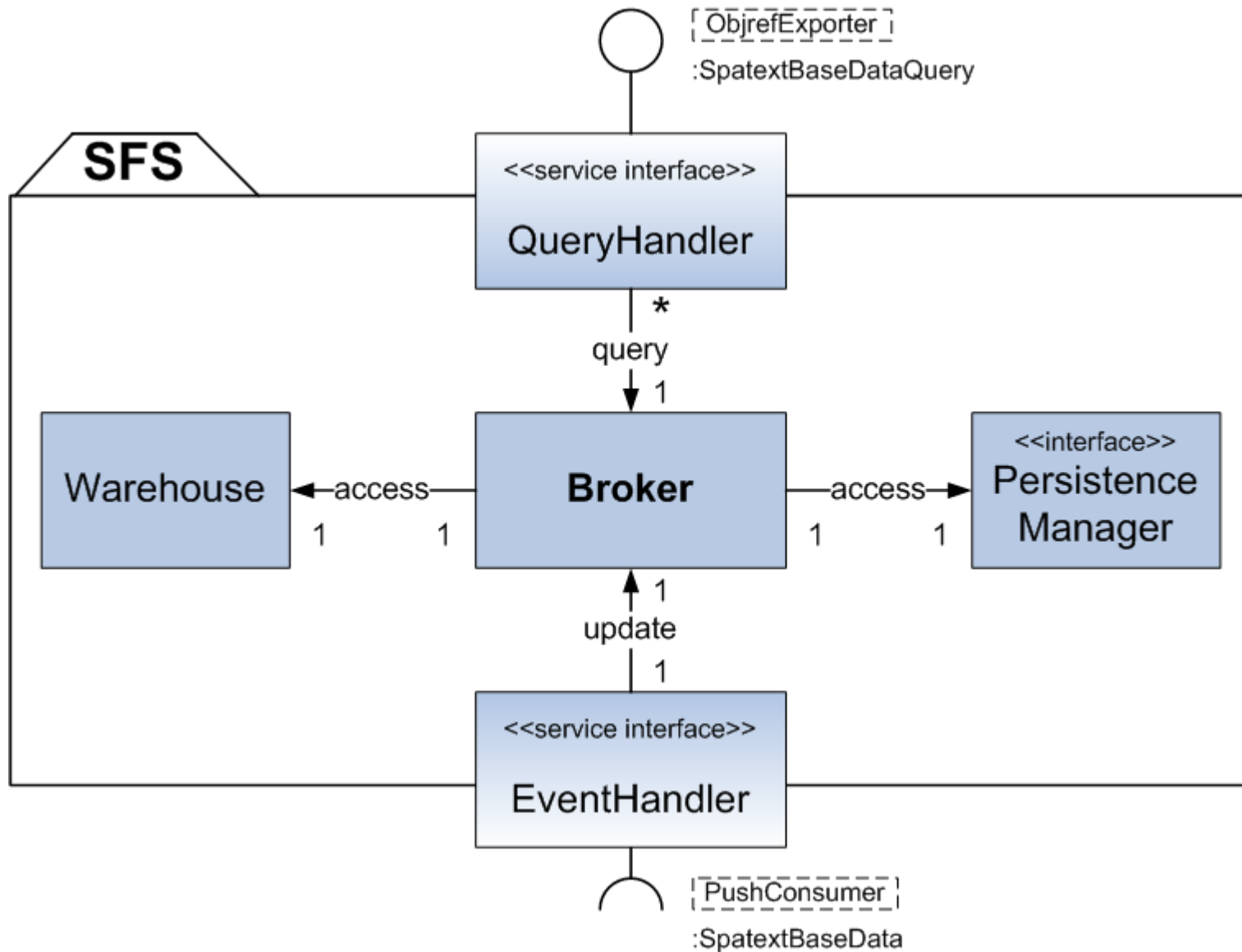
# Backup: OWL (Web Ontology Language)

3 Teilsprachen von OWL:

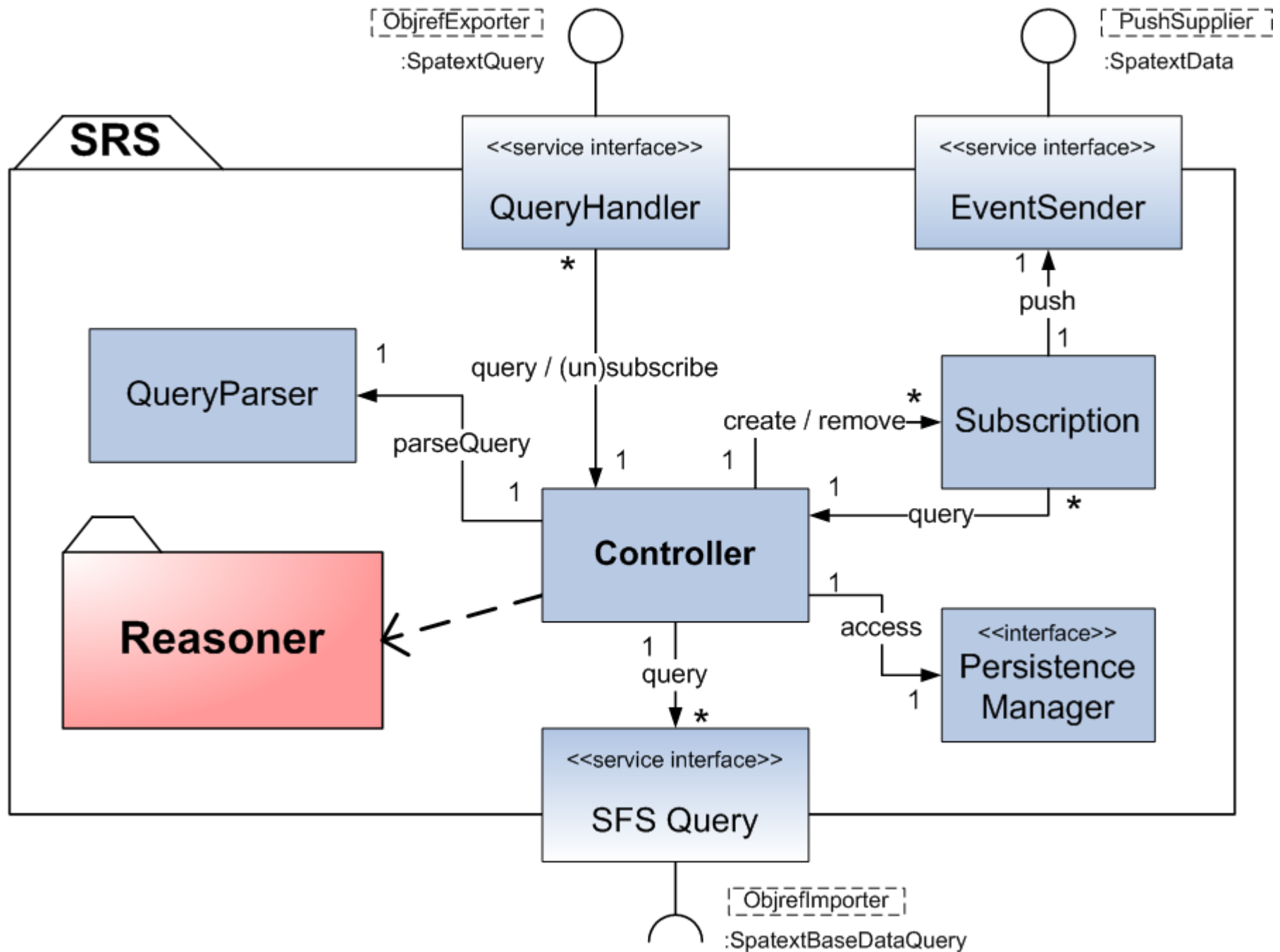
- OWL Lite
- OWL DL
- OWL FULL



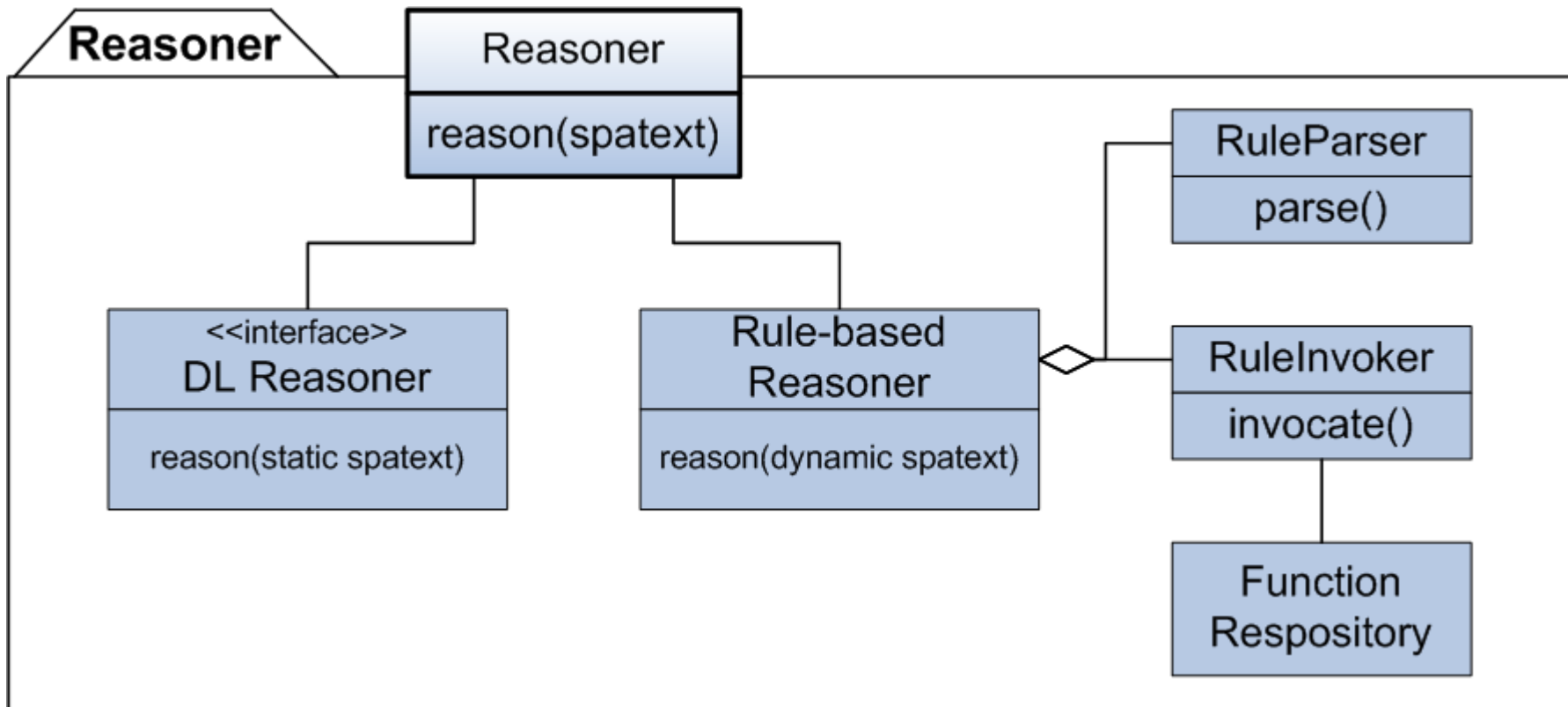
# Backup: SFS – Systemdesign



# Backup – SRS Systemdesign (1)

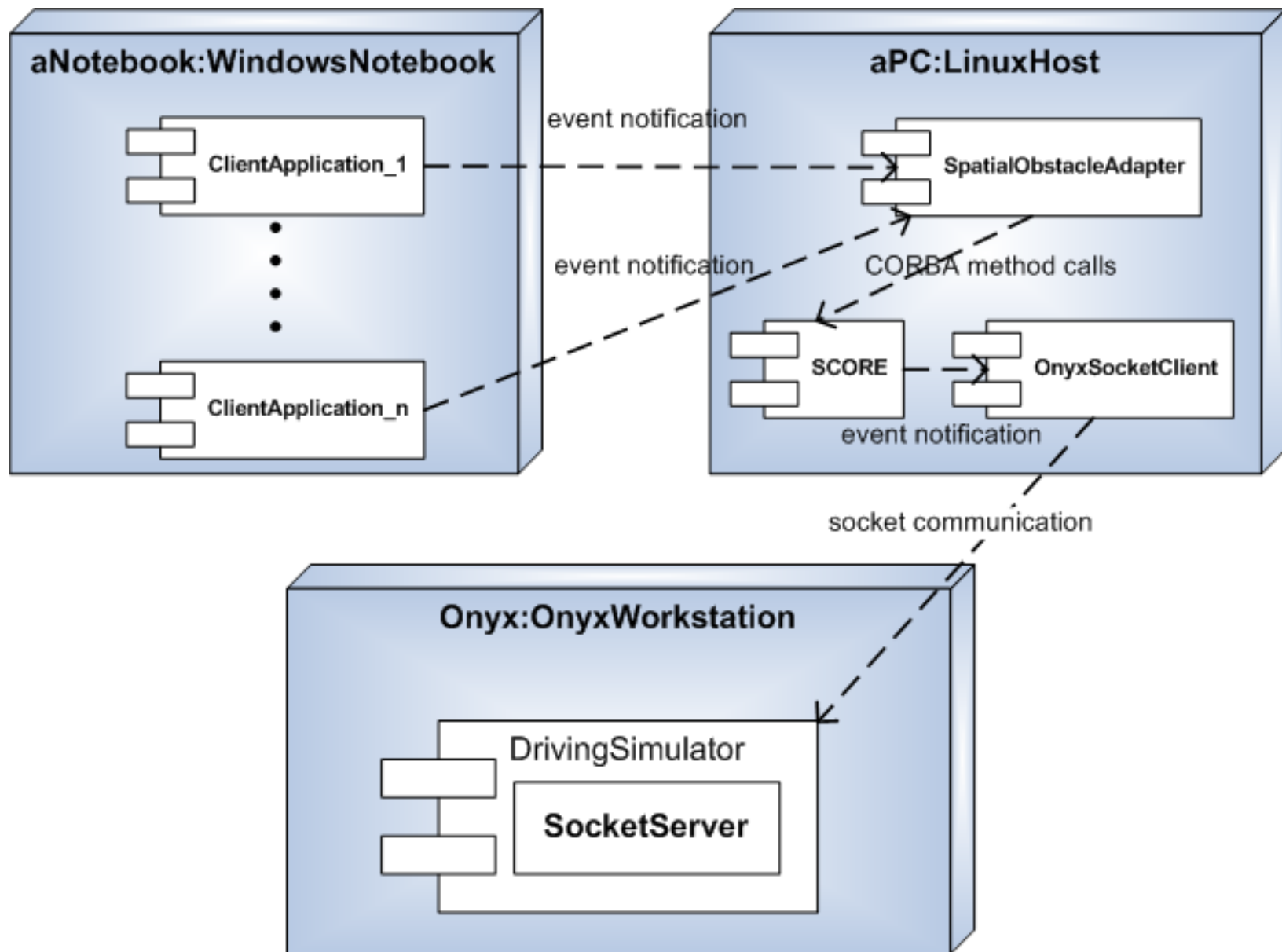


# Backup – SRS Systemdesign (2)

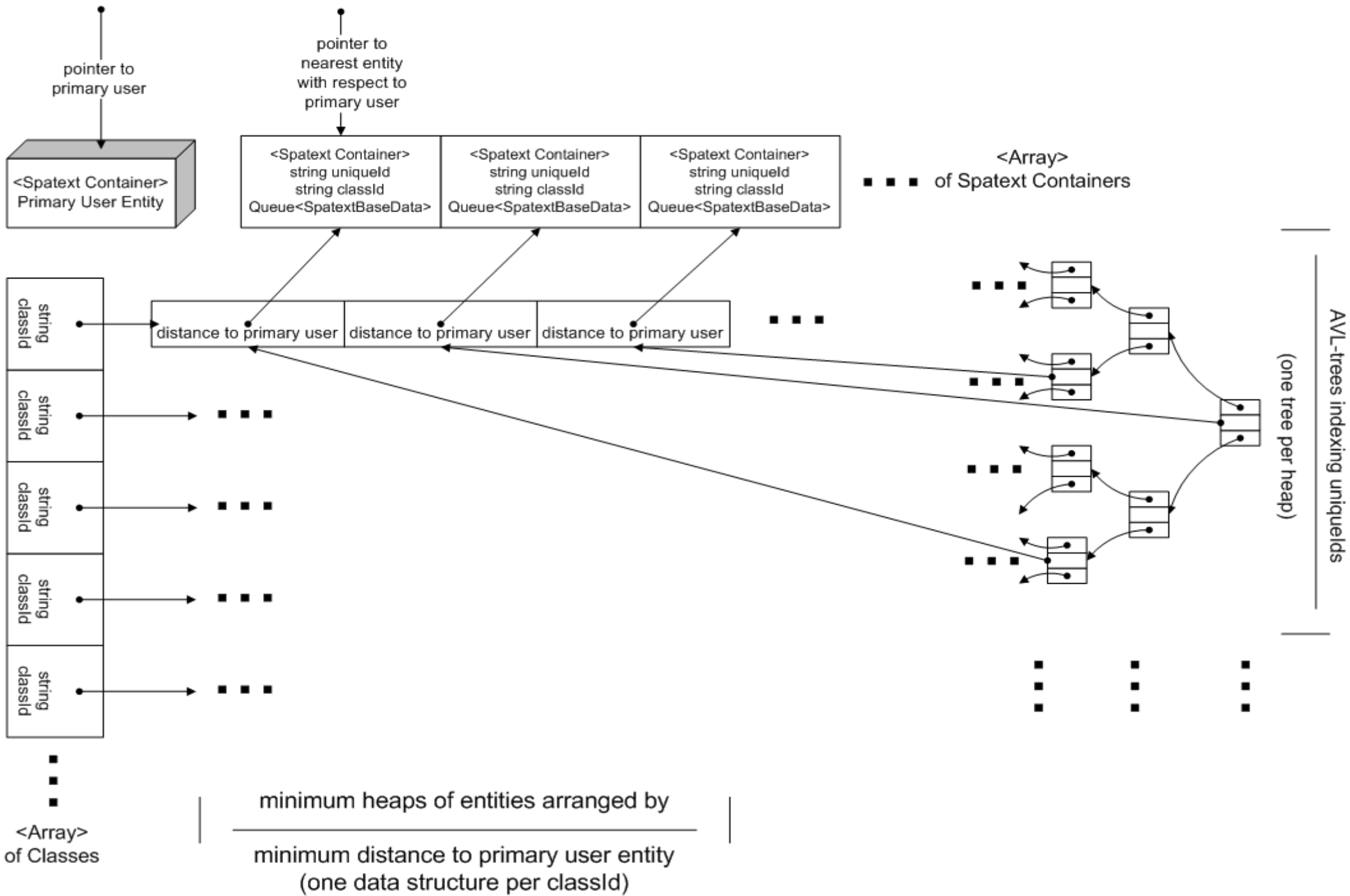




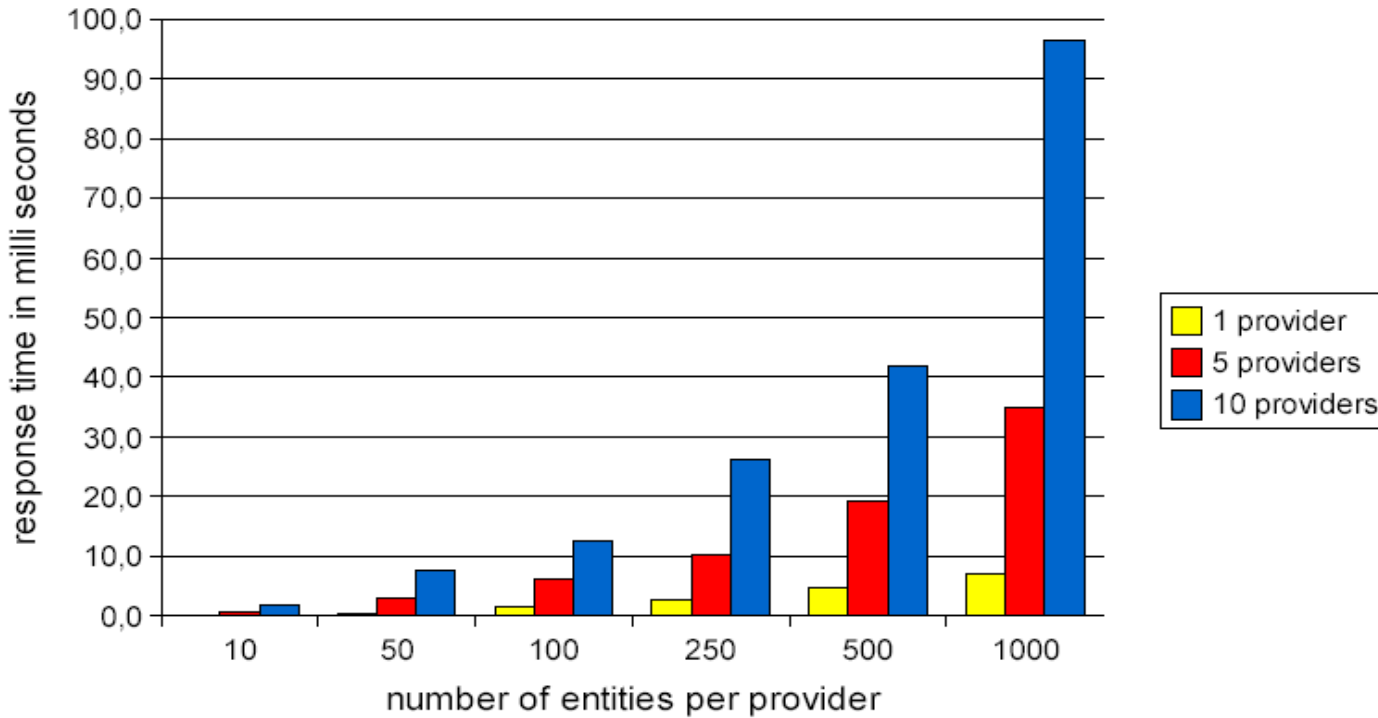
# Backup: SpatialObstacleAdapter – Deployment



# Backup: Datenstruktur SFS Warehouse

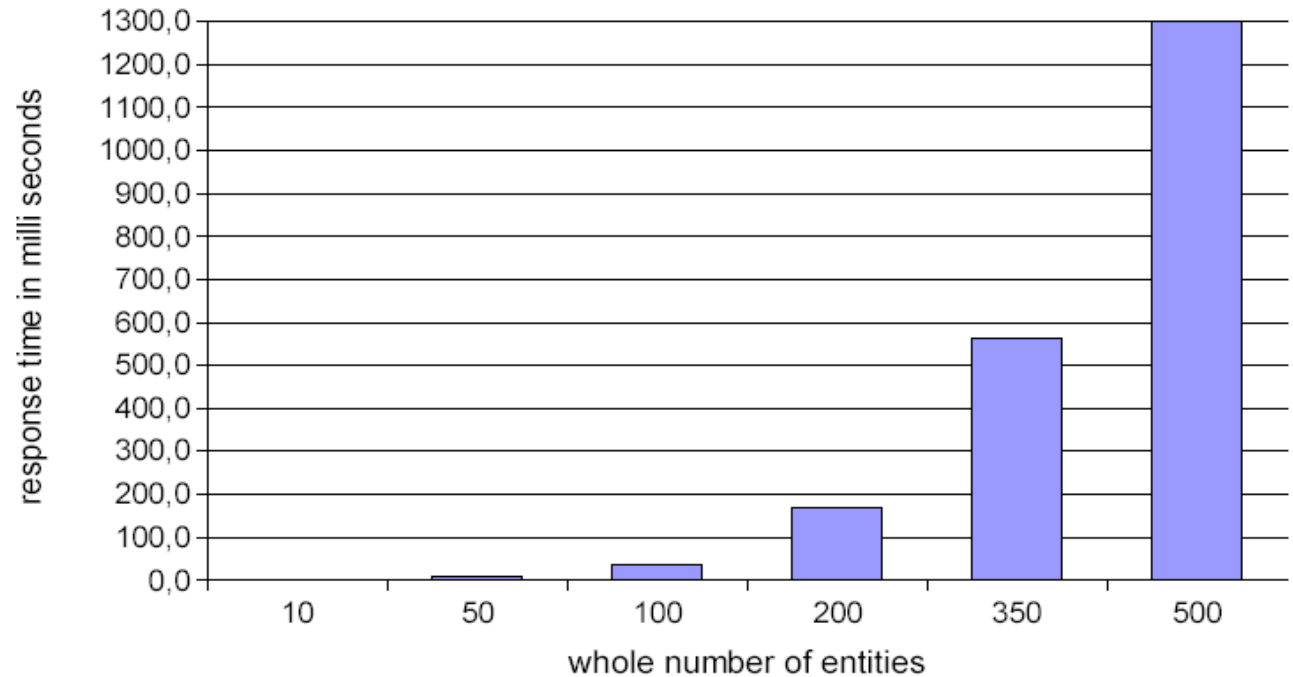


# Backup: Performanz



SFS

SRS



# Backup: 5 Tiers of Ontology

Ontology Tier 0: Physical Reality

*reality :: world -> property -> spacePoint -> timePoint -> value*

Ontology Tier 1: Observable Reality

*observation :: world -> observationType -> location -> measurement value*

Ontology Tier 2: Object World

*observation :: id -> time -> observationType -> value*

Ontology Tier 3: Social Reality

*getName :: object -> name*

*findObject :: name -> environment -> object*

Ontology Tier 4: Cognitive Agents

*rules used or deduction*

Frank, A. U., "Ontology for Spatio-Temporal Databases in: M.e. a. Koubarakis (Ed.), Spatiotemporal Databases: The Chorochronos Approach", Lecture Notes in Computer Science 2520, pp. 9-77, Springer, Berlin, 2003.