4 Das UML-Metamodell

4.1 Einleitung

- 4-Schichten Modell, Object Constraint Language (OCL)

4.2 Das Modell

- exemplarische Auszüge aus dem Modell
- Wiederholung der UML-Konstrukte

4.1 Einleitung

- Zur Beschreibung der Semantik von UML wird ein Metamodell benutzt
- Dieses ist Bestandteil einer allgemeinen 4-Schichten Architektur
  - Meta-Metamodell
  - Metamodell
  - Modell
  - Benutzer Objekte

4-Schichten Architektur

Schicht	*Beschreibung*	*Beispiel*
Meta-Metamodell	Infrastruktur für eine Architektur zur Metamodellierung. Definiert die Sprache zur Spezifikation des Metamodells	Meta-Klasse, Meta-Attribut, Meta-Operation, Meta-Beziehung
Metamodell	Instanz eines Meta-Metamodells. Definiert die Sprache zur Definition eines Modells	Klasse, Attribut, Operation, Assoziation
Model	Instanz eines Metamodells. Spezifiziert Konzepte zur Beschreibung eines Anwendungsbereichs	Teilnehmer, Tagung, Datum, Vortrag
Benutzer-Objekte	Instanz eines Modells. Definiert einen speziellen Fall des Anwendungsbereichs	Ernst Meier, UML2000, 28.06.00

UML-Metamodell

- Vorteile eines Metamodells:
  - exakte Definition der Semantik möglich
  - Modell leicht erweiterbar
  - Anpassung an andere Standards, hier z.B. die MOF (Meta Object Facility) der OMG als Meta-Metamodell
- Beschreibung der UML
  - *Syntax* mittels UML-Diagrammen (meta-zirkulär)
  - *Semantik* mittels OCL und natürlicher Sprache

OCL (Object Constraint Language)

- Formale Sprache zur Beschreibung von Einschränkungen
- **Motivation**:
  - umgangssprachliche Beschreibung von Einschränkungen oft ungenau
  - traditionelle formale Sprachen oft zu kompliziert
- Entwurf von OCL als Kompromiss
  - Entwicklung bei IBM als Geschäftsmodellsprache

OCL (Forts.)

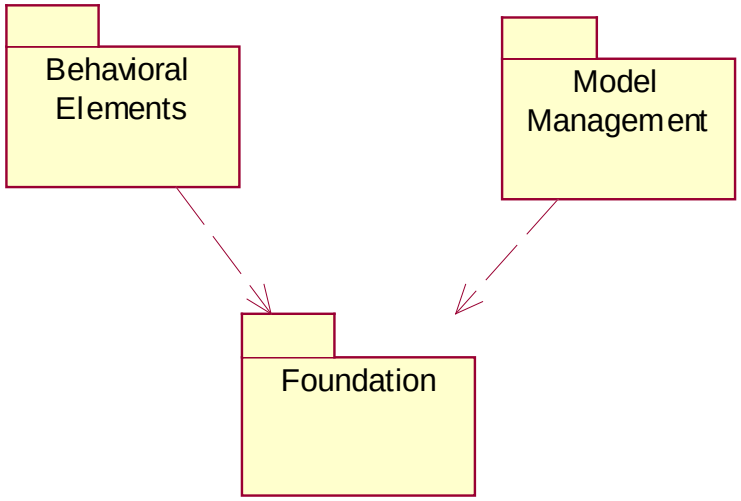
- **Eigenschaften**:
  - reine Ausdruckssprache
  - kann das Modell nicht modifizieren
  - keine Programmiersprache (kein Kontrollfluss)
  - typisiert, d.h. jeder OCL-Ausdruck hat einen Typ

OCL (Forts.)

- Einsatz in UML: Spezifikation von
  - Invarianten auf Klassen und Typen
  - Vor- und Nachbedingungen für Operationen
  - Einschränkungen auf Operationen
  - Zusatzbedingungen (in [ ])

4.2 Das Modell

- UML-Metamodell ist in Pakete aufgeteilt
- Auf oberster Ebene gibt es die Pakete
  - Foundation
  - Behavioral Elements
  - Model Management

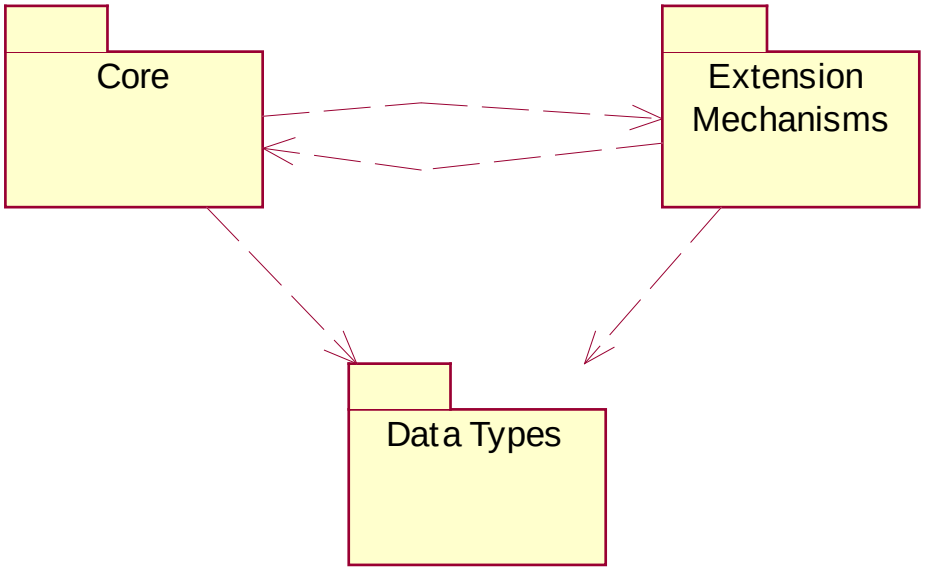


4.2.1 Foundation

- Unterteilung in drei Pakete
  - Paket `Core`
    grundlegende Konzepte (Elemente, Assoziation, Generalisierung, Abhängigkeit)
  - Paket `Extension Mechanisms`
    Benutzung und Erweiterung von Elementen
  - Paket `Data Types`
    grundlegende primitive Datenstrukturen

Foundation (Forts.)

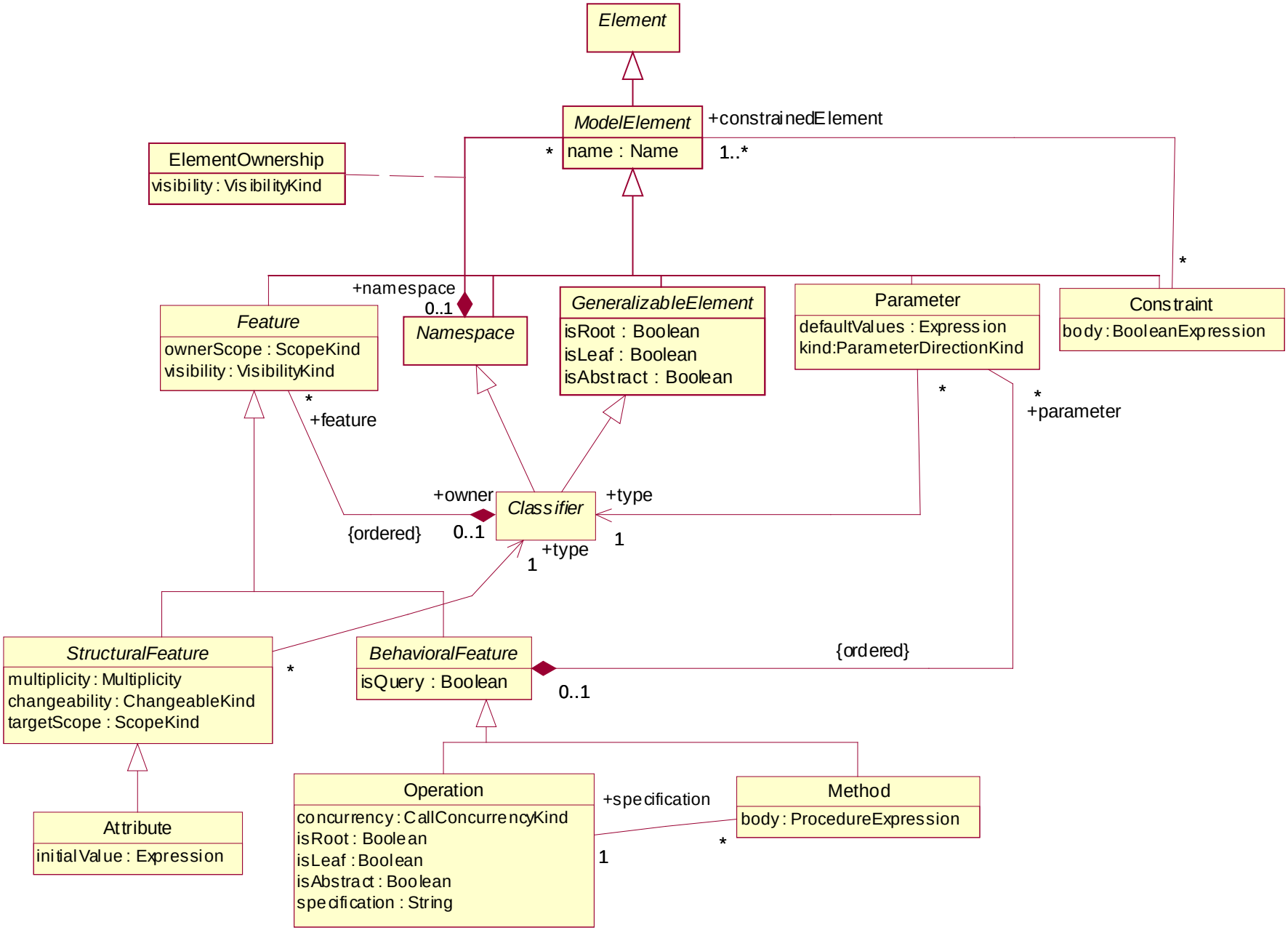
Unterpakete im `Foundation` Paket:



Foundation - Core

- Klassendiagramm *Core - Backbone*:
  - Basisklassen `Element`, `ModelElement`
  - Elemente werden in Namensräumen (`Namespace`) zusammengefasst
  - abstrakte Klasse `Classifier` repräsentiert alle klassenähnlichen Elemente
  - Bestandteile eines Classifiers sind durch Klasse `Feature` abstrahiert

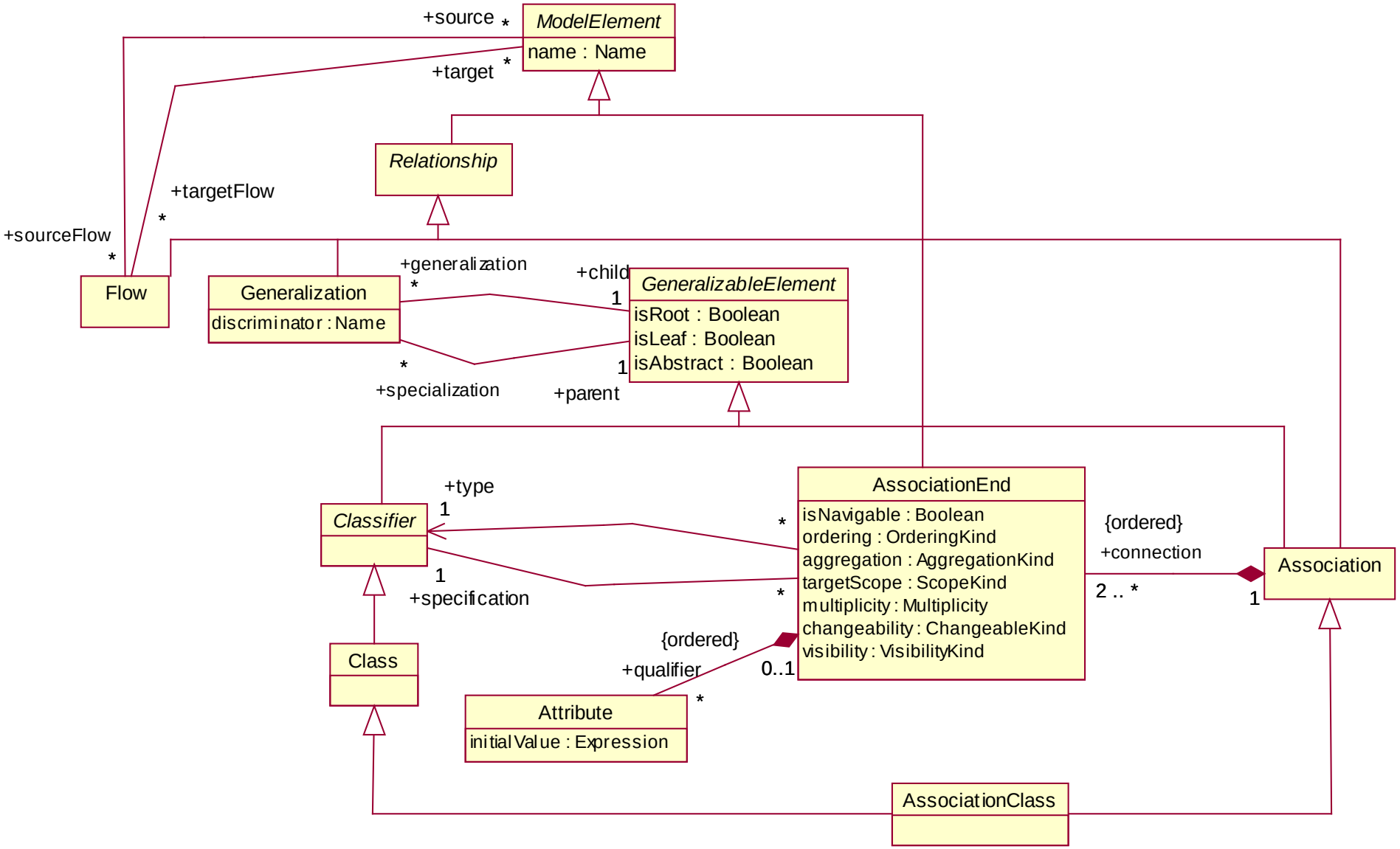
Klassendiagramm Core - Backbone



Foundation - Core (Forts.)

- Klassendiagramm *Core - Relationships*:
  - abstrakte Klasse `Relationship` ist Oberklasse von `Generalization`, `Association`, `Flow`
  - Assoziationsende als Klasse modelliert
  - Assoziation mit Qualifier, Assoziationsklasse

Klassendiagramm Core - Relationships



Foundation - Core (Forts.)

- Semantik für `AssociationEnd`:
  - Ist das eine Ende ein Interface oder ein DataType, dann ist das andere Ende nicht navigierbar
  - In OCL:

```
(self.type.oclIsKindOf (Interface) or
 self.type.oclIsKindOf (DataType)) implies
  self.association.connection->select
   (ae | ae <> self)->forAll(ae | ae.isNavigable
                                  = #false)
```

Foundation - Core (Forts.)

– Ein Element darf höchstens zu einer Komposition gehören

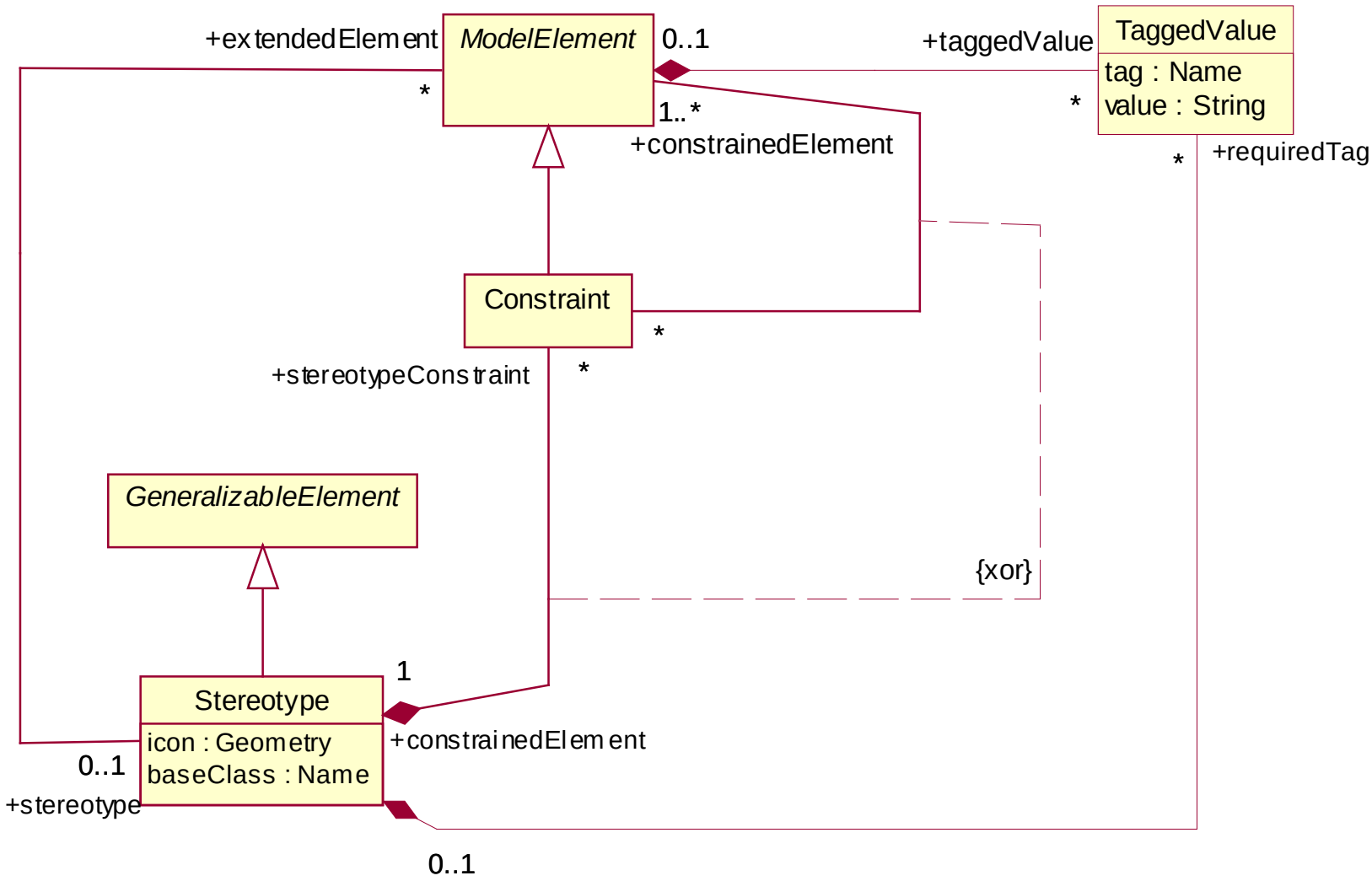
– In OCL:

```
self.aggregation = #composite implies
  self.multiplicity.max <= 1
```

Foundation - Extension Mechanisms

- Klassendiagramm *Extension Mechanisms*:
  - Stereotyp
    - enthält Einschränkungen und Eigenschaftswerte
    - ist generalisierbar
  - Einschränkung
    - gehört entweder zu einem stereotypisierten Element oder mind. einem ModelElement
  - Eigenschaftswert
    - gehört entweder zu ModelElement oder Stereotyp

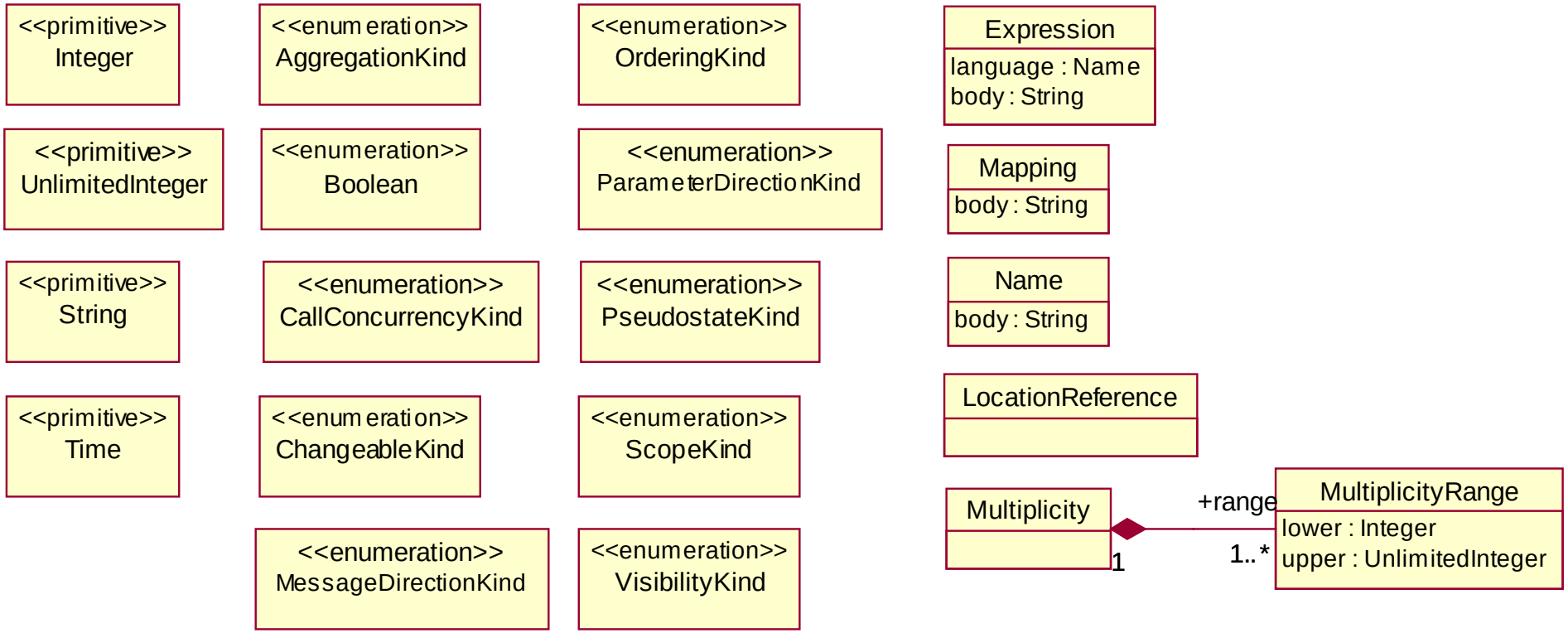
Klassendiagramm Core - Extension Mechanisms



Foundation - Data Types

- Klassendiagramm *Data Types - Main*:
  - enthält alle einfachen Daten- und Aufzählungs-typen, die zur Definiton von UML benutzt werden

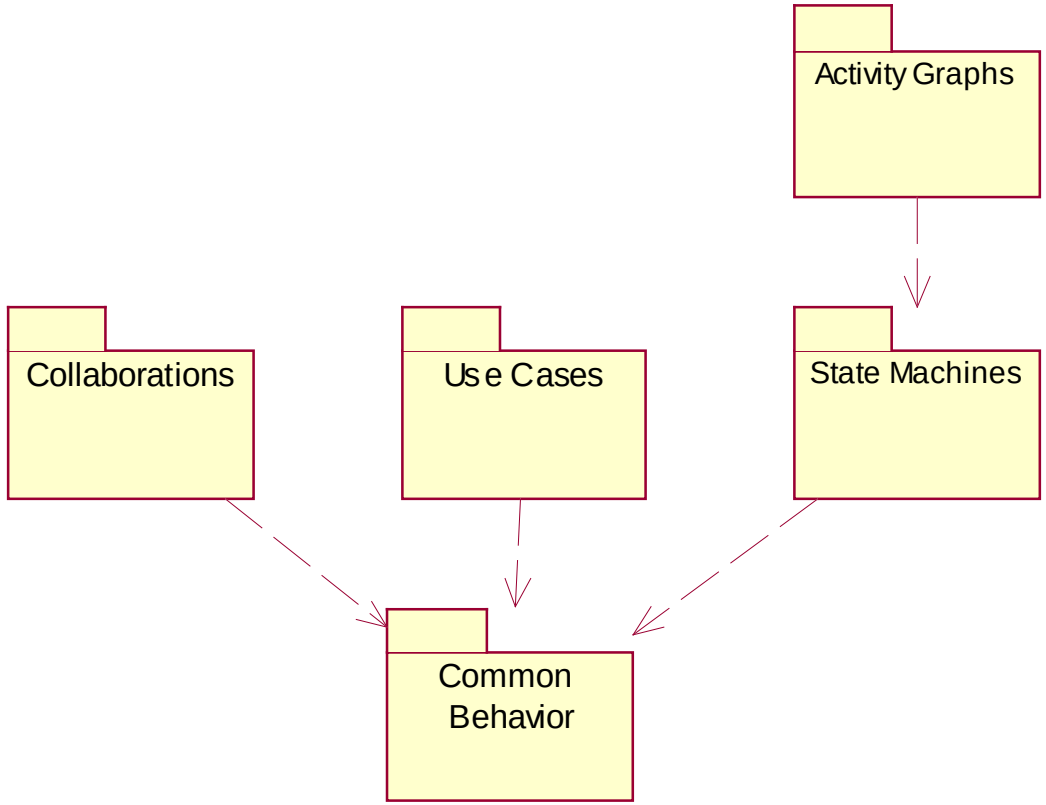
Klassendiagramm Data Types - Main



4.2.2 Behavioral Elements

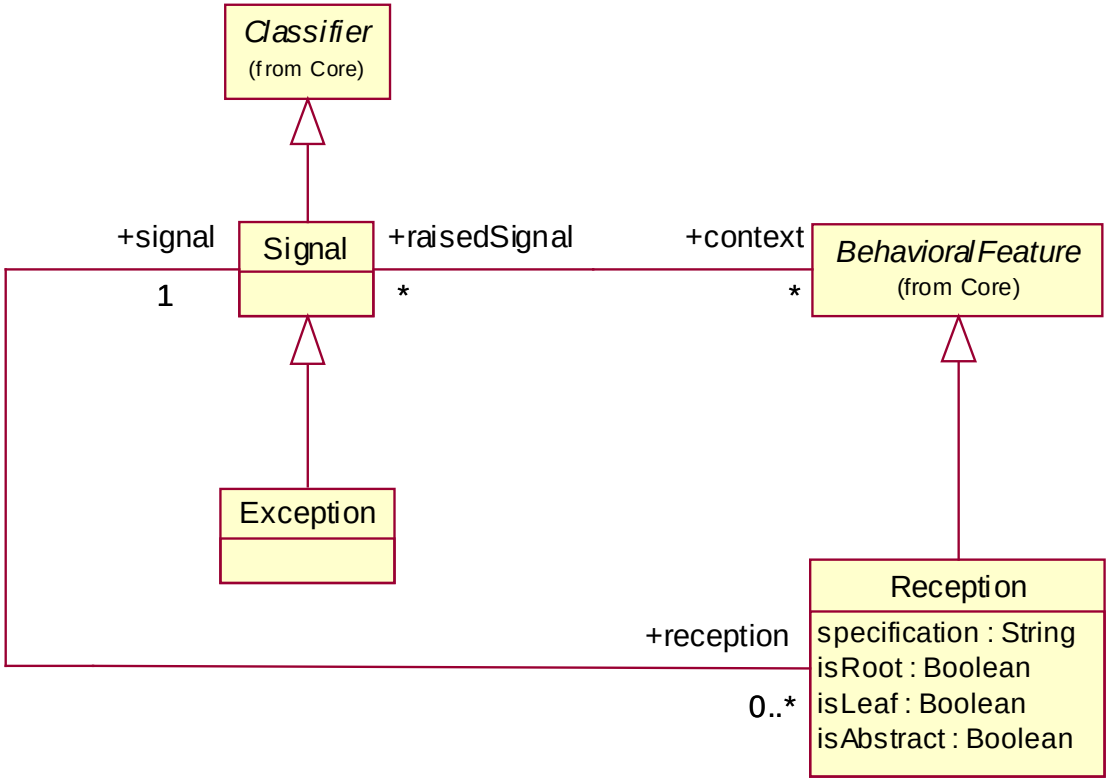
- Unterteilung in fünf Pakete
  - Paket `Common Behavior`
    grundlegende Konzepte für die anderen Pakete
  - Paket `Collaborations`
  - Paket `Use Cases`
  - Paket `State Machines`
  - Paket `Activity Graphs`

Behavioral Elements - Unterpakete



Behavioral Elements - Common Behavior

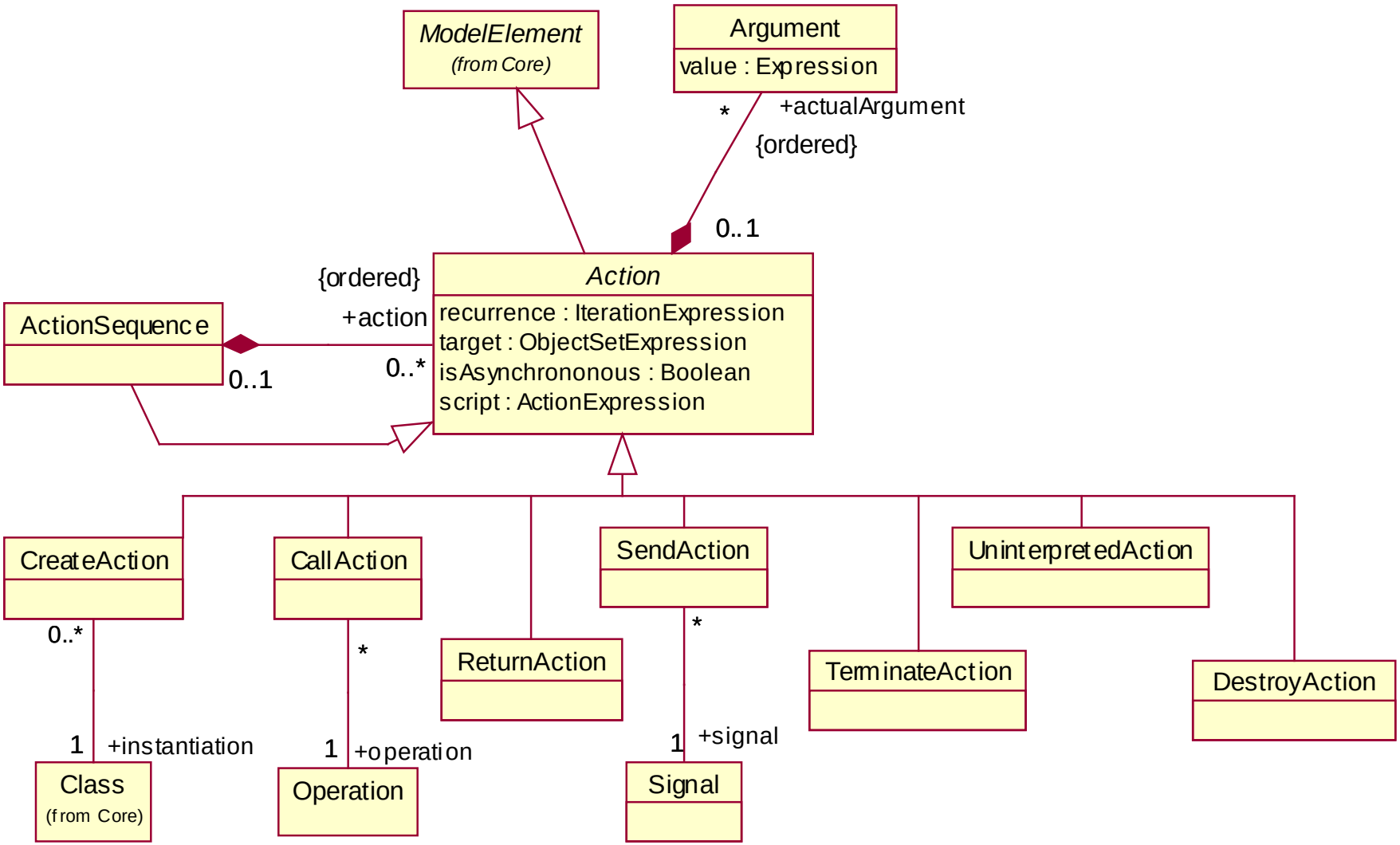
Klassendiagramm *Common Behavior - Signals*:



Behavioral Elements - Common Behavior

- Klassendiagramm *Common Behavior - Actions*:
  - zeigt die verschiedenen Aktionsarten
  - Zusammenhang zwischen Call und Operation, Send und Signal

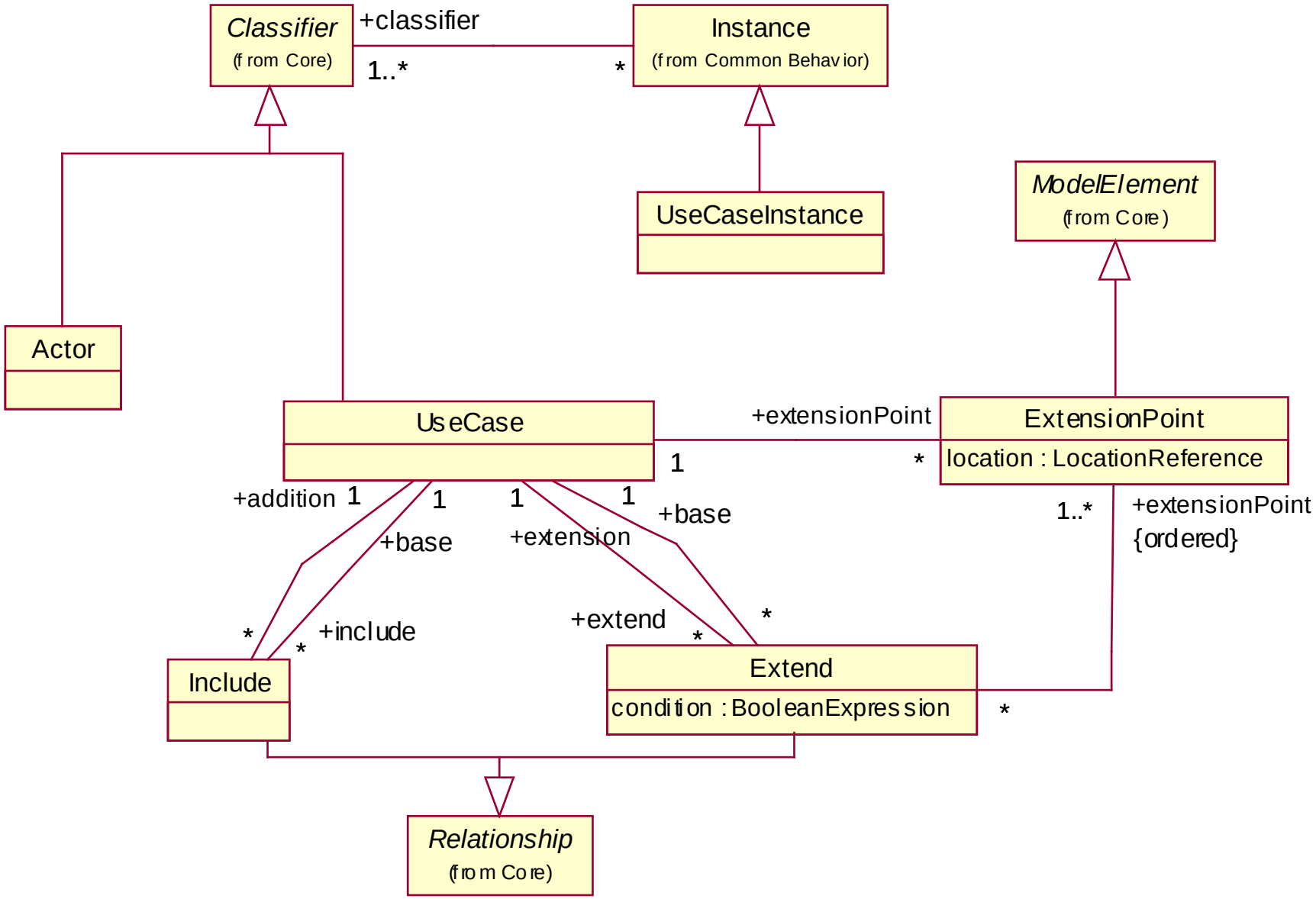
Klassendiagramm Common Behavior - Actions



Behavioral Elements - Use Cases

- Klassendiagramm *Use Cases*:
  - `UseCase` und `Actor` sind Unterklassen von `Classifier`
  - `Include` und `Extend` Beziehungen

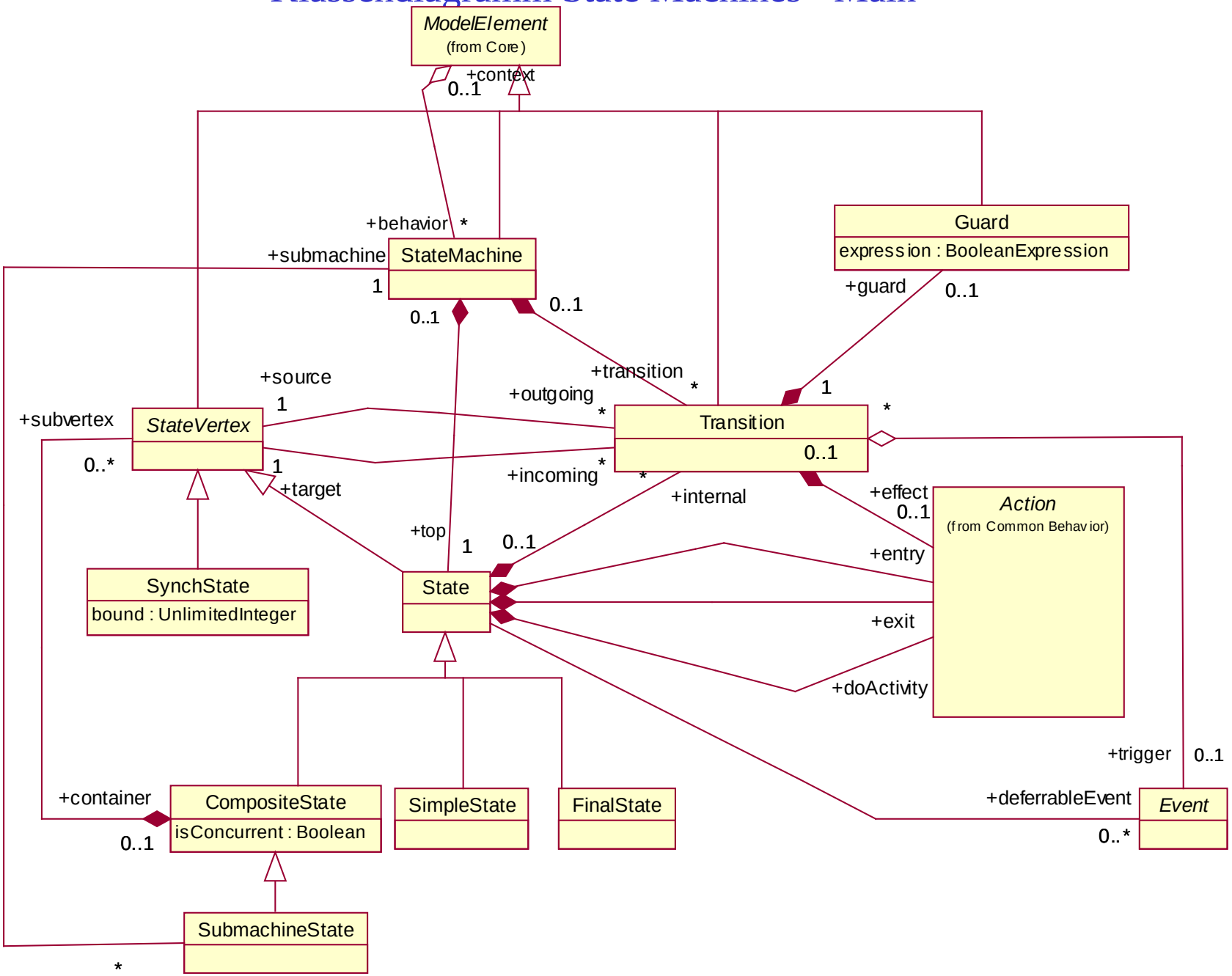
Klassendiagramm Use Cases



Behavioral Elements - State Machines

- Klassendiagramm *State Machines - Main*:
  - Bestandteile einer Zustandsmaschine
  - Zustandsarten
  - Komponenten eines Zustandes
  - Komponenten einer Transition

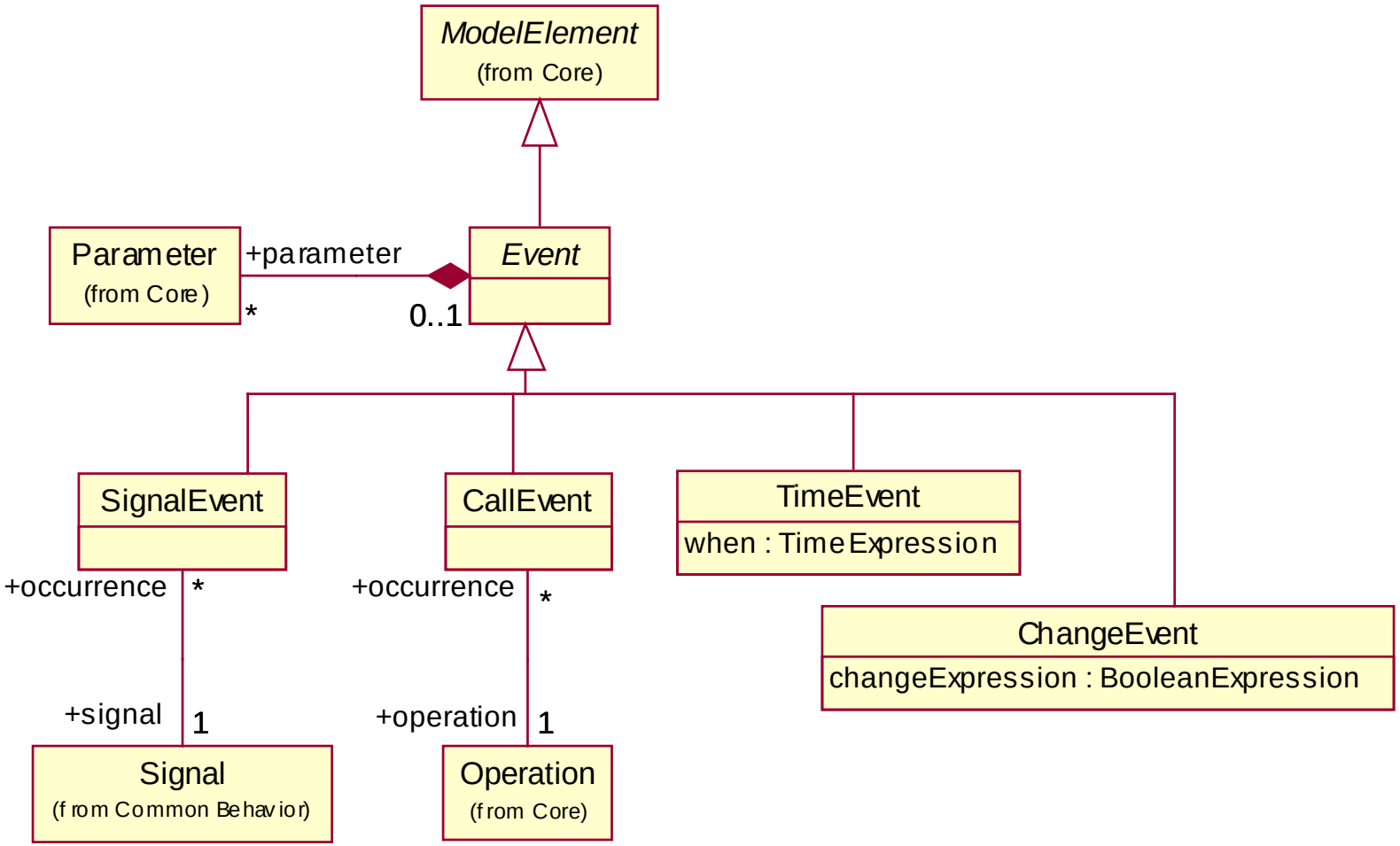
Klassendiagramm State Machines - Main



Behavioral Elements - State Machines

- Klassendiagramm *State Machines - Events*:
  - Event Arten
  - Zusammenhänge zu `Signal` und `Operation`

Klassendiagramm State Machines - Events



4.2.3 Model Management

- Klassendiagramm *Model Management - Main*:
  - Zuordnung von `ModelElements`
  - Importieren

Klassendiagramm Model Management - Main