

Auf dem Weg zu einer

# Integrierten formalen Semantik für Teile der UML

Markus Klein, Benjamin Braatz

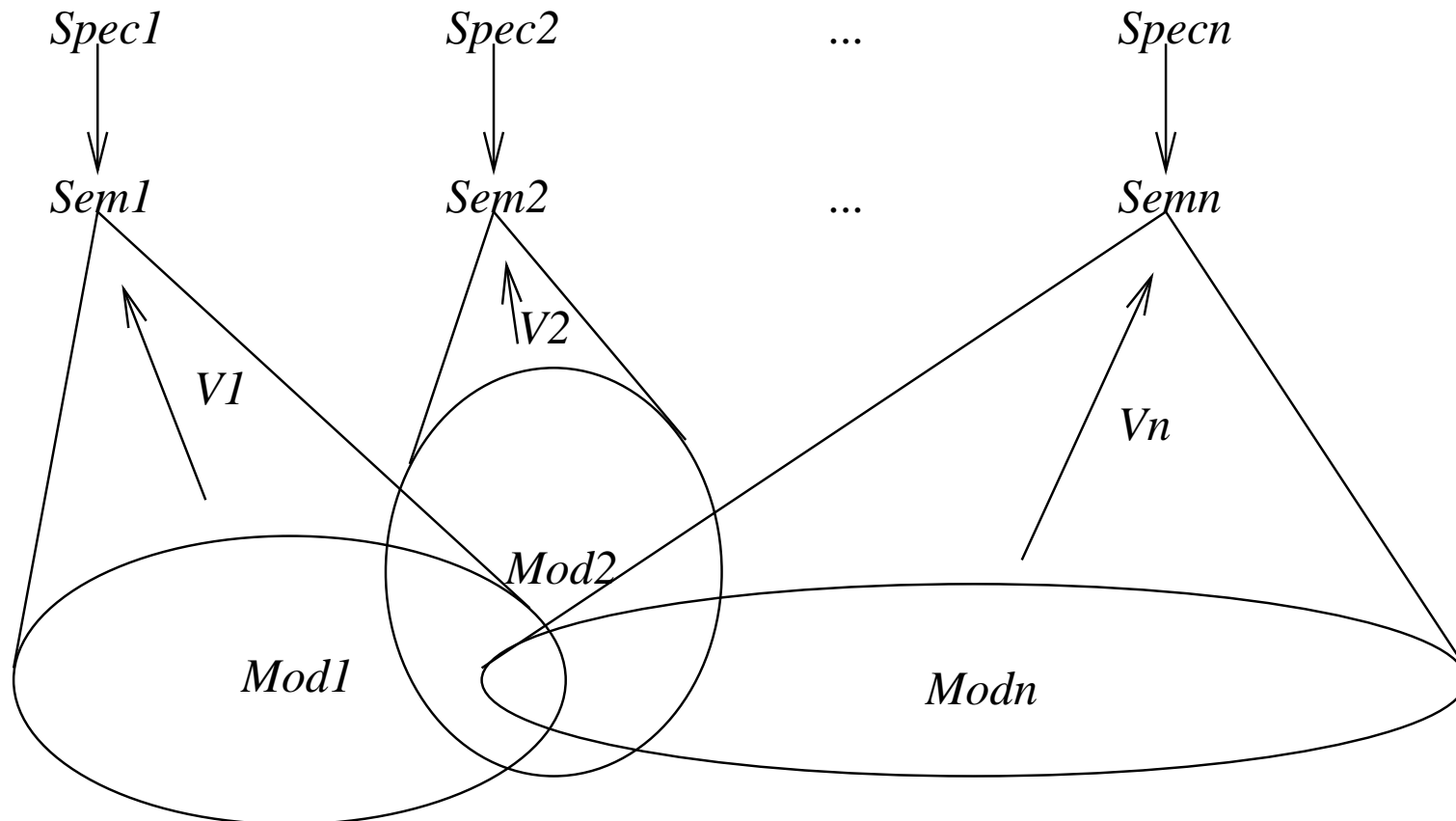
TFS-Forschungskolloquium, 12.6.2003

# Übersicht

- Motivation
- Algebra-Transformations-Systeme
- Interpretation von UML-Diagrammen
- Konsistenz von UML-Spezifikationen
- Komponenten für UML-Spezifikationen
- Mögliche Anwendungen

## Motivation

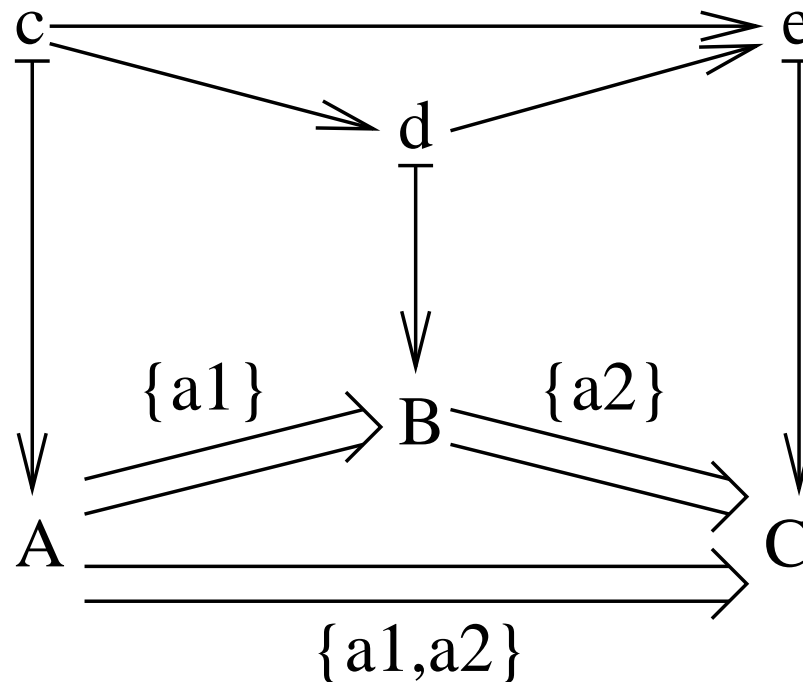
- Gemeinsamer semantischer Bereich für verschiedene **Viewpoints**



- Formale Untersuchung der **Konsistenz** von Spezifikationen
- “**Semantics First**”-Konzepte für **Beziehungen** zwischen Spezifikationen und **Komponenten**
- Präzise Begriffsbildung erleichtert und ermöglicht **Tool-Unterstützung** und **Code-Generierung**
- Untersuchung der Beziehungen zwischen Sichten, Schichten und Ebenen des **ODEMA-Würfels**

## Algebra-Transformations-Systeme [Gro '01b]

- Algebra-Transformations-System  $TS = (TG, m)$  zu einer Signatur  $D\Sigma$ 
  - Kontroll-Graph  $TG$
  - Markierungs-Morphismus  $m: TG \rightarrow \mathbb{D}_{D\Sigma}$



- **Transitions-Graph**  $TG = (CS, T, in, id)$ 
  - **Kontrollzustände**  $CS$
  - **Transitionen**  $T = T(c, d)_{c, d \in CS}$
  - **Initialisierungs- und Finalisierungs-Zustand**  $in \in CS$
  - **Idle-Transitionen**  $id(c) \in T(c, c)$
- **Transitions-Graph-Morphismus**  $m: TG \rightarrow TG'$ 
  - **Zustands-Abbildung**  $m_{CS}: CS \rightarrow CS'$  mit  $m_{CS}(in) = in'$
  - **Transitions-Abbildungen**  
 $m_{T(c,d)}: T(c, d) \rightarrow T(m_{CS}(c), m_{CS}(d))$   
mit  $m_{T(c,c)}(id(c)) = id'(m_{CS}(c))$

- **Daten-Zustands-Signatur**  $D\Sigma = (\Sigma, AC)$ 
  - **Algebraische Signatur**  $\Sigma = (S, OP)$   
mit **Sorten**  $S$   
und **Operationen**  $OP = OP(w \rightarrow s)_{w \in S^*, s \in S \cup \{\lambda\}}$
  - **Aktionen**  $AC = AC(w, w')_{w, w' \in S^*}$
- **Daten-Zustands-Raum**  $\mathbb{D}_{D\Sigma} = (|PAlg(\Sigma)|, T, \perp, \emptyset)$ 
  - **Partielle Algebren**  $|PAlg(\Sigma)|$  als Daten-Zustände
  - **Aktions-Mengen**  $T(Al, Al') = \mathcal{P}(\{ac(in, out) | ac \in AC(w, w'), in \in Al(w), out \in Al'(w')\})$  als Transitionen
  - **Komplett undefinierte Algebra**  $\perp \in |PAlg(\Sigma)|$  als Initialisierungs- und Finalisierungs-Zustand
  - **Leere Mengen**  $\emptyset \in T(Al, Al')$  als Idle-Transitionen

## Interpretation von UML-Diagrammen

- **Rollen für UML-Diagramme:**

Klassen-Diagramme → Signatur

Statecharts → Objekt-Verhalten

Action Language → Daten-Transformation

OCL → Daten-Eigenschaften

Sequenz-Diagramme → Kommunikations-Eigenschaften

- Daten-Zustände: **Objekt-Konfigurationen** [Par '01, Ten '01]  
Aktionen: Atomare Operationen, Ereignisse ???
- Semantik für Statecharts und Sequenz-Diagramme auf Basis von **Labelled Transition Systems** als Kontroll-Graphen [Özh '01]
- OCL und Action Language **offen**

## Beispiel

- **Klassendiagramm:**



- **Action-Spezifikationen:**

```
action Class1.op1(arg1):
    att1 := role.op2(arg1);
action Class2.op2(arg2):
    att2 := arg2;
    return att2;
```

- **Entsprechende Signatur:**

$Sig(CD) =$

**sorts** :  $Integer, Class1, Class2$

**opns** :  $att1 : Class1 \rightarrow Integer$

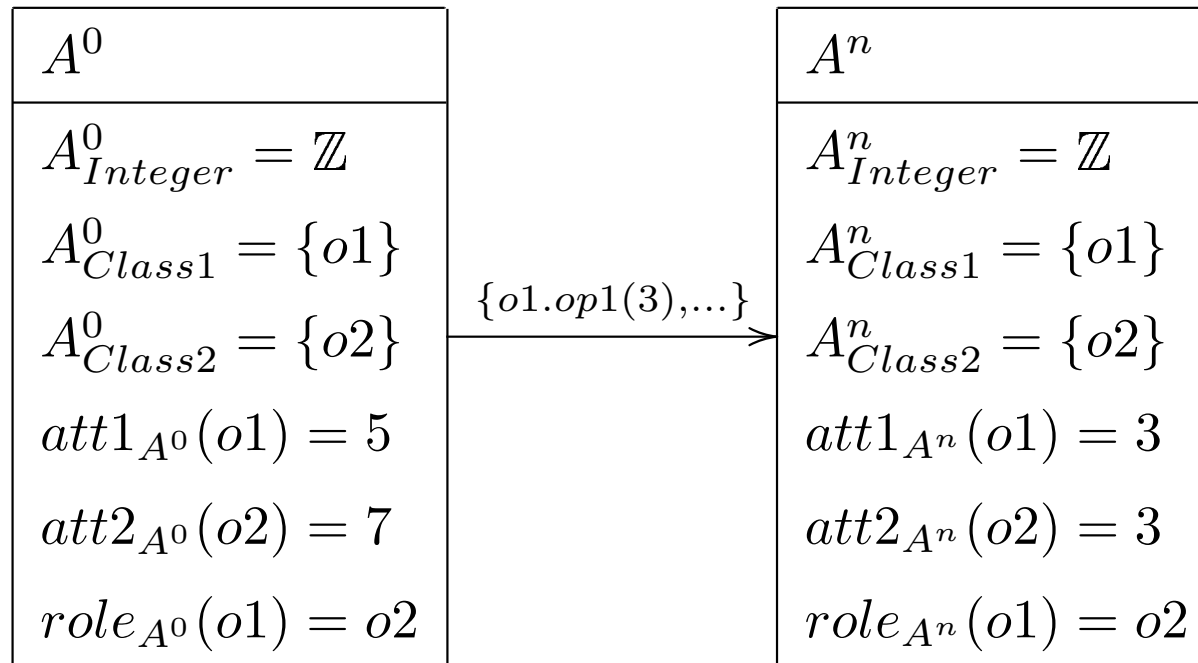
$att2 : Class2 \rightarrow Integer$

$role : Class1 \rightarrow Class2$

**acts** :  $op1 : Class1 Integer; \lambda$

$op2 : Class2 Integer; Integer$

- Teil des Daten-Zustands-Raumes:



- **Verschiedene Möglichkeiten für Transitionen:**

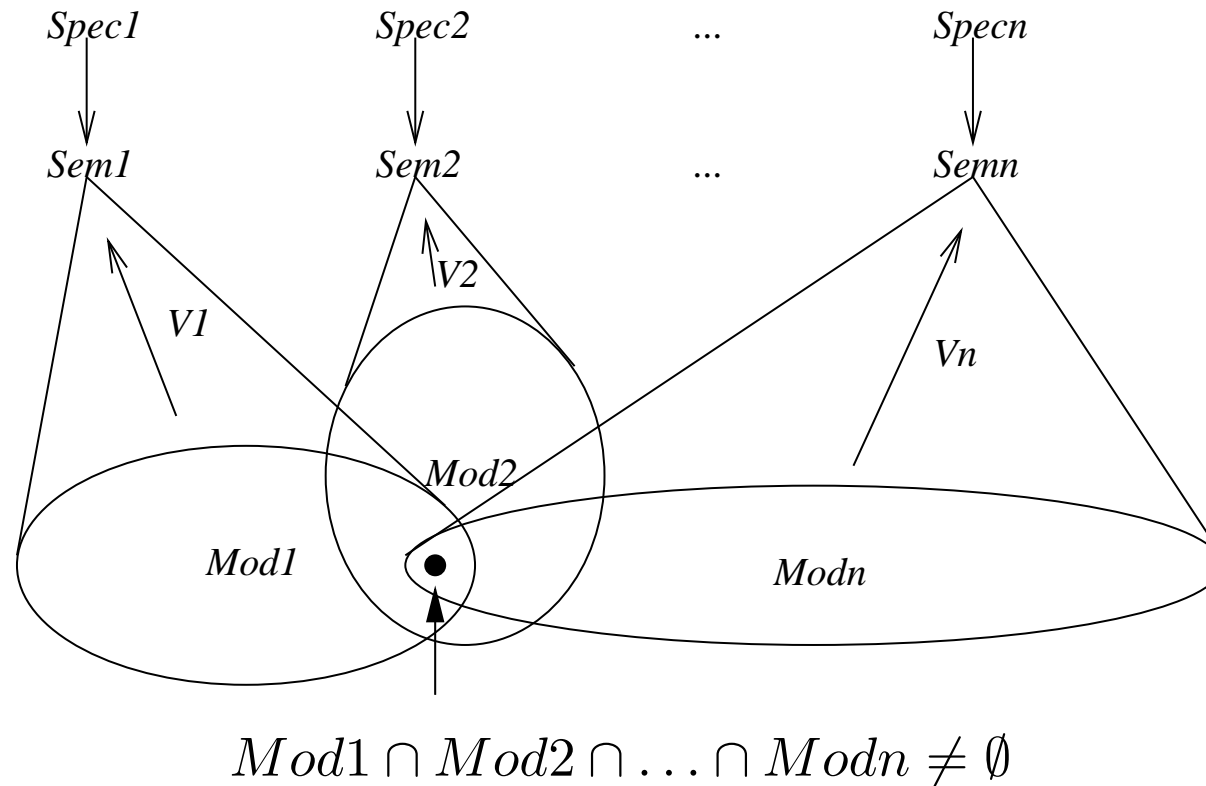
$$A^0 \xrightarrow{\{o1.op1(3)_{call}\}} A^1 \xrightarrow{\{o2.op2(3)_{call}\}} A^2 \xrightarrow{\{o2.op2(3)_{ret}\}} A^4 \xrightarrow{\{o1.op1(3)_{ret}\}} A^n$$

$$A^0 \xrightarrow{\{o1.op1(3), o2.op2(3)\}} A^n$$

$$A^0 \xrightarrow{\{o1.op1(3)_{call}\}} A^1 \xrightarrow{\{o2.op2(3)_{call}, o2.op2(3)_{ret}\}} A_4 \xrightarrow{\{o1.op1(3)_{ret}\}} A^n$$

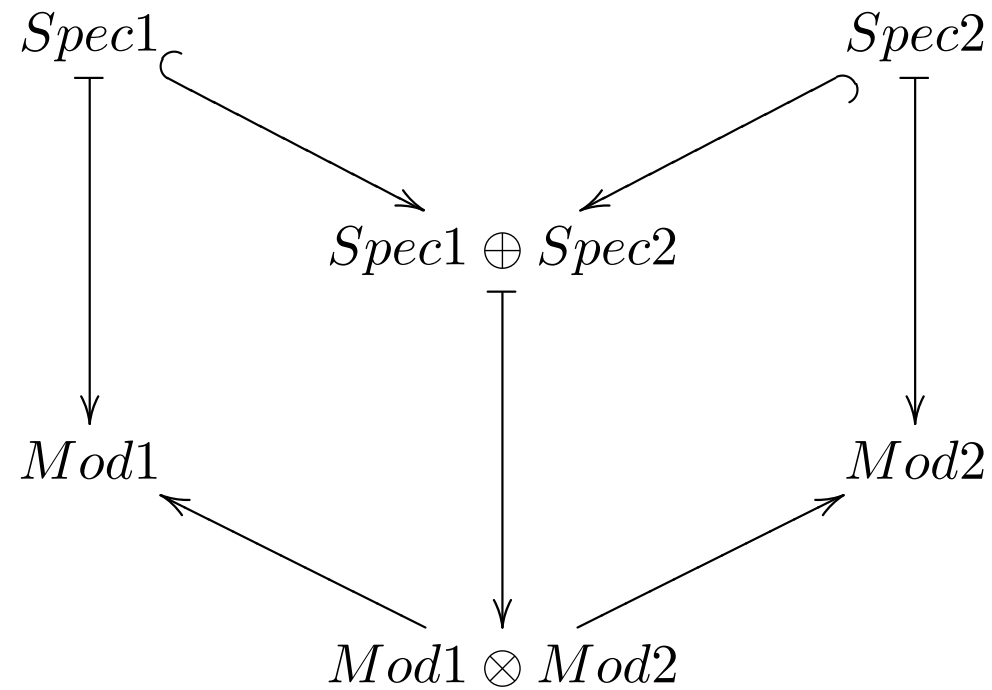
## Konsistenz von UML-Spezifikationen

- **Definition: Konsistenz** einer Spezifikation, wenn **mindestens ein Modell** existiert



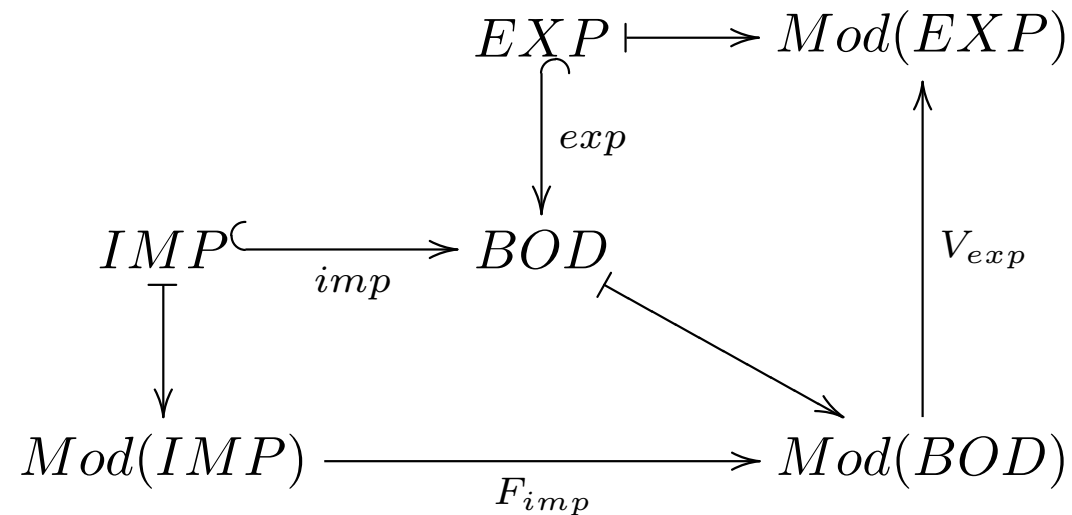
- **Syntaktische Konsistenz** aller anderen Diagramme mit dem Klassendiagramm
- **Konstruktion** eines minimalen Modells aus Statecharts und Action Language (konstruktive Techniken)
- **Verifikation** von OCL-Constraints und Sequenz-Diagrammen an diesem Modell (deskriptive Techniken)  
Für Sequenz-Diagramme und Statecharts in [Özh '01, Tsi '01]
- **Widerspruchsfreiheit** der OCL-Constraints und Sequenz-Diagramme untereinander

- **Kompositionalität** konsistenter Spezifikationen



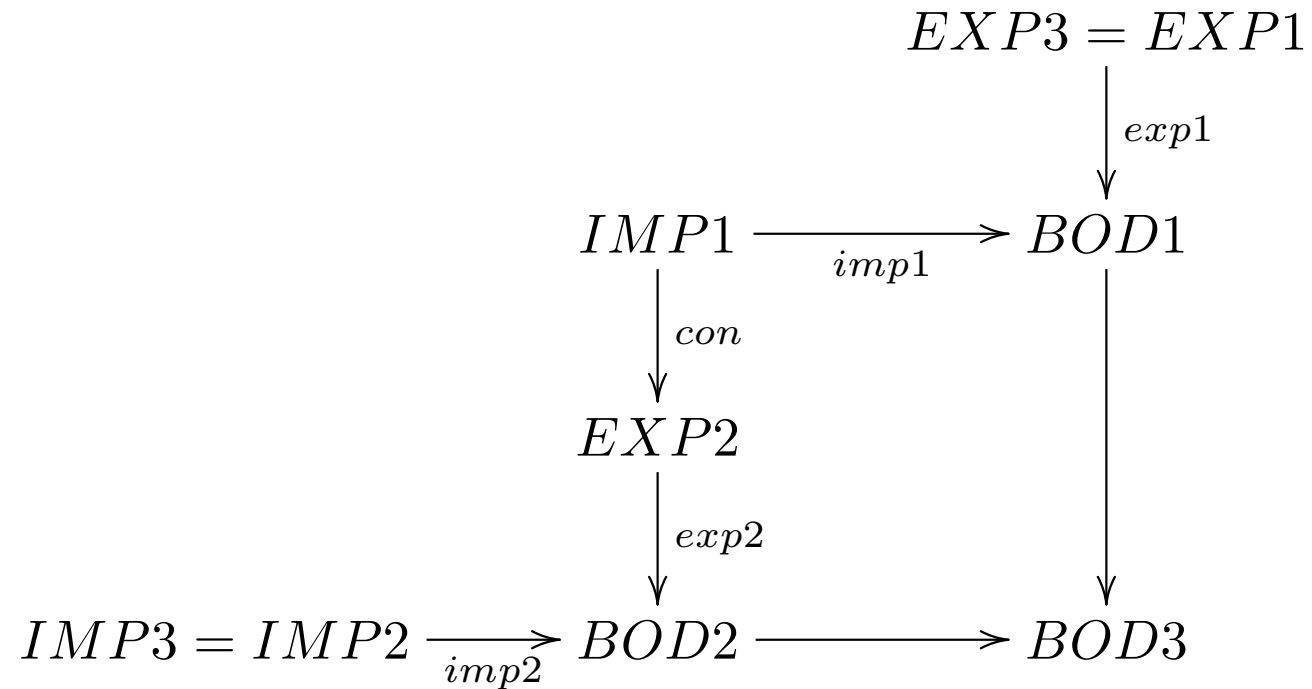
## Komponenten für UML-Spezifikationen

- **Wiederverwendbarkeit** und **Austauschbarkeit** durch **Kapselung des Body** hinter **Import** und **Export**

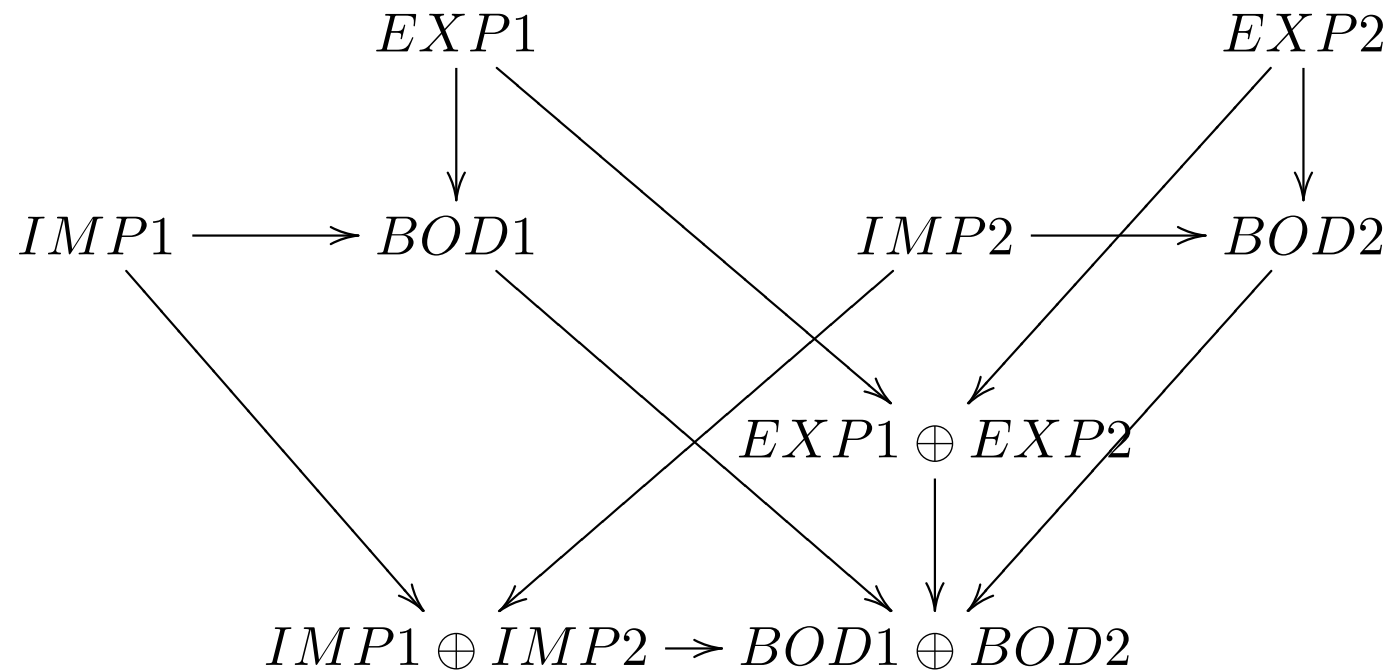


- **Korrektheit** einer Komponente, wenn der Body den Export mit Hilfe des Imports **realisiert**
- *exp* ist eine **Verfeinerung**
- *imp* ist eine **Konstruktion**
- Im- und Export-Konnektoren können aus **Regel-Anwendungen** zusammengesetzt werden [EO+ '02, Kle '03]
- Syntaktische Komponenten für UML in [Pii '03]

- **Sequentielle Komposition** von Komponenten



- Vereinigung von Komponenten



## Mögliche Anwendungen

- Tool zur Konsistenzprüfung von UML-Modellen
- UML-Profil und Korrektheitsprüfung für Komponenten
- Regelbasierter Editor für Komponenten

## **IOSIP-Publikationen**

### **Überblickspapiere:**

[Gro '00] Martin Große-Rhode: Using a formal reference model for consistency checking and integration of UML diagrams

IDPT 2000

[Gro '01a] Martin Große-Rhode: Formal concepts for an integrated internal model of the UML

UniGra 2001, ENTCS Vol. 44 Issue 4

### **Algebra-Transformations-Systeme:**

[Gro '01b] Martin Große-Rhode: Semantic Integration of Heterogeneous Formal Specifications via Transformation Systems

Bericht Nr. 2001/13, Fak. IV, TU Berlin

## **UML-Integration:**

[Par '01] Daniel Parnitze: On Formal Semantics of Object Systems with Data and Object Attributes

Bericht Nr. 2001/05, Fak. IV, TU Berlin

[Ten '01] Jennifer Tenzer: A Formal Semantics of UML Class Diagrams based on Transformation Systems

Bericht Nr. 2001/09, Fak. IV, TU Berlin

## **Konsistenzanalyse:**

[Tsi '01] Aliko Tsiolakis: Semantic Analysis and Consistency Checking of UML Sequence Diagrams

Bericht Nr. 2001/06, Fak. IV, TU Berlin

[Özh '01] Mesut Özhan: Semantische Konsistenzanalyse von UML Sequenz- und Zustandsdiagrammen

Bericht Nr. 2001/07, Fak. IV, TU Berlin

## Komponenten:

[EO+ '02] Hartmut Ehrig, Fernando Orejas et al.: A Transformation-Based Component Framework for a Generic Integrated Modeling Technique

IDPT 2002, Bericht Nr. 2002/02, Fak. IV, TU Berlin

[Kle '03] Markus Klein: A Component Concept for System Modeling Based on High-Level Replacement Transformations

Bericht Nr. 2003/09, Fak. IV, TU Berlin

[Pii '03] Martti Piirainen: Applications of a Generic Component Framework to a UML Case Study in Production Automation

Diplomarbeit, Fak. IV, TU Berlin