Modellbasierte Entwicklung von Technologien für selbstorganisierende dezentrale Informations-systeme im Katastrophen-management

METRIK

Projekt Erdbebenfrühwarnung
im SoSe 2011

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

Entwicklung verteilter echtzeitfähiger Sensorsysteme

Joachim Fischer
Klaus Ahrens
Ingmar Eveslage

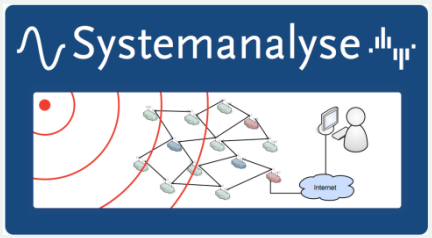
fischer|ahrens|eveslage@informatik.hu-berlin.de

SAFER
Seismic eArly warning For EuRope

EDIM

SOSEWIN-extented

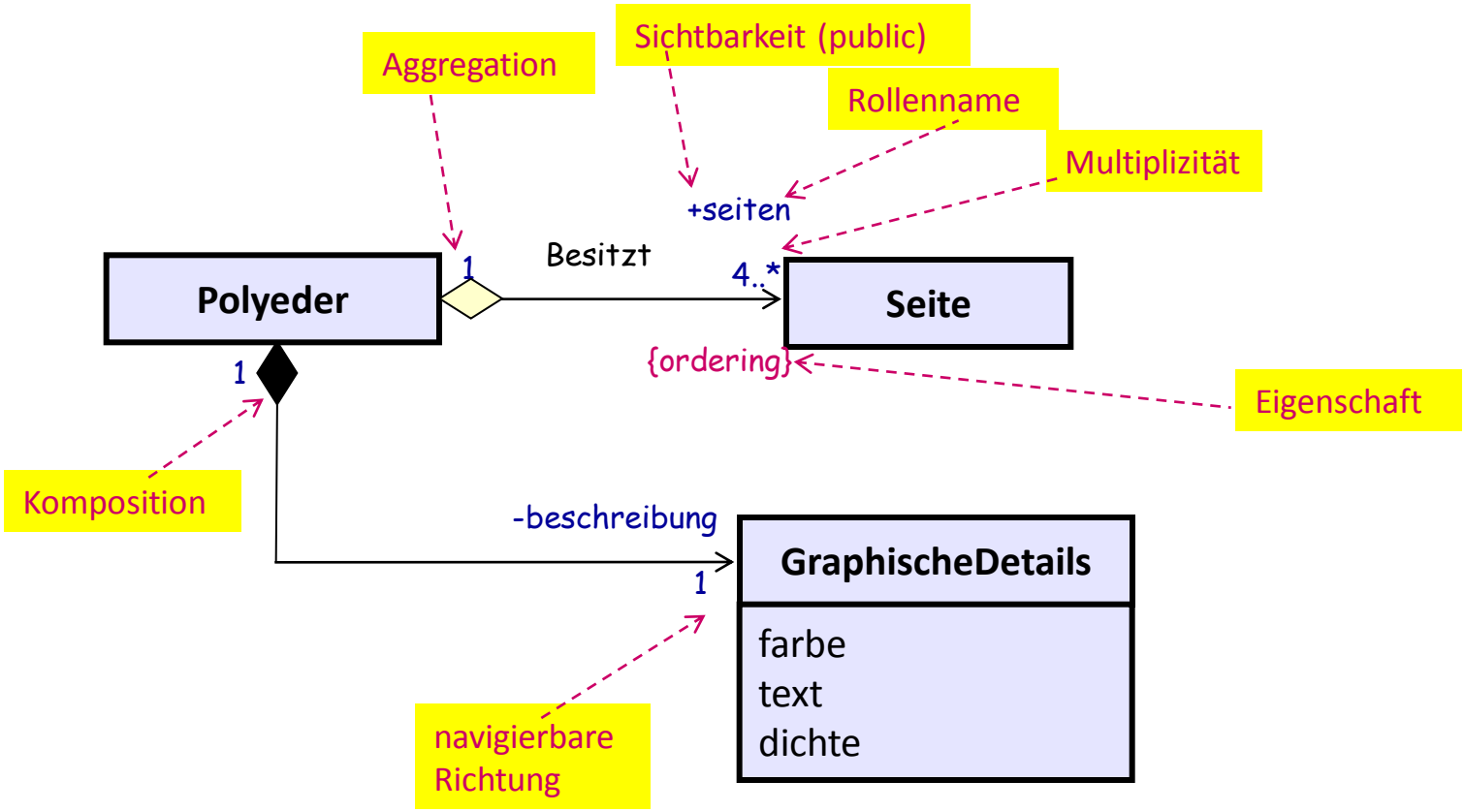
GFZ
Helmholtz-Zentrum
POTSDAM



3. Ausgewählte UML-Konzepte

1. Klassen und Objekte als UML-Basiskonzepte
2. Assoziationen und Attribute (Forts.)
3. Operationen und Methoden
4. UML-Schlüsselworte
5. Constraints in OCL

Assoziationsenden und Adornments (Wdh.)



Zusammenhang von Attribut und Assoziation

- UML 2 kennt **keinen** semantischen Unterschied zwischen
  - Attributen einer Klasse und
  - navigierbaren Assoziationsenden (Rollen),

es gibt nur
- charakteristische Ausprägungen (Properties) und
- Modellelemente (hier Klasse, später weitere), die die Ausprägungen besitzen

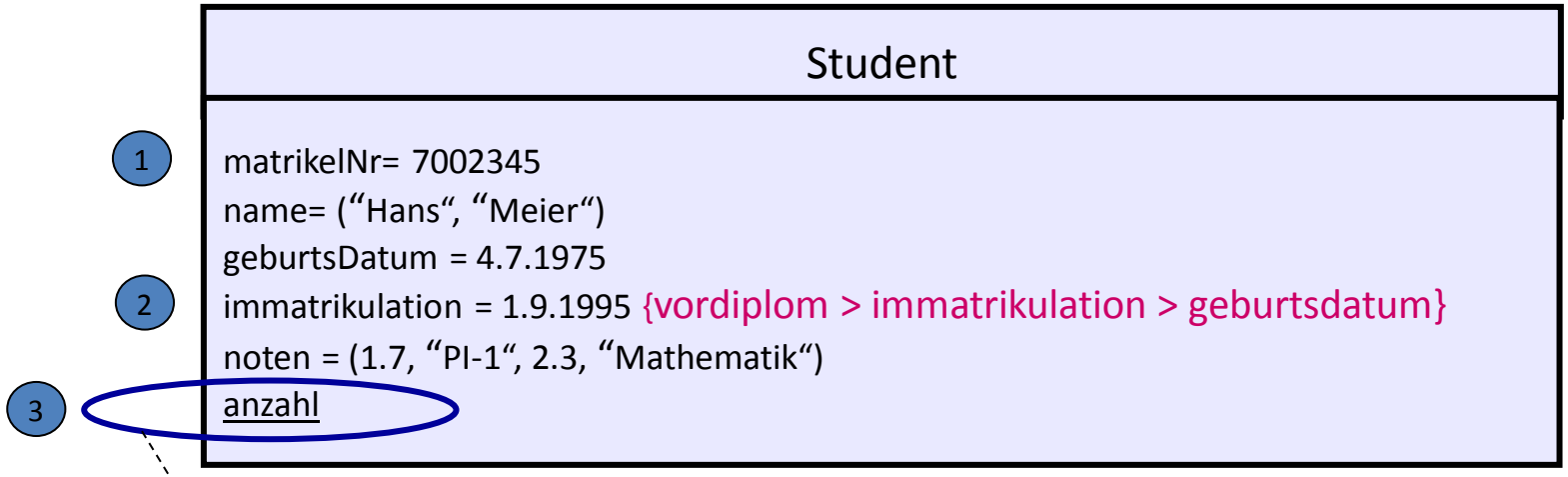
- Ist das Ende einer Assoziation als **navigierbar** gekennzeichnet,
  so besitzt die navigierende Klasse ein Attribut mit dem Namen dieses Endes
  (Rollenname)

- Ist das Ende einer Assoziation als **nicht navigierbar** gekennzeichnet, so besitzt die Assoziation selbst eine Ausprägung mit dem Namen des Endes
  (z.B. als Repräsentation im Repository)

Attribut-Einschränkungen und Klassenattribute

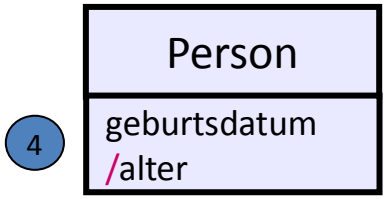
Einschränkungen (Constraints)

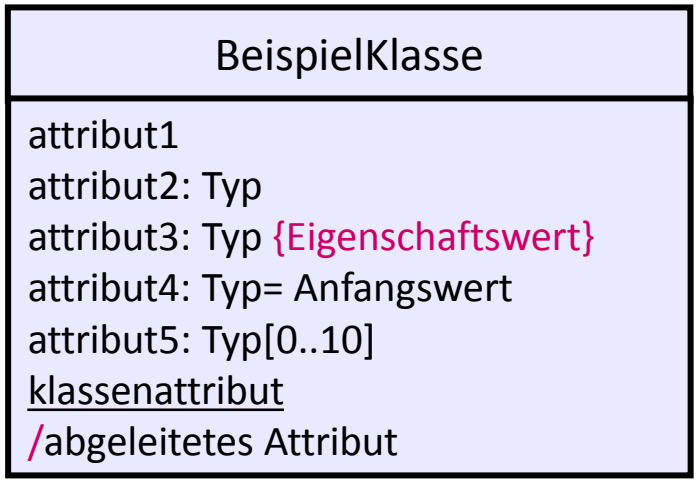
sind wie bei Assoziationsenden Zusicherungen, die immer wahr sein müssen



Klassen-Attribute:
(auch Klassen-Operationen)

Attribute einmalig für alle Objekte der Klasse
(Existenz unabhängig von Objektexistenz)





Attributspezifikation: Eigenschaftswerte

- Anfangswert (Wert bei Konstruktion des Objektes)

- Eigenschaftswerte
  besondere Charakteristik von Attributen
  Angabe in { }-Klammerung als Liste
  - z.B.:
    - {readonly} Werte dürfen nicht verändert werden (in C++ const)
    - {default} Wert wird bei Objektinstanziierung in Slot abgelegt
    - {derived} Wert lässt sich stets aus anderen berechnen
      (Attribut ist damit keine Zustandsgröße)
    - {ordered} Inhalte des Attributs sind geordnet
      z.B.: [1, 1, 3, 5, 6, 6, 9]
    - {unique} Inhalte des Attributs sind duplikationsfrei
      z.B. [3, 500, 1, 4, 2]
    - …
      union, subsets, redefines, composite

Achtung: Einschränkungen sind Zusicherungen, die immer wahr sein müssen

Kombination von Eigenschaftswerten: Eindeutigkeit und Ordnung

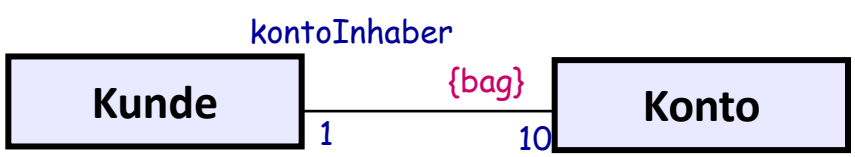
… bestimmen Datenstruktur der entspr. Attribute

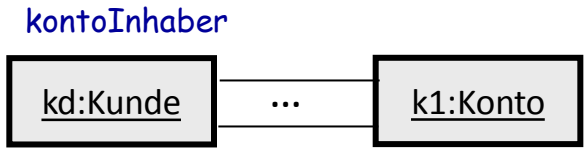
Default-Einstellung

Ordnung *{ordered}*	**Eindeutigkeit** *{unique}*	**Datenstruktur**
ja	ja	geordnete Menge (ordered set, unique list)
ja	Nein *{nonunique}*	Liste (list)
nein *{unordered}*	ja	Menge (set)
nein *{unordered}*	Nein *{nonunique}*	Multimenge (bag)

Eigenschaftswert: bag (1)

Instanzenkollektion darf mehrfache identische Kopien von Elementen enthalten

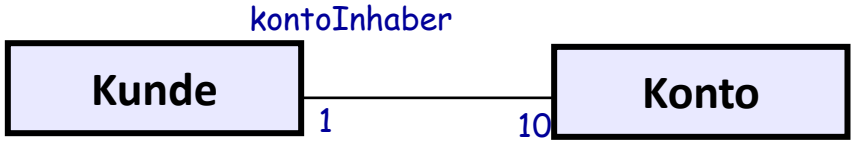


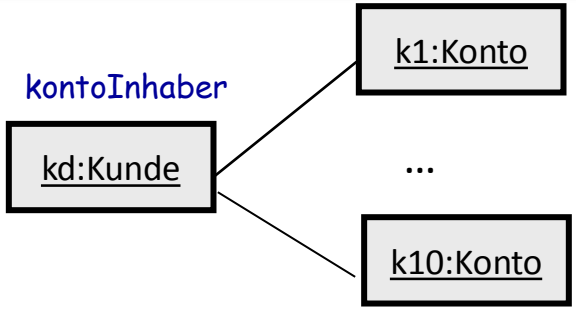


Damit sind mehrere Links zu einem Konto-Objekt möglich

Extremfall: kd hat 10 Links zu einem einzigen Konto-Objekt

Standardfall

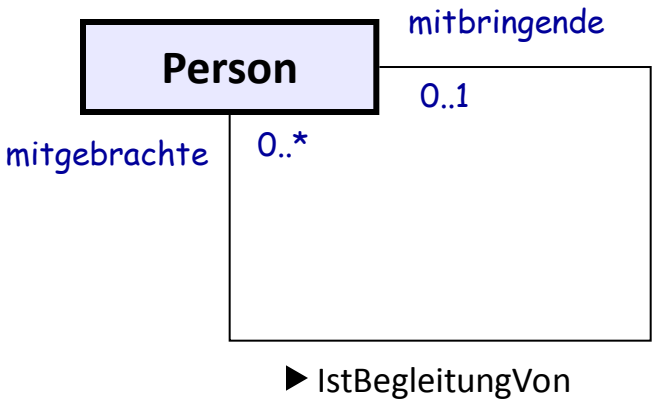




alle 10 Konten sind verschiedene Instanzen

Eigenschaftswert: bag (2)

Anwendungskontext: Party

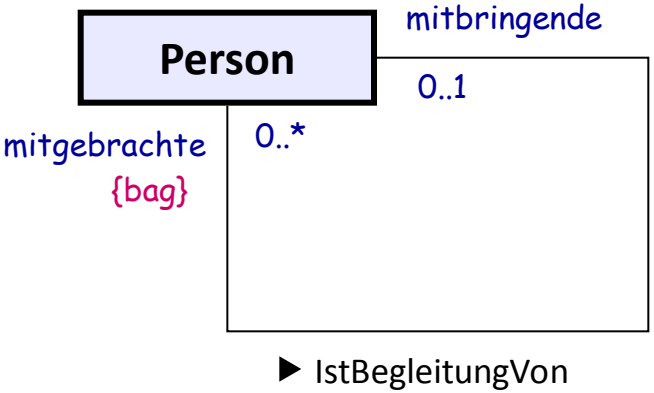


typische Assoziation: **zirkulär reflexiv**

Standardsemantik
Objekte sind jeweils voneinander verschieden

Achtung:
ein Person-Objekt könnte sich dennoch selbst begleiten,
da kein Constraint zwischen den Kollektionen *mitbringende* und *mitgebrachte*

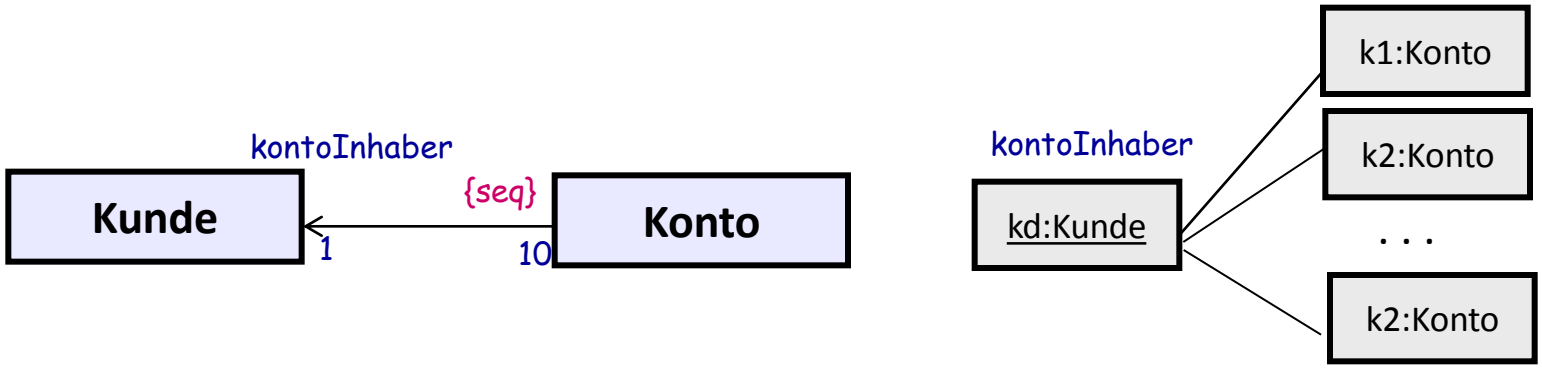
zusätzl. Regel:
{ {mitbringende} ∩ mitgebrachte = Ø}



Eine Person könnte so mehrmals mitgebracht werden
➔ keine vernünftige Semantik

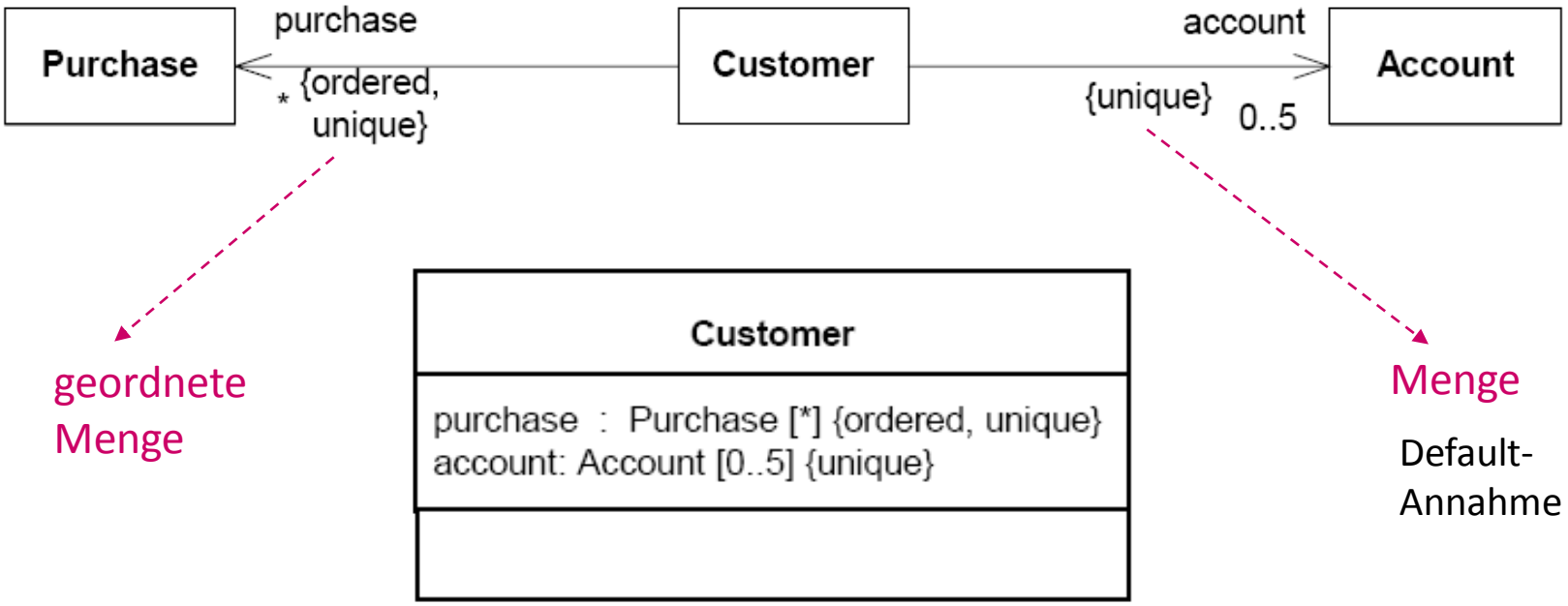
Eigenschaftswert: seq

Def:
Kollektor mit {seq} ist eine geordnete Multimenge



z.B.:
Assoziation:
Kontenbewegung (Ein- u. Auszahlungen)

Eigenschaftswert: unique und nonunique



Eigenschaftswert: ordered und unordered

Performance

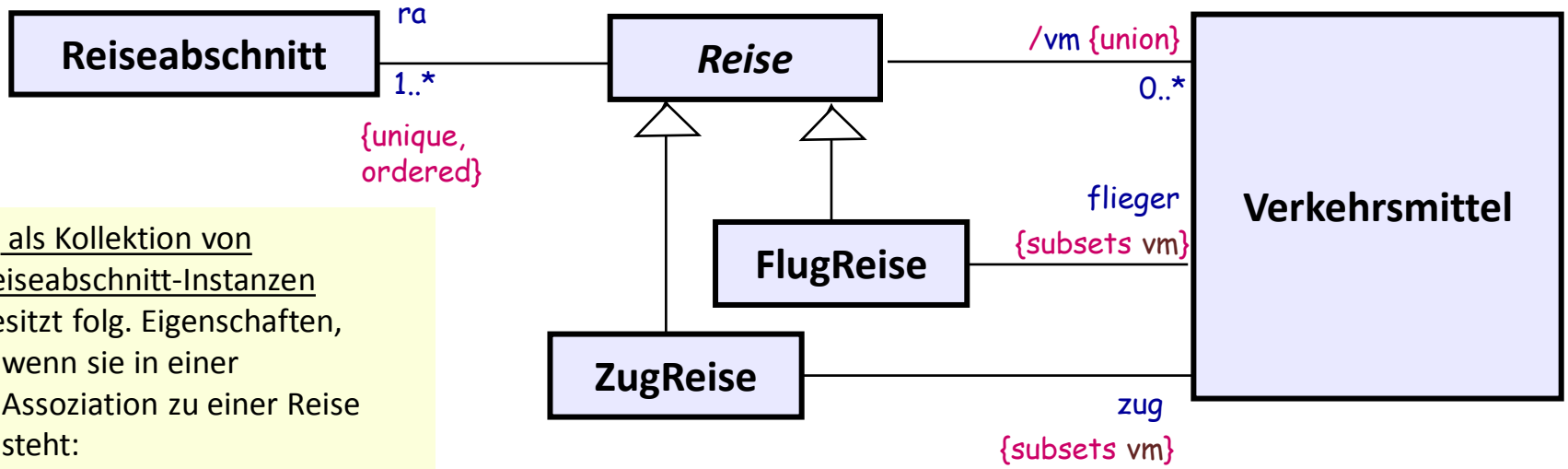
request: Request [*] {ordered}
Reservation: Reservation [*] {unordered, unique}

- ordered nur anwendbar, wenn: obere Multiplizitätsgrenze > 1
- gilt auch für Attribute
- bei Aufnahme eines neuen Request-Links muss Position angegeben werden
- Spezifikation der Sortierung für Request-Objekte bedarf einer zusätzlichen Constraint-Angabe

Beispiel: mehrere Eigenschaften von Assoziationsenden

Kollektion von Verkehrsmitteln vm
- kann leer sein
- unter *vm* ist diese Menge einem Reise-Objekt bekannt

- *vm* ist abgeleitet u. bestimmt sich vollständig aus seinen Teilemengen



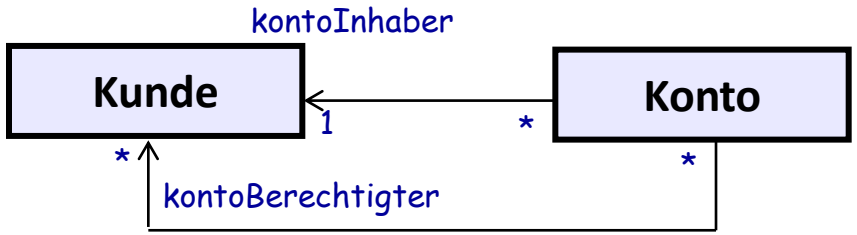
ra als Kollektion von Reiseabschnitt-Instanzen besitzt folg. Eigenschaften, wenn sie in einer Assoziation zu einer Reise steht:
- nicht leer
- echte Menge
- es gibt eine Ordnung

zwei Teilmengen von *Verkehrsmittel*-Instanzen sind ausgezeichnet
- können leer sein
- unter *flieger* und *zug* sind diese Mengen einem *Reise*-Objekt bekannt, falls es sich dabei um ein *Flugreise-* oder *Zugreise*-Objekt handelt
- ist eine Reise eine Flugreise, so sind alle Verkehrsmittel über *flieger* erreichbar

Zusatzforderung: Konformität zwischen Union-Kollektor und seinen Subset-Kollektoren
- dies muss konkret durch die Regelsprache (OCL) definiert sein

Assoziationen: Einschränkungen

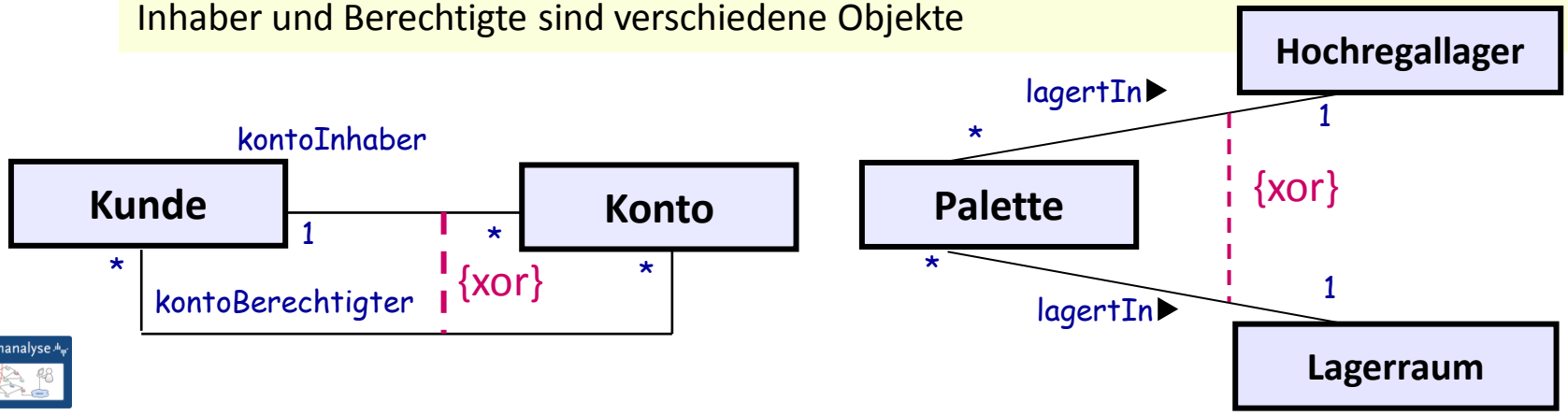
Assoziationsenden können um Einschränkungen (Constraints) ergänzt werden




```
{ context Konto  inv:
        kontoBerechtigter->notEmpty() implies
                not kontoberechtigter->includes(kontoInhaber }
```

Aussage:
Für **alle** Konto-Objekte, die in Beziehung zu einem Kunde-Objekt stehen, die jeweils einen *kontoInhaber* und beliebige *kontoBerechtigte* aufweisen, **gilt**:

Inhaber und Berechtigte sind verschiedene Objekte



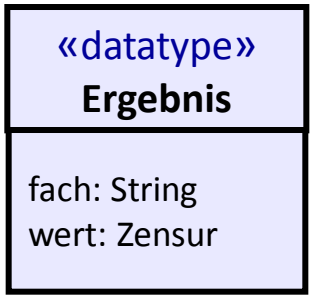
Grundsätzliches zu Einschränkungen

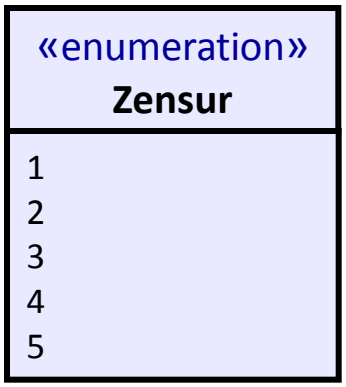
- Einschränkungen sind
  - vordefinierte Standardeinschränkungen für UML-Modellelemente (aus dem Metamodell)
  - nutzerdefinierte Einschränkungen
- Syntax
  - {…} oder
  - { <name der Einschränkung>}
- jedem Modellelement dürfen beliebig viele Einschränkungen zugeordnet werden
- Beschreibung:
  - OCL, natürliche Sprache, beliebige Notation

Datentypen

- … sind Typen, deren Werte keine Identität besitzen

Boolean
Integer
UnlimitedNatural

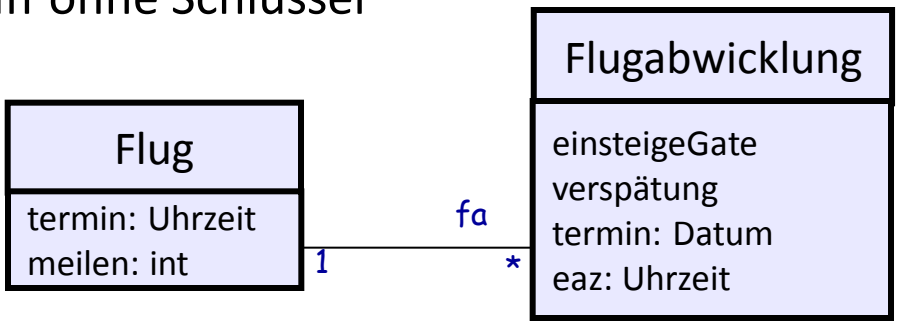




- Definition der Datentypen erfolgt als Klasse, aber mit Schlüsselwort (sehen aus wie Stereotype, sind aber keine).
- Stereotyp nimmt Bezug auf existierendes UML-Modellelement, schränkt aber Semantik ein (**hier**: Klassensymbol wird mit anderer Semantik eingesetzt)
- es gibt vordefinierte und nutzerdefinierte Stereotypen

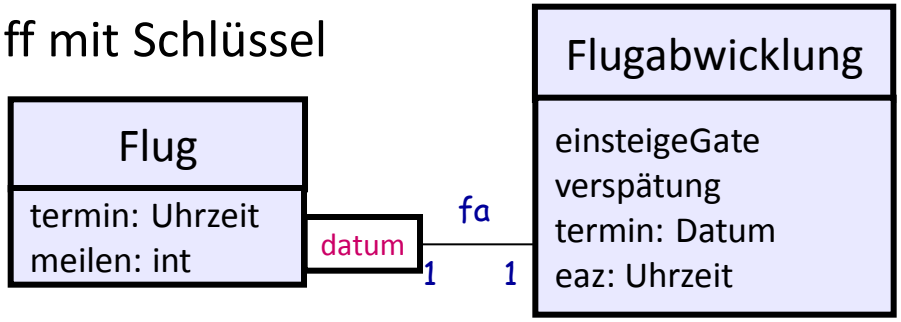
Qualifizierte Assoziationen (1)

- Zugriff ohne Schlüssel



erlaubt für binäre Assoziationen (Schlüssel = Index)

- Zugriff mit Schlüssel

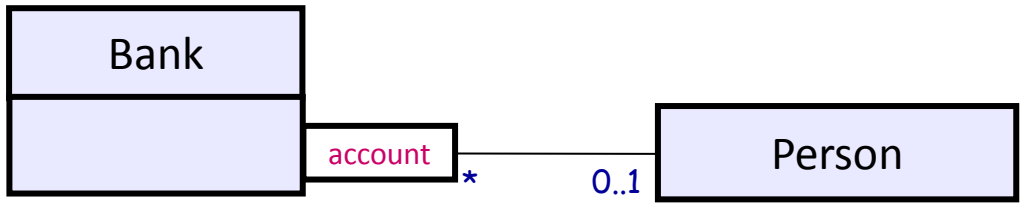


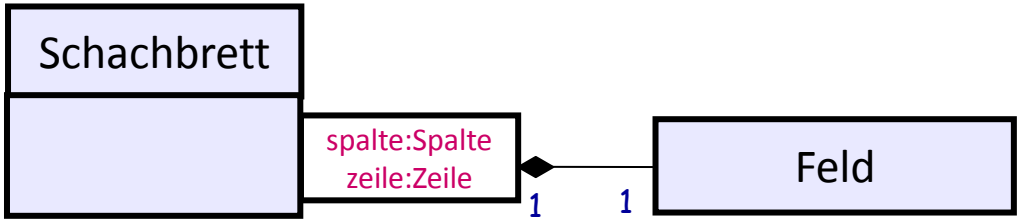
…wird eingesetzt, um die Vielfachheit einer Assoziation zu reduzieren

Qualifizierte Assoziationen (2)

(bank,account)-Tupel → 0 oder 1 person-Objekt

person -Objekt → mehrere (bank,account)-Tupel

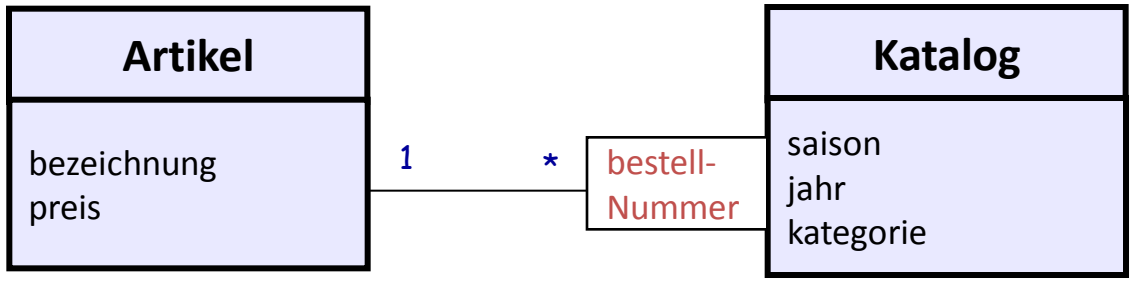




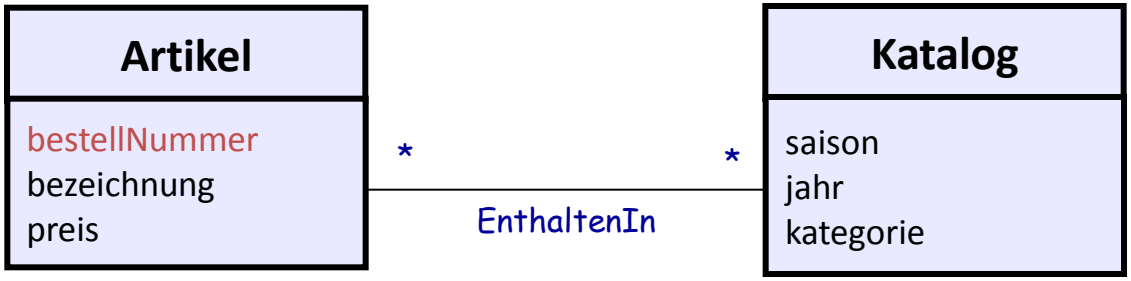
(brett,spalte,zeile)-Tupel → 1 feld-Objekt

feld-Objekt → 1 (brett,spalte,zeile)-Tupel

Qualifizierte Assoziationen (3)



- innerhalb eines Kataloges bezeichnet eine Bestellnummer genau einen Artikel, wobei ein Artikel in mehreren Katalogen auftauchen kann,
- die Bestellnummern in verschiedenen Katalogen könnten dabei auch gleich sein



semantischer Unterschied

- ein Katalog enthält verschiedene Artikel
- ein Artikel kann in verschiedenen Katalogen enthalten sein
- es ist nicht ausgeschlossen, dass verschiedene Artikel eines Kataloges die gleiche Bestellnummer haben

Liste möglicher Eigenschaften

für Assoziationsenden (auch für Attribute)

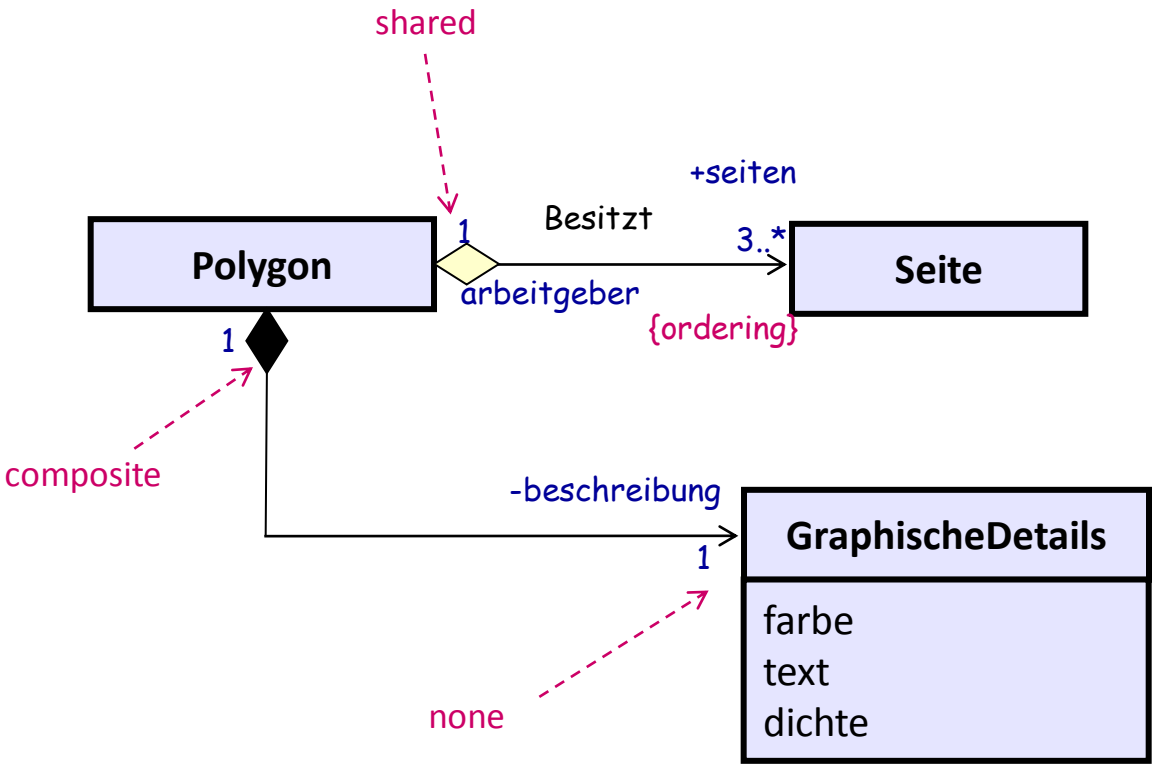
- / (abgeleitete Assoziation)
- readonly ← → unrestricted
- composite
- redefines *Attr*
- subsets *Attr*
- union
- unique ← → nonunique
- ordered ← → unordered
- seq (Vor.: Multiplizität > 1)
- bag (Vor.: Multiplizität > 1)

default

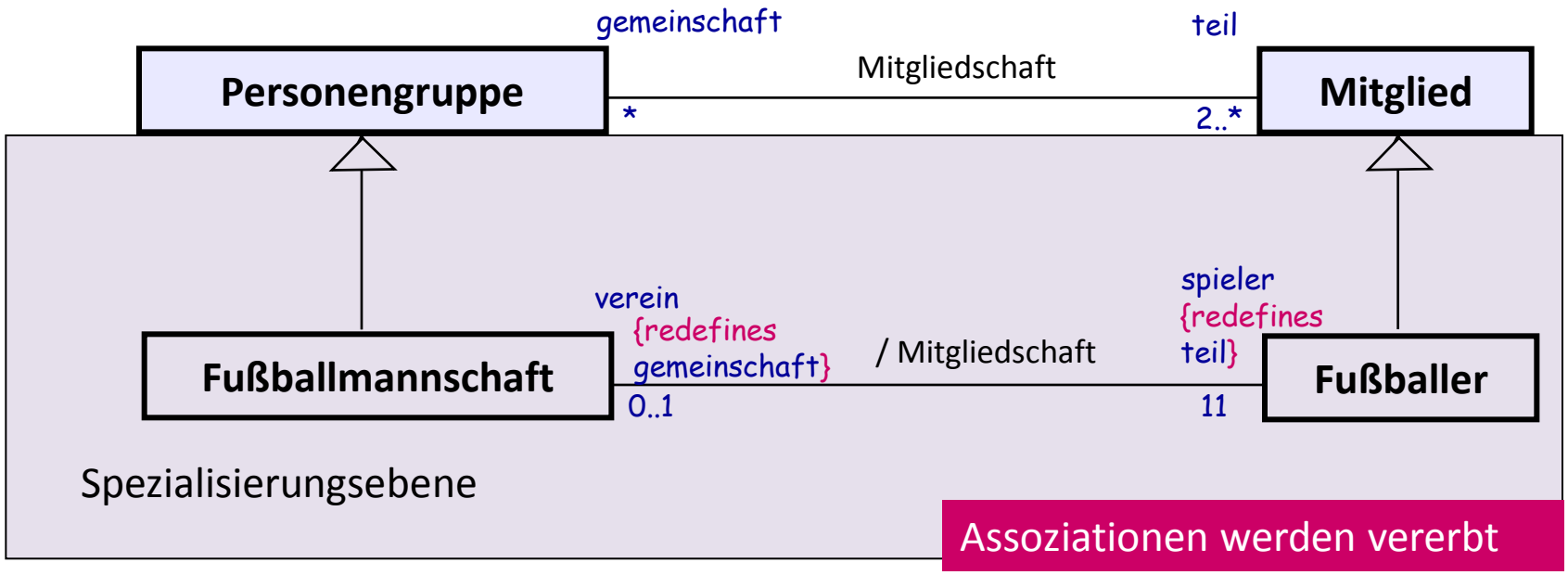
bedingt kombinierbar

Eigenschaftswert: composite

Werte für composite: none, shared, composite



Eigenschaftswert: redefines



Überschreibung von Rollennamen und Multiplizität
➔ Assoziationsenden werden **ersetzt** (nicht ergänzt)

Achtung:
redefines nur im Spezialisierungsfall anwendbar

Mitglied hat eine Eigenschaft
- gemeinschaft (Menge (evtl. leer) von Personengruppen)

Fußballer hat auch nur eine Eigenschaft
- verein (eine oder keine Fußballmannschaft)

Properties von Classifiern sind potentielle Kandidaten

Redefinition (allgemein)

- immer im Kontext von Classifier-Spezialisierungen
- Redefinition erfolgt in der Spezialisierung bei Angabe der originalen Definition und des dazugehörigen Classifiers
- Redefinition kann prinzipiell von folgendem Gehalt sein
  - Erweiterung
  - Einschränkung

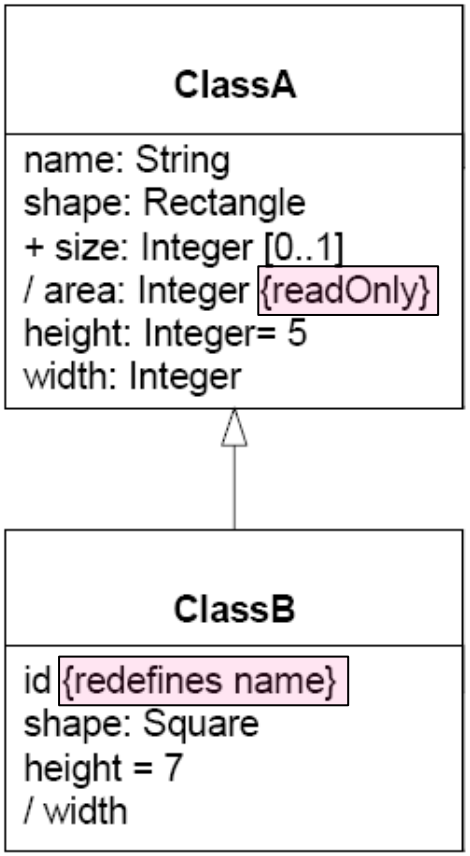
- Notation hängt von der jeweiligen Elementetyp ab
  - *Behaviour*
  - *Classifier*
  - *Operation*
  - *Property*
  - *State Machine*
  - *Template*

bislang vorgestellt

Was darf redefiniert werden?

Property-Redefinition des/der
- Namens
- Typs (als Spezialisierung wegen Polymorphie)
- Anfangswertes
- Ableitungstatuses (/)
- Sichtbarkeit
- Multiplizität
- Werte-Constraints

Eigenschaftswert: readOnly und unRestricted

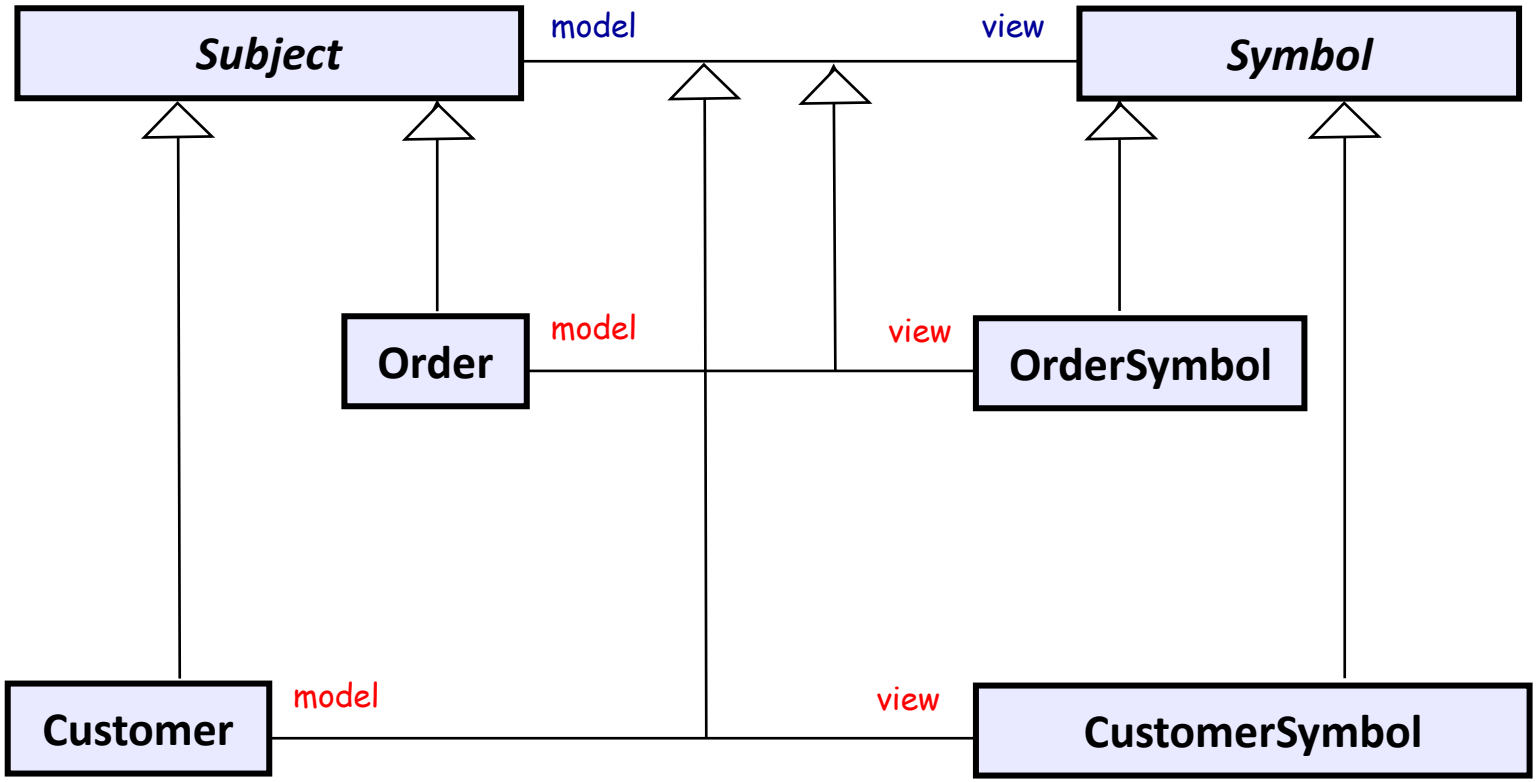


Default-Einstellung
{unRestricted}

{derived} und {readOnly} sind kombinierbar

Redefinition von Properties
(Attribute oder Assoziationsenden)

Generalisierung von Assoziationen



3. Ausgewählte UML-Konzepte

1. Klassen und Objekte als UML-Basiskonzepte
2. Assoziationen und Attribute (Forts.)
3. Operationen und Methoden
4. UML-Schlüsselworte
5. Constraints in OCL

Zusammenhang von Operationen u. Methoden

- Operationen werden eingesetzt, um das **Verhalten** von Objekten zu beschreiben
- alle Operationen einer Klasse (zusammengenommen) definieren die Möglichkeit der **Interaktion** mit Objekten dieser Klasse
- Operationen stellen die einzige Möglichkeit dar, **Zustandsänderungen** eines Objektes herbeiführen zu können
- Operationen definieren **Signaturen** (Operationsname, Übergabe-, Rückgabeparametertypnamen) von den sie implementierenden Methoden
- Operationen kennen **Ausnahmen** (*exception*), die aber nicht signaturbestimmend sind
- Methoden werden auf **Objekten** einer Klasse oder auf der **Klasse** selbst ausgeführt
- zu einer Operation kann es mehrere Methoden (d.h. Implementierungen) geben (**Polymorphie** von Operationen)

Beispiele, Syntax

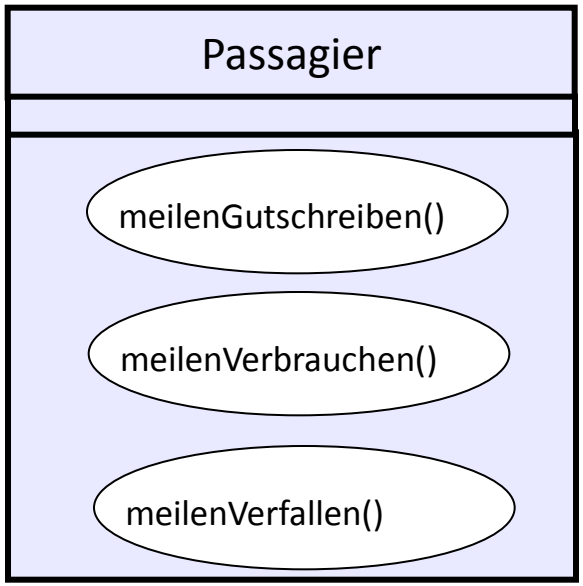
+ display(): Location
+ hide()
«constructor» +new(p: Policy)
-attachXWindow(xwin: XWindow)

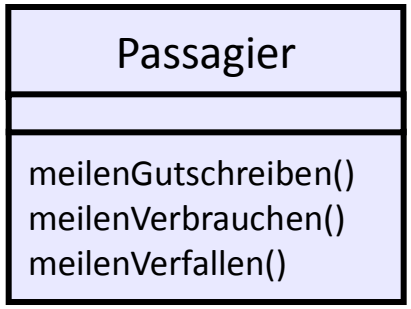
Operationssyntax:

[«stereotype»]
[visibility] name (paramList) [: returnType]
[propertyStringList]

Operationen (Syntaxformen)

- üblich: 2. separates Abteil





Operationscharakteristika

[«stereotype»]
[visibility] name (paramList) [: returnType]
[propertyStringList]

- Abstraktheit (*abstract*)
- Ausführung (*concurrency*)
- Laufzeit-Bedingungen (*constraints*)
- Finalisierung (*leaf*)
- Seiteneffekt (*query*)
- Ausnahme (*exceptions*)
- Name
- Parameterliste
- Rückgabewerte
- Stereotype/Schlüsselwort
- Static (*static*)
- Sichtbarkeit
- Method (*method*)
- Signal (*signal*)
- Redefinition (*redefined*)

Ausprägung: sequential, guarded, concurrent

Ausprägung: pre-, post-, body-condition

Liste möglicher Ausnahmen

Name + Liste der Parametertypen (Return)→ Signatur

Komma-separierte Liste von Tripeln: Richtung, Name, Typ

Komma-separierte Liste von: Klassen, Datentypen

«constructor», «destructor»

+, -, #, ~

wird gesetzt, sobald Implementierung abstrakt oder konkret vorliegt

«signal»

Operation: return type, exception

- **Rückgabetyp**
  - Liste von Classifier-Namen:
    Klassen, Datentypen, Interfaces (Rückgabe eines Objektes einer Klasse, die das Interface implementiert)
  - es gibt Sprachen mit Operationen, wo mehrere Rückgabewerte erlaubt sind

- **Ausnahmen**
  - als propertyString
  - Ausnahmen sind Typen, Werte dieser Typen werden im Ausnahmefall an den Rufer zurückgegeben

boardPassenger (who passenger) **exception** AlreadyBoarded

propertyString

Operation: parameter list

- **Syntax**
  - [direction] name : type [= default-value]
  - direction-Möglichkeiten: in, out, inout

Achtung:
out- und inout-Parameter sind äquivalent zu
- einem return-Parameter und
- einem in-Parameter

Operation: Signatur

… wird gebildet aus

- Name der Operation (Schreibweise-Konvention: Verb, klein)
- Parametertypnamen (keine Parameternamen)
- Rückgabetyp (~ impl.abhängig)

d.h. ohne Ausnahmen

C++, Java, Python: ohne
SDL: mit

Achtung:
kein klarer Hinweis darauf, ob dies über einen semantischen Variationspunkt geregelt werden kann/muss,
Vermutung: das ist ein Variationspunkt

- zwei Operationen mit **gleicher Signatur** sind über Spezialisierungsgrenzen hinweg nur erlaubt,

  wenn die Spezialisierung dabei die Operation als *redefined* kennzeichnet

Operation: Exception und Signal

- Exception-Typen wird durch nutzereigene passive Klassen dargestellt.
- Vordefinierte Exception gibt es nicht in UML
- Das Werfen einer Exception entspricht dann der Lieferung einer Referenz zu einem entsprechendem Objekt

- Signale (-Typen) sind spezielle Classifier
- Ereignisse (Signalsenden- Signalempfang) sind mit Instanzen der Signale verbunden

Operation: abstract und leaf

- Kennzeichnung abstrakter Operationen:
  - Kursive Namensschreibweise
  - abstract (propertyString)

- jeder nicht-abstrakten Operation muss mindestens) eine Methode zugeordnet sein (Implementation)

- Kennzeichnung nicht redefinierbarer Operationen:
  - leaf (propertyString)

- kann (im weiteren Spezialisierungskontext) **nicht** redefiniert werden

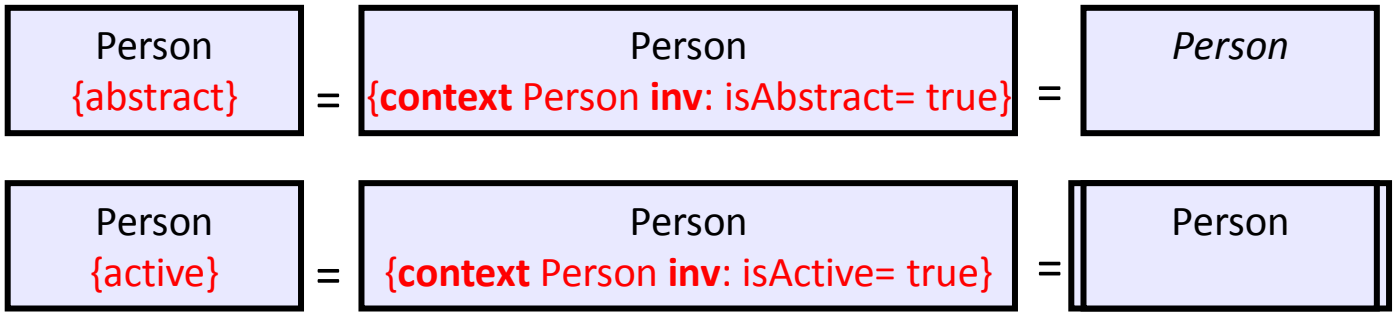
Operation: concurrency

Werte:

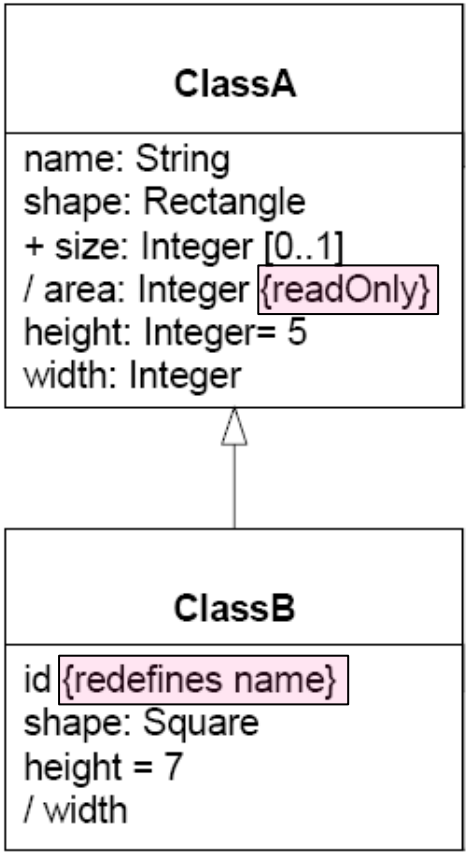
- *sequential*
  gleichzeitiger mehrfacher Aufruf wird **nicht** unterstützt, Integrität wäre verletzt
- *guarded*
  Blockierung mit Zwangssequentialisierung der Aufrufe
- *concurrent*
  gleichzeitige mehrfache Ausführung wird unterstützt (Speicherkonflikte werden irgendwie gelöst)

Default-Einstellung: *sequential*

Aktive und abstrakte Klassen



Eigenschaftswert: readOnly und unRestricted



Default-Einstellung
{unRestricted}

{derived} und {readOnly} sind kombinierbar

Redefinition von Properties
(Attribute oder Assoziationsenden)

3. Ausgewählte UML-Konzepte

1. Klassen und Objekte als UML-Basiskonzepte
2. Assoziationen und Attribute (Forts.)
3. Operationen und Methoden
4. UML-Schlüsselworte
5. Constraints in OCL

Anwendungsklassen von Schlüsselworten

(aus Anhang B der Superstructure…)

- graphische Unterscheidung von Symbolen für verschiedene **UML-Konzepte**, z.B.: «interface», «signal», …
- graphische Unterscheidung von verschiedenen **Abhängigkeitsbeziehungen**, z.B.: «create»,
- Spezifikation von sogenannten **Modifier** (Metaklassenattribute), z.B.: «active»,
- Anzeige von Standard-**Sterteotype** und Stereotype nutzer-definierter UML-Profile, z.B.: «modelLibrary» für ein Package: zeigt ein Paket an, dessen Elemente von vielen Modellen geteilt werden

1. Nicht alle Worte mit «…» markierten Worte sind Schlüsselworte (z.B. Zeichenketten)
2. Nicht alle Worte mit «…» markierten Worte identifizieren Stereo-Typen
3. Falls mehrere Schlüsselworte bzw. Stereotype ein Modellelement charakterisieren: «label1, label2, …»

Liste von Schlüsselworten (1)

Schlüsselwort	Konzept	S T
«abstraction»	Abstraction	
«access»	Package Import	
«activity»	Activity	
«actor»	Actor	
«after»	TimeEvent	
«all»	Any-Receive-Event	
«apply»	Profile-Application	
«artifact»	Artifact	
«artifacts»	Component	
«at»	TimeEvent	
«attribute»	ActivityPartition ::represents	
«auxiliary»	Classifier	
«buildComponent»	Component	
«call»	Usage	
«centralBuffer»	CentralBufferNode	
«class»	ActivityPartition	
«component»	Component	

Schlüsselwort	Konzept	S T
«create»	Usage	
«create»	Behavioural Feature	
«create»	Dependency	
«datastore»	DataStoreNode	
«datatype»	DataType	
«delegate»	Konnector	
«deploy»	Konnector	
«deployment spec»	Deployment Specification	
«derive»	Abstraction	
«destroy»	Bevioral Feature	
«device»	Device	
«document»	Artifact	
«element access»	Element Import	
«element import»	Element Import	
«entity»	Component	

Schlüsselwort zur Identifikation von Sterotype

= constructor

bereits eingeführt

= destructor

Liste von Schlüsselworten (2)

Schlüsselwort	Konzept	S T
«enumeration»	Enumeration	
«executable»	Artefact	
«execution environment»	Execution Environment	
«extend»	Extend	
«extended»	Region	
«extended»	State Machine	
«external»	ActivityPartition	
«file»	Artifact	
«focus»	Class	
«framework»	Package	
«from»	Trigger	
«implement»	Component	
«implementation Class»	Class	
«import»	Packageimport	
«include»	Include	
«information»	InformationItem	
«instantiate»	Dependency	

Schlüsselwort	Konzept	S T
«instantiate»	Usage	
«interface»	Interface	
«library»	Artefact	
«local Postcondition»	Constraint	
«local Precondition»	Constraint	
«manifest»	Manifestation	
«merge»	PackageMerge	
«metaclass»	Classifier	
«metamodel»	Model	
«model»	Model	
«modelLibrary»	Package	
«multicast»	ObjectFlow	
«multireceive»	ObjectFlow	
«occurence»	Collaboration	
«postcondition»	Constraint	

Liste von Schlüsselworten (3)

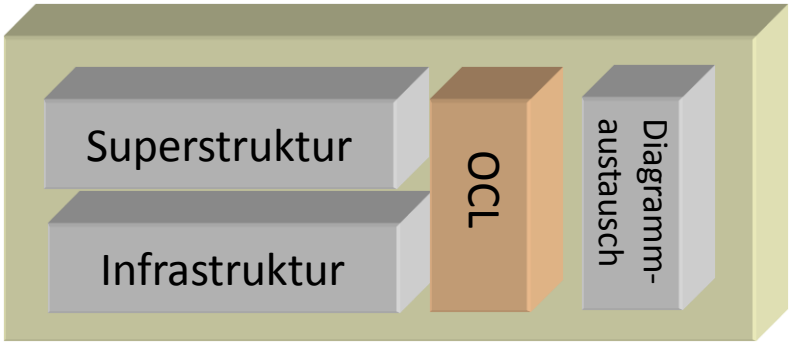
Schlüsselwort	Konzept	S T
«precondition»	Constraint	
«primitive»	Primitive Type	
«process»	Component	
«profile»	Profile	
«provided interfaces»	Component	
«realization»	Classifier	
«realizations»	Component	
«refine»	Abstraction	
«representation»	Classifier	
«represents»	Collaboration	
«required interfaces»	Component	
«responsibility»	Usage	
«script»	Artefact	
«selection»	Behaviour	
«selection»	Behaviour	
«send»	Usage	

Schlüsselwort	Konzept	S T
«service»	Component	
«signal»	Signal	
«singleExecution»	Activity	
«source»	Artefact	
«specification»	Classifier	
«statemachine»	BehaviouredClassifier::owned-Behaviour	
«stereotype»	Stereotype	
«structured»	Structured ActivityNode	
«substitute»	Substitution	
«subsystem»	Component	
«systemModel»	Model	
«trace»	Abstraction	
«transformation»	Behaviour	
«type»	Class	
«use»	Usage	
«utility»	Class	
«when»	ChangeEvent	

3. Ausgewählte UML-Konzepte

1. Klassen und Objekte als UML-Basiskonzepte
2. Assoziationen und Attribute (Forts.)
3. Operationen und Methoden
4. UML-Schlüsselworte
5. Constraints in OCL
   - Allgemeine Charakterisierung
   - OCL-Typen und Standardoperationen (Überblick)
   - Beipiel-Constraints

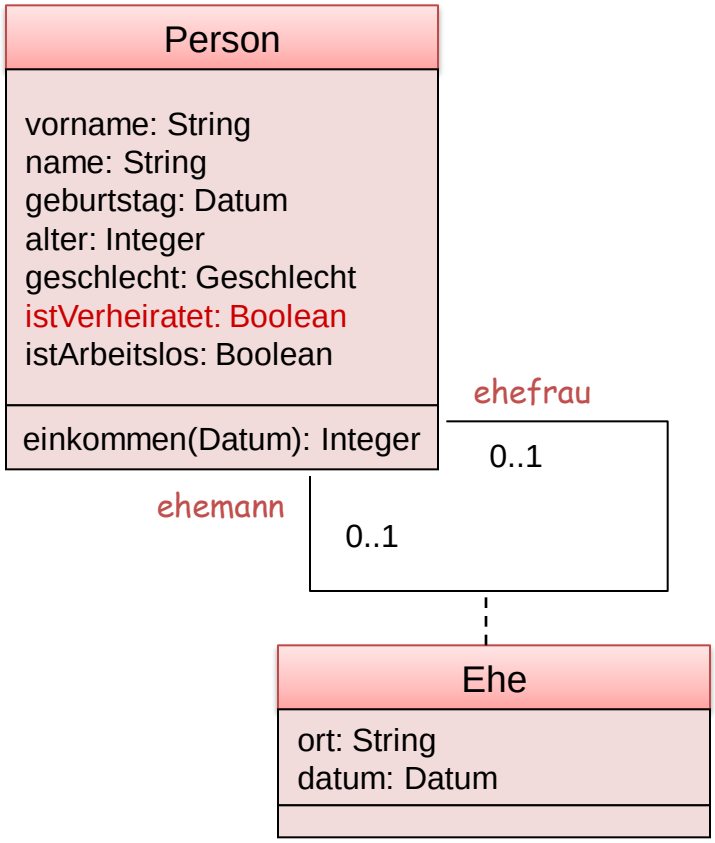
Einordnung von OCL



- OCL ist eine textuelle Sprache
- Empfehlung der OMG zur Formulierung von
  1. Randbedingungen/Einschränkungen
  2. Anfragen
  3. Aktionen
  4. Navigationen

  } in Form von Annotationen
- OCL basiert auf
  - Prädikatenlogik (1.Stufe) und
  - Mengentheorie in einer (weitgehend) intuitiven Syntax
- prinzipiell ist aber jede andere Sprache als Alternative in UML zulässig (inkl. natürliche Sprachen)

Beispiel: Präzisierung durch Invarianten



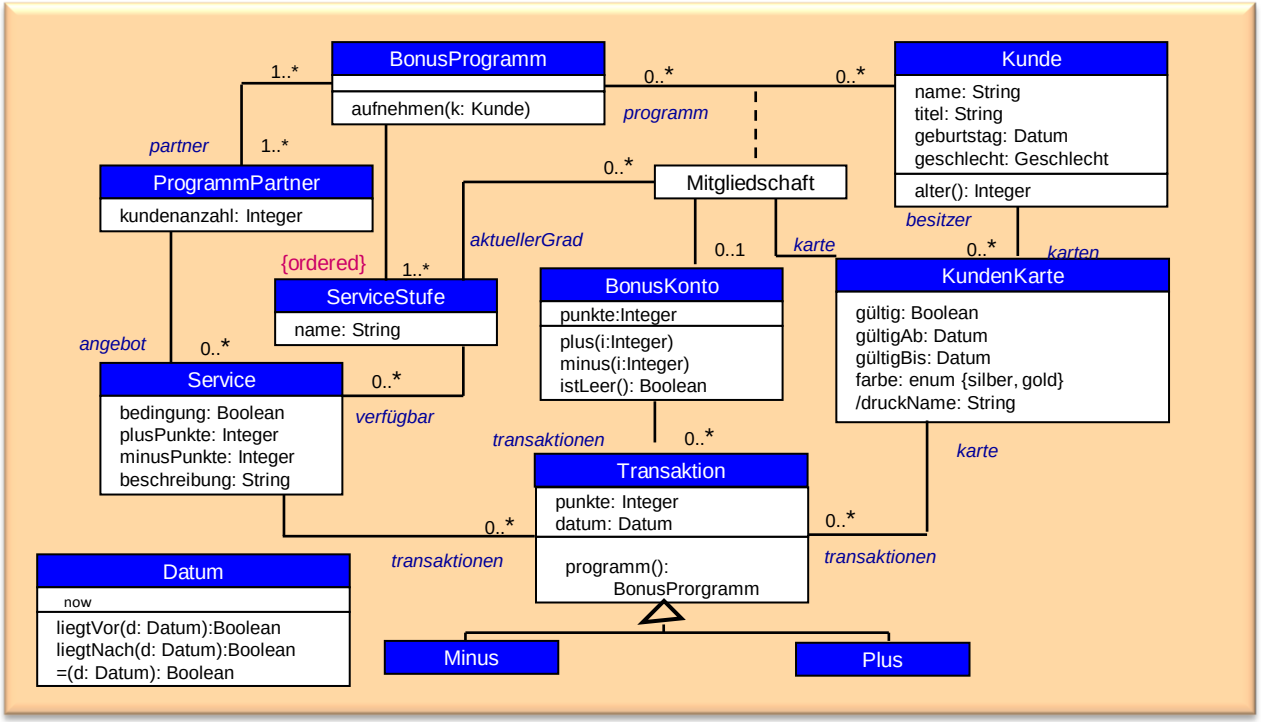
context Person

inv: self. istVerheiratet **implies**
self.eheFrau->notEmpty()
xor
self.eheMann->notEmpty()

inv: self. eheFrau->notEmpty() **implies**
self.eheMann->isEmpty()

inv: self. eheMann->notEmpty() **implies**
self.eheFrau->isEmpty()

Festlegung von Anfangswerten



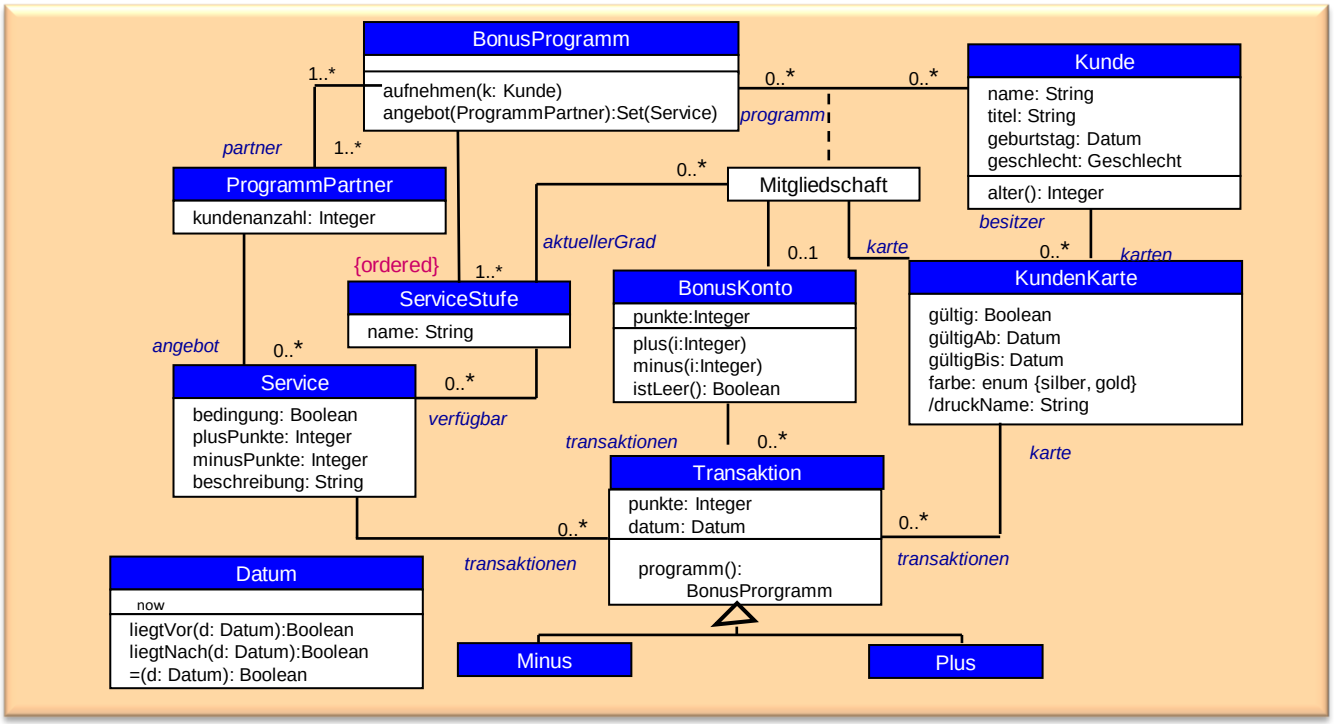
context BonusKonto::punkte
init: 0

context Kundenkarte::gültig
init: true

context Kundenkarte
inv: druckName = besitzer.titel.concat (besitzer.name)

abgeleitetes Attribut

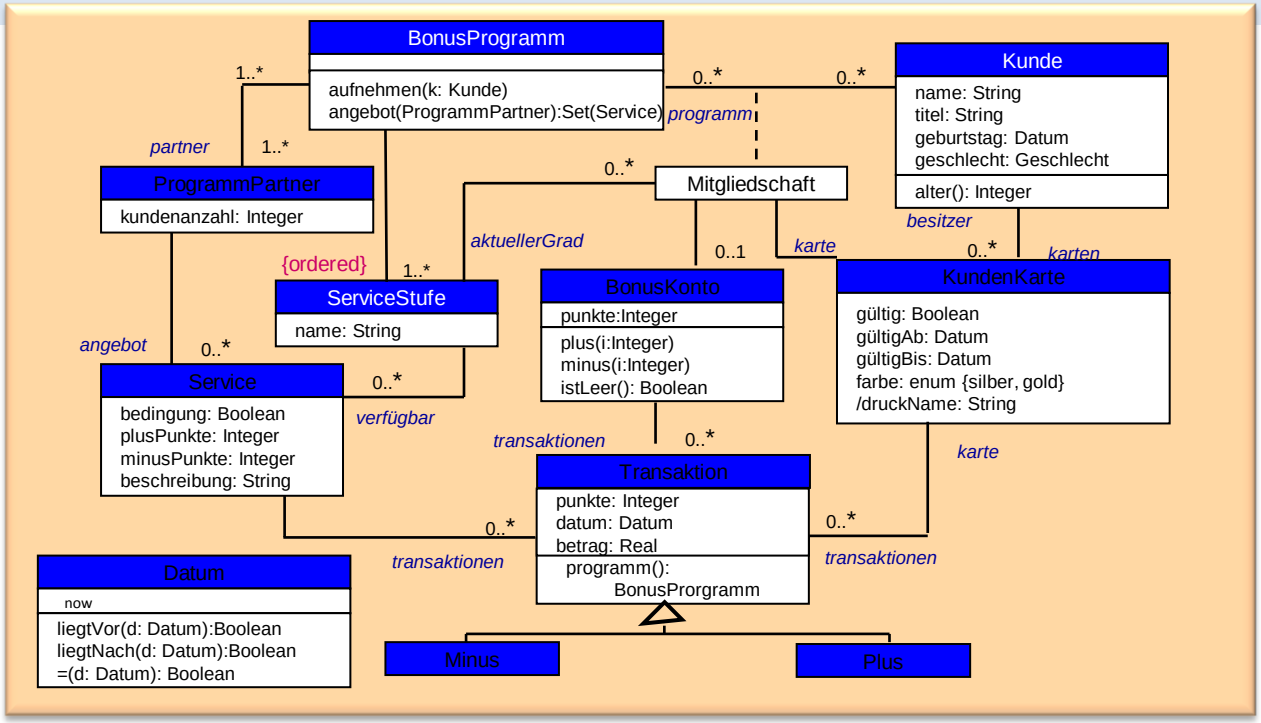
Anfrageoperationen



context Bonusprogramm::angebot(pp: ProgrammPartner): Set(Service)
body: **if** partner->includes(pp) **then** pp.angebot **else** Set{}

Bedingung für Rückgabewert

Assoziationsklassen



context BonusProgramm
inv bekannteServiceStufe**:** serviceStufe->includesAll(Mitgliedschaft.aktuellerGrad)

context Mitgliedschaft::gesamtAngebot(): Set(Service)
inv kartenKorrektheit**:** kunde.karten->includes(self.karte)

Ausdrucksberechnung

- Operanden
  - Werte von Container- und Standard-Typen
  - Objekte eines Typs
- Ausführungsreihenfolge
  - von links nach rechts
- Ergebnis
  - nach ausgeführter Berechnung ist ein Wert oder Objekt eines Typs
- Bestimmung von Nachfolgern des resultierenden Objektes mittels
  - Attribut oder Member-Funktion oder
  - Navigation über bestehende Assoziationen

OCL- Schlüsselworte

body
if
then
else
endif
not
let
or
and
xor

implies
endpackage
package
context
def
inv
pre
post
in

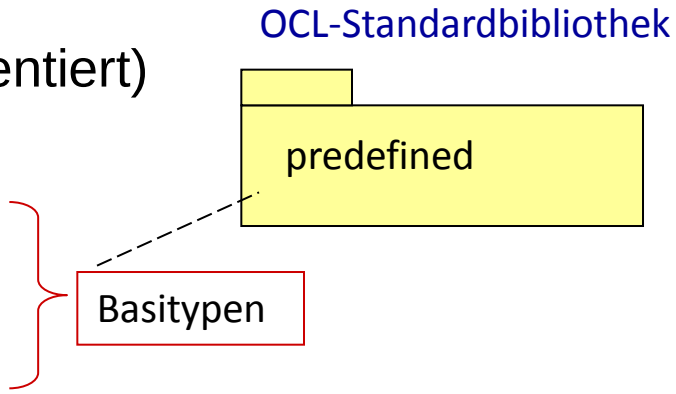
reservierte Bezeichner
(self, result)

3. Ausgewählte UML-Konzepte

1. Klassen und Objekte als UML-Basiskonzepte
2. Assoziationen und Attribute (Forts.)
3. Operationen und Methoden
4. UML-Schlüsselworte
5. Constraints in OCL
   - Allgemeine Charakterisierung
   - OCL-Typen und Standardoperationen (Überblick)
   - Beipiel-Constraints

OCL als getypte Spezifikationssprache

- OCL ist getypt (aber nicht objektorientiert)
  - Standardtypen:
    - primitive Typen
    - strukturierte Typen (Tupel)
    - Containertypen (Kollektionen)



  - jeder UML-Nutzer-Typ (Datentyp, Klasse, …) spiegelt sich als OCL-Typ wider

Problem:
Konformität sich entsprechender Standarddatentypen von UML und OCL
Lösung: *Infrastructure* definiert gemeinsame Ausgangsbasis

  - die Typen bilden in OCL eine Hierarchie

abstrakter Supertyp *OclAny,* konform mit
- allen UML- und
- OCL-Typen

Hierarchie
nach Konformitätsregeln
(nicht über Vererbung)

Typen in OCL

- Elemente von OCL- Ausdrücken
  - Objekte und Objekt-Properties (Attribute, Operationen)

- Objekte sind von einem bestimmten Typ
  - Typ bestimmt die zulässigen Operationen

- vordefinierte Typen
  - OclAny (weitere: OclVoid, OclInvalid, OclMessage, OclType)
  - Integer, Real, Boolean
  - String
  - Aufzählungstypen
  - Verbünde/Strukturen (Tupel)
  - Kollektortypen (*Collection* als abstrakter Typ mit konkreten Untertypen)

- Typen des zugrunde liegenden Modells
  - alle im UML-Modell definierten Typen
    (Klassen, Interface, Datentypen, …) sind auch automatisch Typen in OCL

Kollektortypen in OCL

- Set
  - Menge von Elementen
  - keine Duplikate
- OrderedSet
  - geordnete Menge von Elementen
  - keine Duplikate
- Bag
  - Menge von Elementen
  - kann Duplikate enthalten
- Sequence
  - eine Menge von Elementen
  - kann Duplikate enthalten
  - ist geordnet, aber nicht sortiert

Typkonformität in OCL

- T1 ist konform zu T2, falls sie identisch sind
- T1 ist konform zu T2, falls T1 Untertyp von T2
- Jeder Typ ist Untertyp von OclAny
- Typkonformität ist transitiv (analog zu Vererbung)
- Integer ist Untertyp von Real
- Jede Collection(T) ist Untertyp von OCL-Any
- Set(T), Sequence(T), Bag(T) sind Untertypen von Collection(T)
- Collection(T1) ist Untertyp von Collection(T2), falls T1 konform zu T2
  - Set(T) ist nicht konform zu OrderedSet(T), Bag(T), Sequence(T)
  - OrderedSet(T) ist nicht konform zu Set(T), Bag(T), Sequence(T)
  - Bag(T) ist nicht konform zu Set(T), OrderedSet(T), Sequence(T)
  - Sequence(T) ist nicht konform zu Set(T), OrderedSet(T), Bag(T)

OCL-Ausdruck im Metamodell von OCL

- OCL-Ausdrücke sind getypt

OCL ist eine getypte Sprache

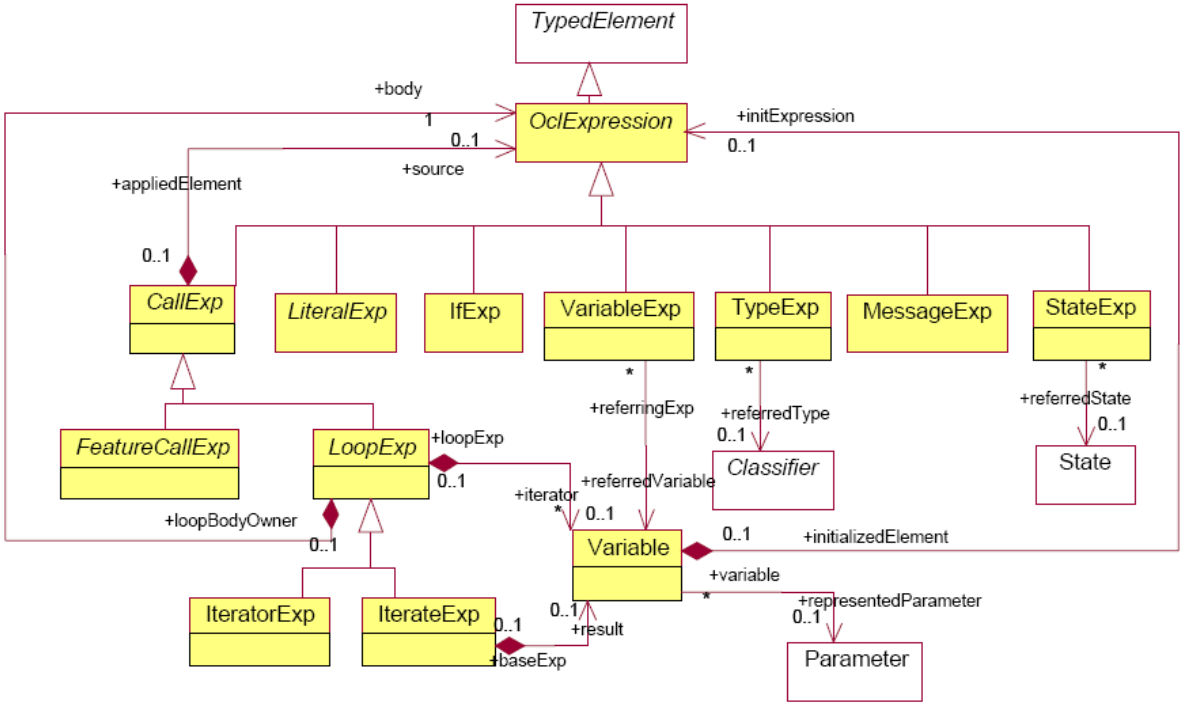
- wichtige Eigenschaft der Typkonformität

→ Ersetzbarkeit von Modellelementen

– object.*oclAsType(Typ)* */* Typcast */*

– classifierObject-*>conformsTo(classifier): Boolean*
/ sichert den Zugang für UML-Elemente */*

Zusammenhang zu UML:
jeder UML-Classifier entspricht einem OCL-Typ



Präzedenzregeln für OCL-Operatoren

- **@pre** -- Wert eines Attributs zum Zeitpunkt der Precondition
  -- (benutzt in Postcondition-Ausdrücken)
- .
  ->
- **not**
  -
  (unär)
- *
  /
- +
  -
  (binär)
- **if**, **then else**, **endif**
- <, <=
  >, >=
  =, <>
- **and**, **or**, **xor**
- **implies**

abnehmende Priorität

Klammern verändern
wie üblich die Rangfolge

Operationen über OclAny

- type.allInstances() → Set(type)

- object = (object2: OclAny) → Boolean
- object <> (object2: OclAny) → Boolean

- object.oclIsNew() → Boolean
- object.oclIsUndefined () → Boolean
- object.oclIsKindOf (OclType)→Boolean /* transitive Hülle*/
- object.oclIsTypeOf (OclType)→Boolean
- object.oclIsInState (OclState)→Boolean

- object.oclAsType (type OclType)→type
- object.oclIsInState (str:StateName)→Boolean

Operationen von Basistypen

- Integer und Real

  Operationen definiert wie in gängigen Programmiersprachen

  Infix-Operationen (von OclAny)

```
=           -- gleich
<>          -- ungleich
A.mod(B)
A.div(B)    -- Integer-Division
A.max(B)
A.min(B)
A.round
A.floor
A.abs

<Real> <OP> <Integer> oder umgekehrt
            liefert immer Real als Ergebnis

A / B       -- Real-Division
```

Operationen von Basistypen (2)

Boolean

A = B

A <> B

A or B

A and B

A xor B

not A

if A then B else C

String

A = B

A <> B

A.concat(B)

A.size

A.toLower

A.toUpper

A.substring(int, int)

Allgemeine Kollektionsoperationen

(nicht vollständig)

Standard-Operationen

A->size	→ Integer (-- Kardinalität)
A->count(Object)	→ Integer (-- Vorkommen eines Objektes)
A->includes(Object)	→ Boolean (-- true, falls Objekt ein Element)
A->includesAll(Collection)	→ Boolean (-- true, falls alle Objekte …)
A->isEmpty	→ Boolean
A->notEmpty	→ Boolean
A->sum()	→ Integer/Real
A->union(B)	→ Collection
A->intersection(B)	→ Collection

Collection-Operationen (vollständig)

size(): Integer

includes (object: T): Boolean

excludes (object: T): Boolean

count (object: T): Integer

flatten(): Set(T2)

includesAll(c: collection(T)): Boolean

excludesAll(c: collection(T)):Boolean

isEmpty(): Boolean

notEmpty(): Boolean

sum(): T

product(c2: Collection(T2)):
Set (Tuple (first: T, second: T2))

forAll (expr oclExpr): Boolean

exists (expr oclExpr): Boolean

isUnique (): Boolean

any (expr BooleanExpr): T

one(expr BooleanExpr): Boolean

collect …

iterate …

Präzisierung im aktuellen OCL-Standard

any: liefert nichtdeterministisch ein Element der Kollektion, für das die Eigenschaft gilt

one: true, falls es genau ein Element in der Kollektion gibt, für das die Eigenschaft gilt

Mengen- und Sequenz-Operationen

- Set
  - Set {1,2,3,4} – Set {2,4} /* liefert Set {1,3} */
  - Set {1,2,3,4}->symmetricDifference(Set {2,4,5}) /* liefert Set {1,3,5} */
- OrderedSet
  - A->asSet /* liefert Set */
- Sequence
  - A->first
  - A->last
  - A->at(int)
  - A->append(Object)
  - A->prepend(Object)

Weitere Kollektionsoperationen (Auszug)

Tupel-Anwendung

```
A->product (B: Collection(T2)) → Set (TupleType (first: T, second: T2))
```

für geordnete Kollektionen

Sequenz und OrderedSet sind zwar geordnet, aber nicht a priori sortiert!!!

```
A->sortedBy(<Property vom Typ von A>) → Sequenz bzw. OrderedSet

-- nach kleiner-als-Elementevergleich
-- Voraussetzung: für Property ist < -Operator definiert
```

Tupel

- Werte können als Tupel-Strukturen komponiert werden

  Beispiele

  Tuple { name: String= 'John', age: Integer= 10 }

  Tuple { name = 'John', age = 10 }

  Tuple {age = 10, name = 'John' }

  Tuple { a: Collection(Integer)= Set{1,2,3},
  b: String= 'foo',
  c: String= 'bar' }

Wertnotationen

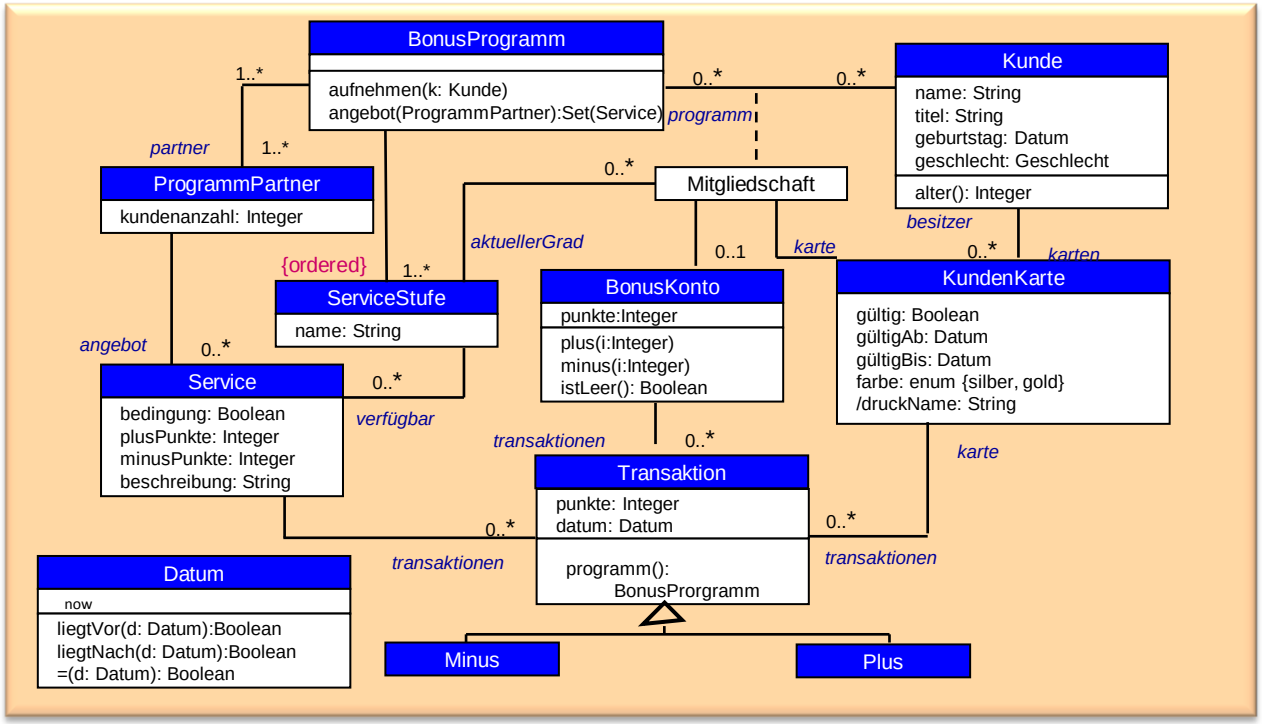
- Definition von Tupel-Typen

  TupleType (name: String, age: Integer)

  Tuple (a: Collection(Integer), b: String, c: String)

Sortierung

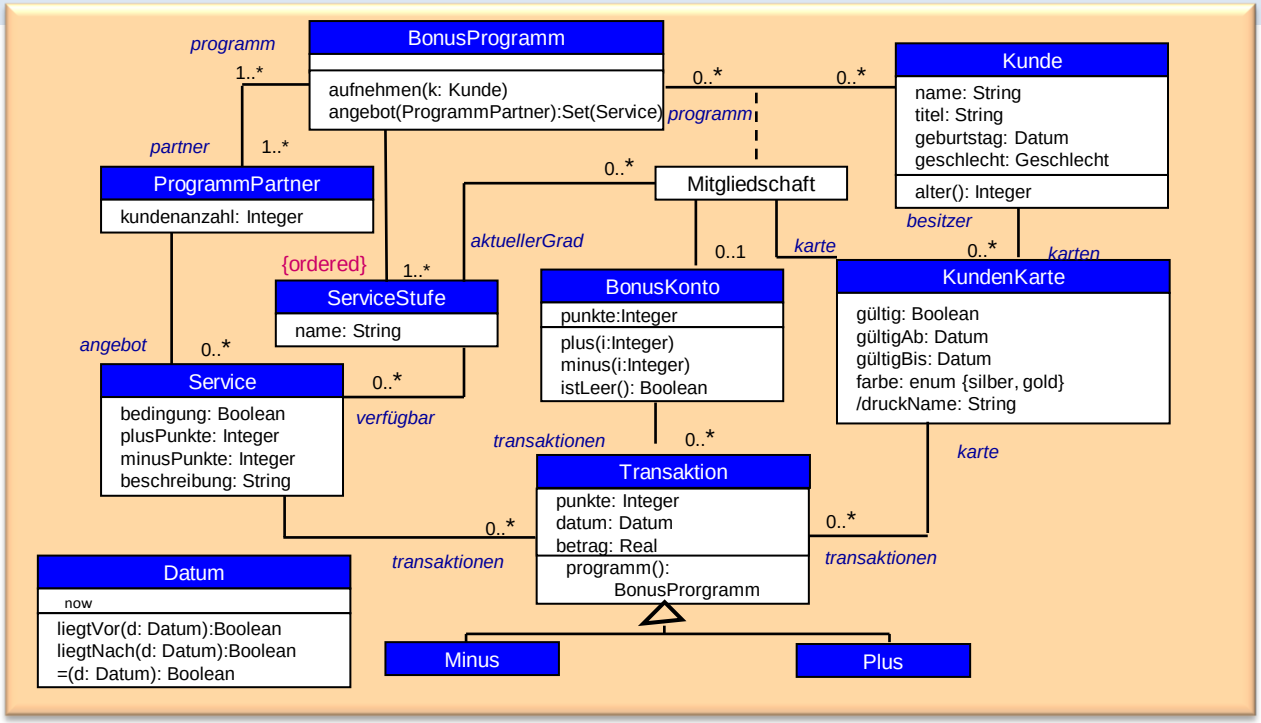
Sequence und OrderedSet sind zwar geordnet, aber nicht sortiert!



context Bonusprogramm

def: sortedAccounts : Sequence(BonusKonto)=
self.Mitgliedschaft.bonusKonto->sortedBy (punkte)

Definition lokaler Variablen und Operationen



context BonusKonto
def: x: Real= transaktionen->collect(betrag)->sum()

Bedingung für Rückgabewert

Menge von Real-Werten

sum iteriert über Ausgangsmenge

context Bonusprogramm::gesamtAngebot(): Set(Service)
body: partner->collect(angebot)->asSet()

Multimenge von Service-Objekten