

# 12. Basistechniken und Sprachfamilien in Werkzeugen (Struktur von M2)

1

- 1) Überblick
- 2) Datendefinitionssprachen (DDL)
  - 1) ERD, XSD
- 3) Datenanfragesprachen (DQL)
  - 1) Xquery
  - 2) Xcerpt
- 4) Datenkonsistenzsprachen (DCL)
- 5) Datentransformation (DTL)
  - 1) Datenflussdiagramme
- 6) Datenmanipulationssprachen (DML) und Verhaltensspezifikationssprachen (BSL)
  - 1) Pseudocode
- 7) Erweiterbare Werkzeuge durch DFD-Mashups
- 8) Benutzungshierarchie der Sprachfamilien

Prof. Dr. U. Aßmann

Technische Universität Dresden

Institut für Software- und  
Multimediatechnik

<http://st.inf.tu-dresden.de>

Version 12-1.1, 31.10.12



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

## Obligatorische Literatur

2

- ▶ [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_UML\\_tools](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_UML_tools)
- ▶ [http://en.wikipedia.org/wiki/Entity-relationship\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Entity-relationship_model)
- ▶ <http://www.utexas.edu/its/archive/windows/database/datamodeling/index.html>
- ▶ Sebastian Schaffert, François Bry. Querying the Web Reconsidered: A Practical Introduction to Xcerpt (2004). In Proc. Extreme Markup Languages.  
<http://www.pms.informatik.uni-muenchen.de/publikationen/PMS-FB/PMS-FB-2004-7.pdf>  
<http://www.reverse.net/publications/download/REVERSE-RP-2006-069.pdf>



## Andere Literatur

3

- ▶ Informatik Forum <http://www.infforum.de/>
- ▶ De Marco, T.: Structured Analysis and System Specification; Yourdon Inc. 1978/1979. Siehe auch Vorlesung ST-2
- ▶ McMenamin, S., Palmer, J.: Strukturierte Systemanalyse; Hanser Verlag 1988



4

- ▶ ARIS tool (IDS Scheer, now Software AG)
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Architecture\\_of\\_Integrated\\_Information\\_Systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Architecture_of_Integrated_Information_Systems)
- ▶ MID Innovator (insbesondere für Informationssysteme)
  - <http://www.modellerfolg.de/>



## Ziel

5

- ▶ Lerne die verschiedenen Sprachfamilien kennen, und damit die Struktur von M2 der Metahierarchie
- ▶ .. und wie sie zur Beschreibung von Basistechniken in Werkzeugen und Werkzeugaktivitäten eingesetzt werden können
- ▶ .. und wie sie zur Komposition von Werkzeugen eingesetzt werden können

Prof. U. Alsmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.1 Überblick



6



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Alsmann

## Bau von Software-Werkzeugen ist teuer

7

Werkzeug	Personenjahre	Kosten in kEuro
Übersetzer	1-2	100
Optimierer	1-3	150
Back-End	0.5-1	100
Compiler component framework	20	1000
UML-Werkzeug	5	250
Refactorer	2-4	200
Test-Framework	1	50
Werkzeug zum Anforderungsmanagement	2-4	200
Test-Framework	1	50

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Idee

8

Wie kann ich Werkzeuge wiederverwenden, damit neue Werkzeuge einfach zusammengesetzt werden können?

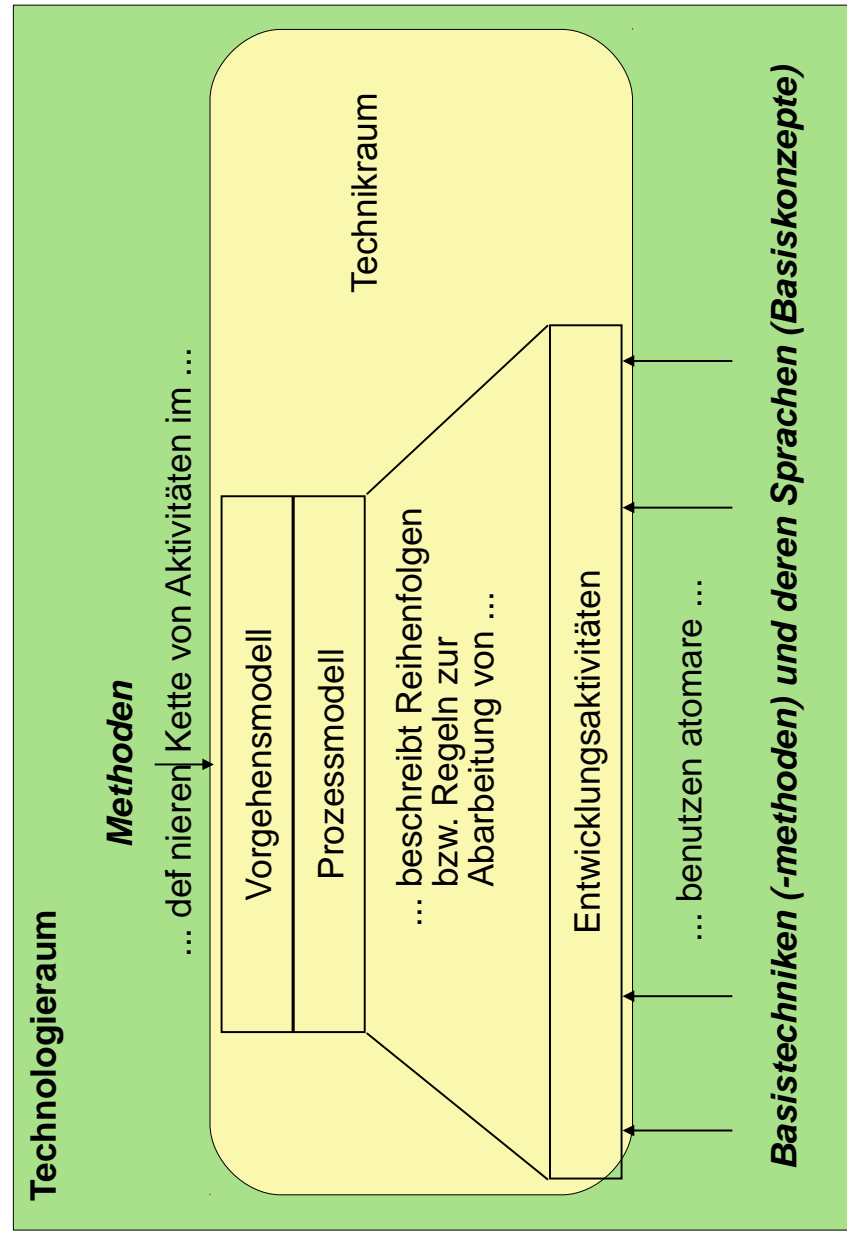
Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



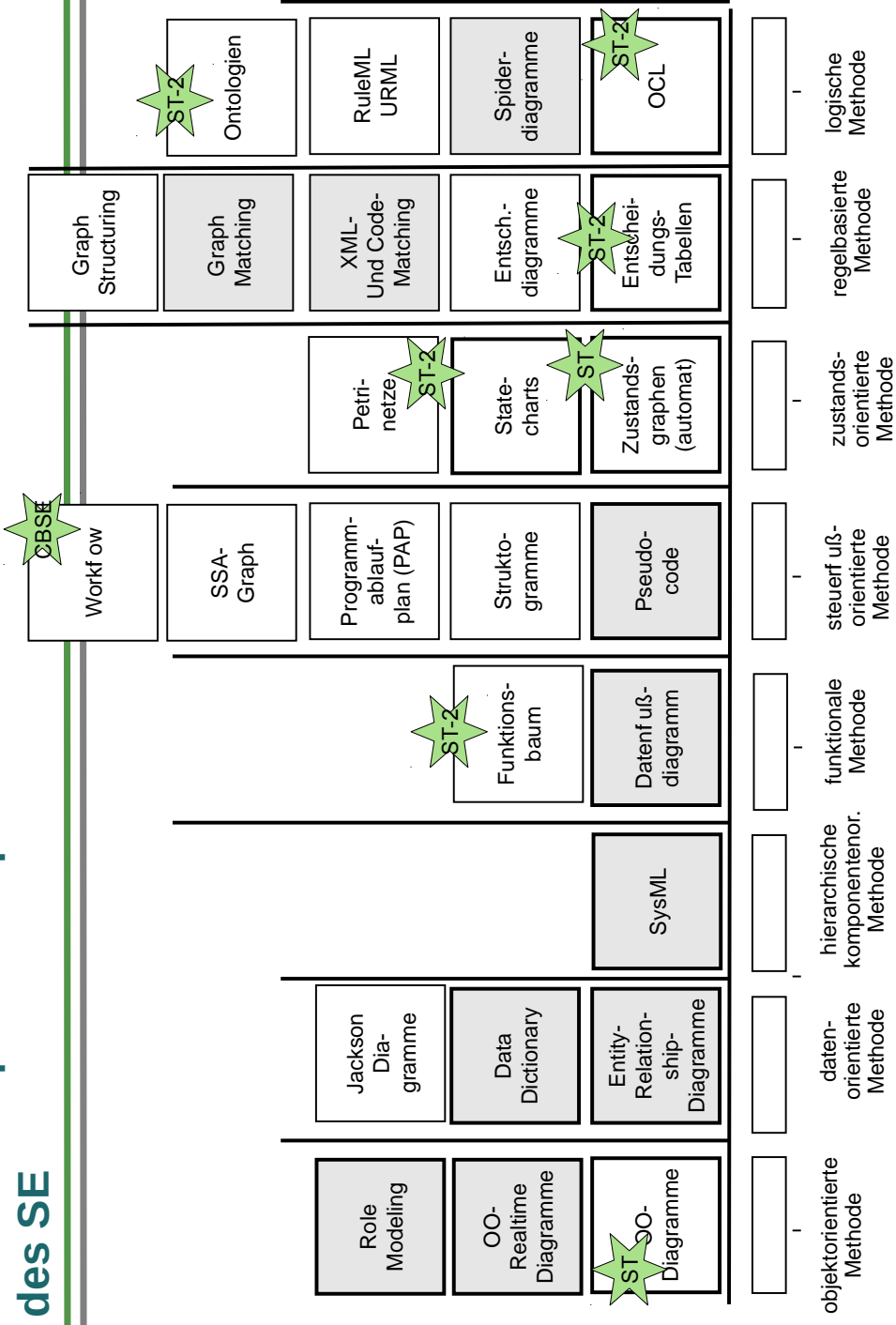
- ▶ **Prinzipien:** Prinzipien sind Grundsätze, die man seinem Handeln zugrunde legt. Solche Grundsätze sind i.a. nicht nur für ein bestimmtes Teilgebiet, sondern für das gesamte Fachgebiet oder einen Technologieraum
- ▶ **Methode:** Methoden sind planmäßig angewandte, begründete Handlungsanweisungen bzw. Regeln zur Erreichung von festgelegten Zielen, im Rahmen festgelegter Prinzipien.
- ▶ **Vorgehensweise (Vorgehensmodell):** Vorgehensweisen enthalten den Weg zu etwas hin, d.h. sie machen Methoden anwendbar.
- ▶ **Prozess:** Eine automatisiert ausführbare, geführte Vorgehensweise
- ▶ **Aktivitäten:** Eine Aktivität ist die konkrete Durchführung von definierten Aktionen innerhalb eines Software-Entwicklungsprozesses.
- ▶ **Basistechniken:** unterstützen Aktivitäten im Entwicklungsprozess, die gekapselt in unterschiedlichen Methoden angewandt werden.
- ▶ Basistechniken besitzen eine **(Basis-)Sprache** mit Notation (Syntax) und Semantik
- ▶ Basissprachen bilden konkrete Formen von **Basiskonzepten**, d.h. abstrakten Sprachen

**Quellen:** [3, S. 36], [31, S. 81], [24, S. 41], Arbeitskreis GI-Fachgruppe 5.11 „Begriffe und Konzepte der Vorgehensmodellierung“; <http://www.tfh-berlin.de/~giak/arbeitskreise/softwaretechnik/themenbereiche/grundbgr.html>

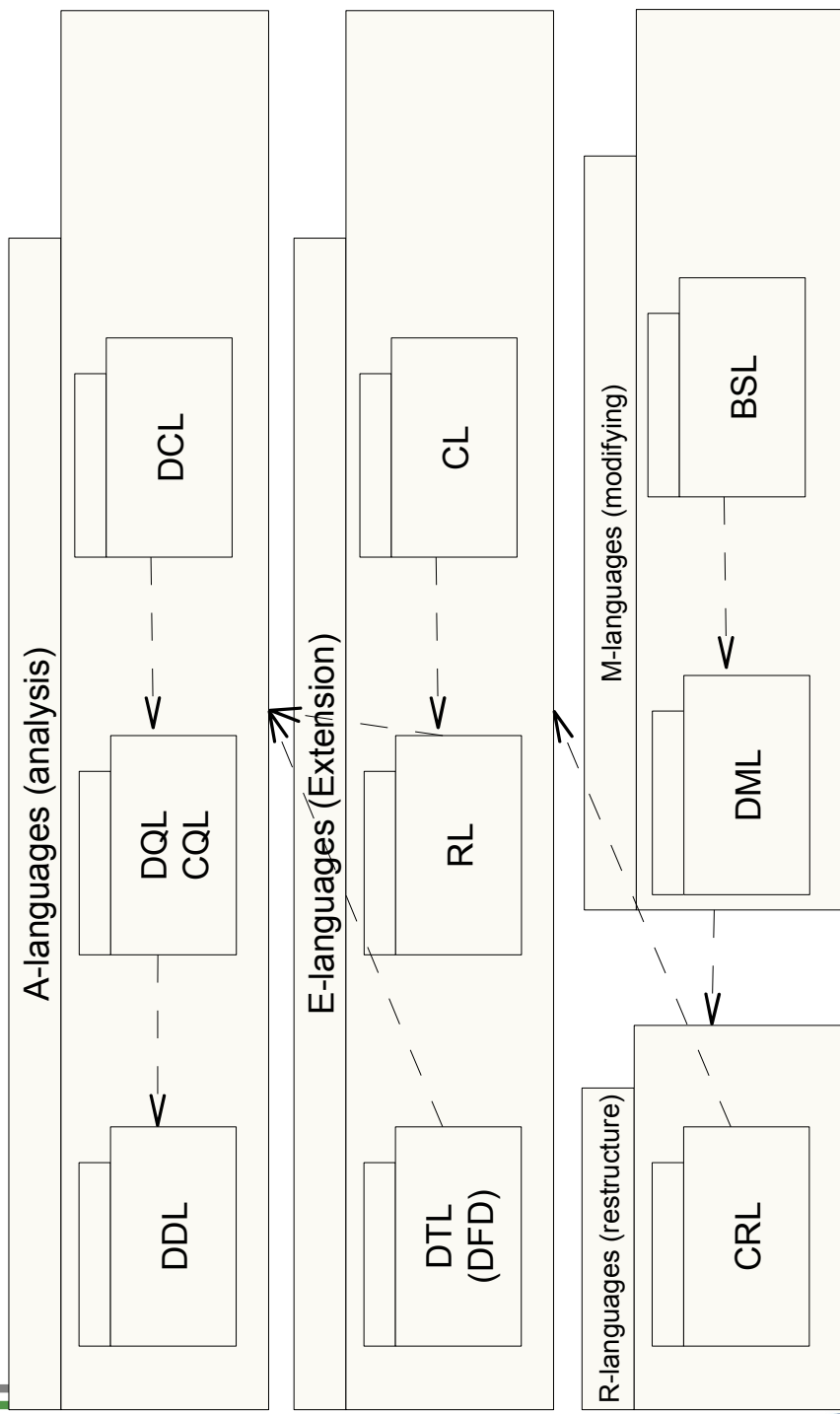
## Basistechniken und (Entwicklungs-)Methoden im Zusammenhang



# Basiskonzepte und -sprachen des SE



# Grundlegende Sprachfamilien (Struktur von M2)



## Grundlegende Sprachfamilien (Paketstruktur von M2)

13

- ▶ Datenmodellierung mit **Datendefinitionssprachen** (data definition languages, DDL)
  - Werden zur Definition von Daten (Repositories, Strömen, Dateien) genutzt
  - DDL bilden die Basispakete von M2, die von allen anderen Pakete importiert werden (MOF → UML-CD → UML-Statecharts)
  - EBNF-Grammatiken, Relationales Modell (RM), Entity-Relationship-Modell (ER), UML-Klassendiagramme, SysML-Komponentendiagramme
- ▶ **Analyse-Sprachen** (A-Sprachen):
  - Daten-Abfrage mit **Abfragesprachen** (data query languages, DQL)
  - Code-Abfragen mit Code-Abfragesprachen (code query languages, CQL)
  - Sprachen zur **Daten-Konsistenzprüfung** (data constraint languages, DCL) und der Wohlgeformtheit der Daten
- ▶ **Daten-Erweiterungssprachen** (E-Sprachen)
  - **Datentransformationssprachen** (z.B. data flow diagrams, DFD)
    - Term- und Graph-Ersetzungssysteme
    - XML-Transformationssprachen
  - **Wiederverwendungssprachen** (reuse languages, RL)
    - **Vertragssprachen** (contract specification languages, CSL)
    - **Composition languages** (CL), Architectural languages (ADL)
    - **Template-Sprachen** (template languages, TL)

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Grundlegende Sprachfamilien (Paketstruktur von M2) (ctd.)

14

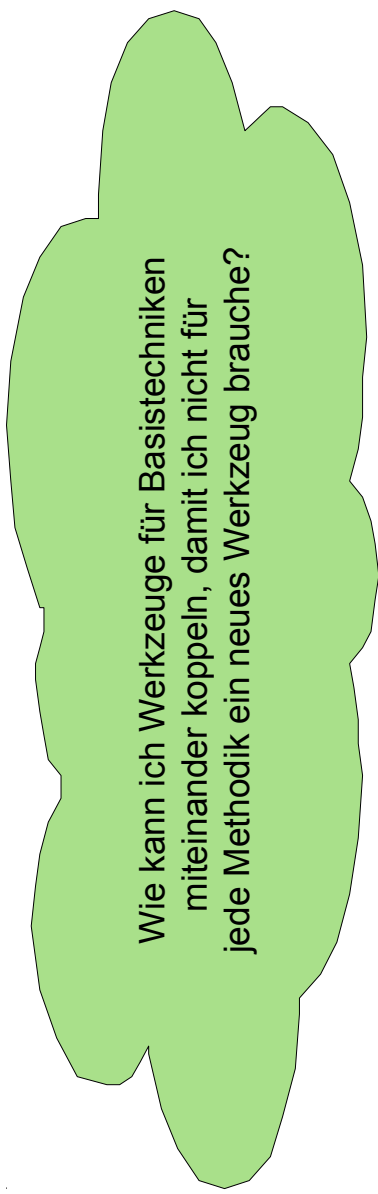
- ▶ **Daten-Restrukturierungssprachen** (R-Sprachen, data restructuring languages, DRL)
  - **Datenaustauschsprachen** (data exchange languages)
  - **Data representation languages** (for representation change)
- ▶ **Daten-Manipulationssprachen und Verhaltensspezifikationssprachen** (M-Sprachen, data manipulation and transformation languages, DML)
  - Sprachen zur **Verhaltensspezifikation** (behavior specification language, BSL) mit einer **formalen Semantik**
    - Aktionsbasiert, mit Zustandssystemen
      - Endliche Automaten und Transduktoren
    - Datenflusssprachen
    - Deklarativen Sprachen
    - Funktionalen Sprachen
    - Regelsprachen
      - Condition-Action-Sprachen (z.B. Entscheidungstabellen)
      - Event-Condition-Action-Sprachen (ECA)
  - Siehe auch Vorlesung ST-2, hier stehen daten-orientierte Sprachen im Vordergrund

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

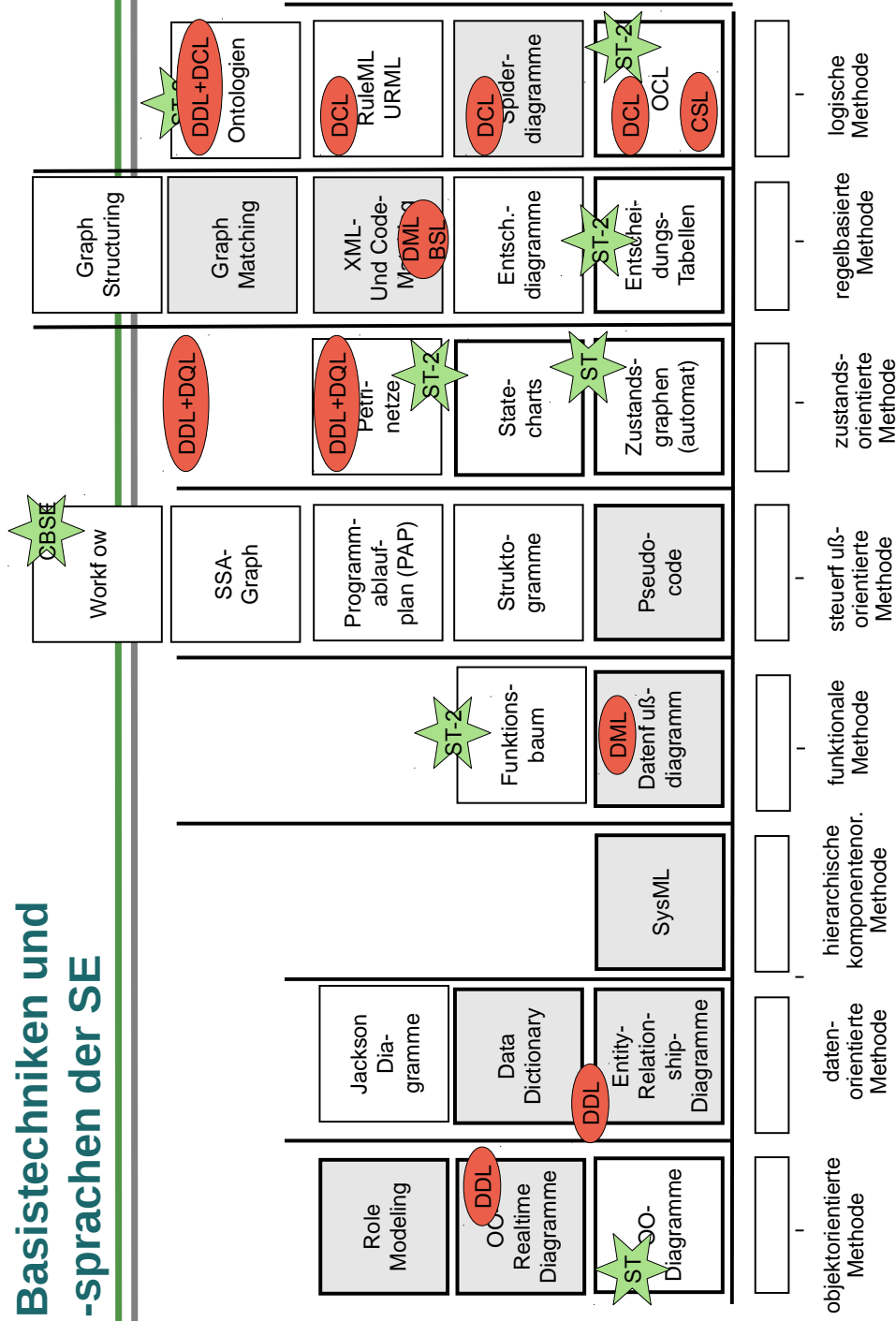


# Software Engineering vs Programmieren

- ▶ Eine Softwareentwicklungsmethode benutzt immer mehrere Basistechniken, d.h. mehrere Sprachen.
  - DDL, DQL, DCL, DRL, DML, TL, RL, CSL, DML, BSL
- ▶ Homogene Software-Konstruktion gibt es nicht!



# Basistechniken und -sprachen der SE





## 12.2 Data Definition Languages (DDL)

17

Die grundlegende Schicht von M2



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

### Datenkataloge als Grundlage für Informationssysteme und Softwarewerkzeuge

18

- ▶ Ein **Datenkatalog (data dictionary)** enthält alle Modelle und Typen von Daten, die in einem System benutzt werden
  - Der Datenkatalog *typisiert* die Datenablage oder den Datenstrom
  - Datenkataloge können lokal zu einer Anwendung, zu mehreren oder zum ganzen Unternehmen und der Zuliefererkette bezogen sein
- ▶ Ein **homogener Datenkatalog** wird in *einer* DDL, ein **heterogener Datenkatalog** in mehreren DDL spezifiziert
  - EBNF definiert Stringsprachen, d.h. Mengen von Strings oder Typen
  - Relationales Model (RM) definiert Relationen und Tabellen
  - XML Schema (XSD) definiert Baumsprachen, d.h. Mengen von Baum-Typen
  - ERD oder UML-Klassendiagramm definieren Graph-Modelle
- ▶ Ein **Informationssystem** ist ein Softwaresystem, das Datenanalysen über einer **Datenablage** (einem **Repository**) durchführt.
  - Informationssysteme werden in den Datenbank-Vorlesungen gesondert betrachtet
  - Data warehouses, business intelligence, data analytics
- ▶ Ein **strombasiertes Informationssystem** ist ein Softwaresystem, das Datenanalysen über einem Datenstrom durchführt.
- ▶ Datendefinitionssprachen und Metasprachen
  - Metasprachen sind A-Sprachen (Analysesprachen); sie bestehen aus DDL und DCL
  - Selbstbeschreibende Metasprachen bestehen aus einem gelifteten Metamodell



# Textuelles Data Dictionary im Technikraum Grammarware Syntax mit Grammatiken in Metasprache EBNF

19

Symbol	Bedeutung	Beispiel
name	Bezeichner (Entitytyp, Bez.typ,Attr.)	A = B + C
"text"	prim. Wert (nicht mehr zerlegbar)	B = "W1" + R
=, ::=	besteht aus	X = X1 + X2 + X3
+	Sequenz, auch einfach Juxtaposition	X = X1 X2 X3
@	Schlüsselkennzeichen	P = @Pnr + N + Adr
[... ...]	Selektion (entweder ... oder)	P = [ P1   P2 ]
n { ... } m	Iteration von n bis m	B = 1 { C } 10
( ... )	Option (kann vorhanden sein)	A = B + ( C )
A // " , "	Liste von A mit innenliegendem ' , '	C = D // " , "
* ... *	Kommentar	X = B + C*Kommentar*
< a > b	Modif er (Kommentar)	< alt > A < neu > A
SYN	Synonym für Name	K SYN P

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# Technikraum Relationale Algebra mit Metasprache Relationales Schema

20

- Die Relationale Algebra (Codd) wird hier als bekannt vorausgesetzt
  - Ihr Schema bilden Tabellen mit Tupeln aus Attributen
  - Siehe Datenbank-Vorlesungen

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



Relationales Schema

## 12.2.1 Technikraum Graphware mit Beispiel-DDL Entity-Relationship-Diagramme (ERD)

21

Eine einfache DDL mit Abbildung auf die  
Relationale Algebra

Relationen + Entitäten (ohne Vererbung)

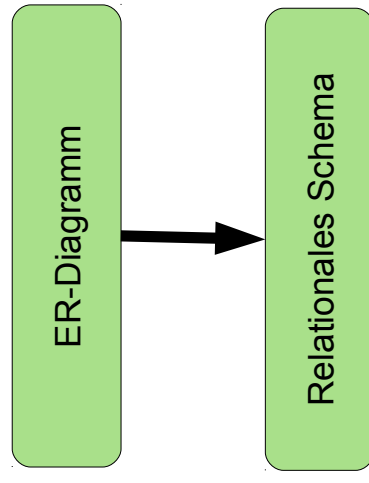



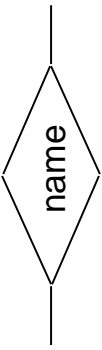

Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Alßmann

### Vorteile der Entity-Relationship-Modellierung

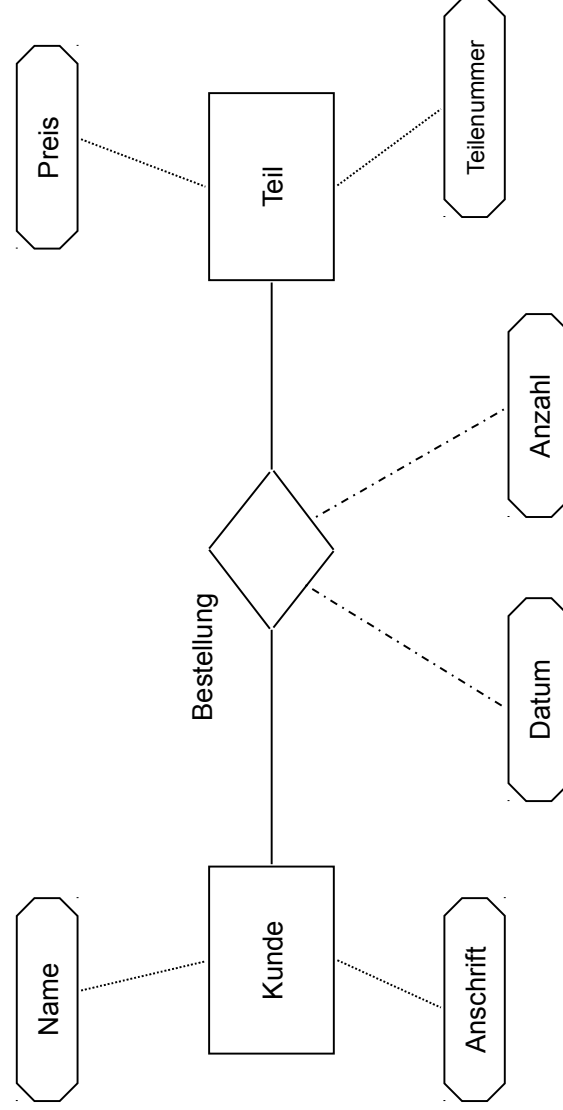
22

- ▶ Vorteil: Sehr leicht abbildbar auf Relationale Algebra (mit 1:n-Abbildung, ER-R-Mapping)
  - Entitäten bilden spezielle Relationen mit "Identifikator" (Schlüssel, surrogate)
  - ER-Diagramme sind daher sehr einfach in Datenbanken ablegbar

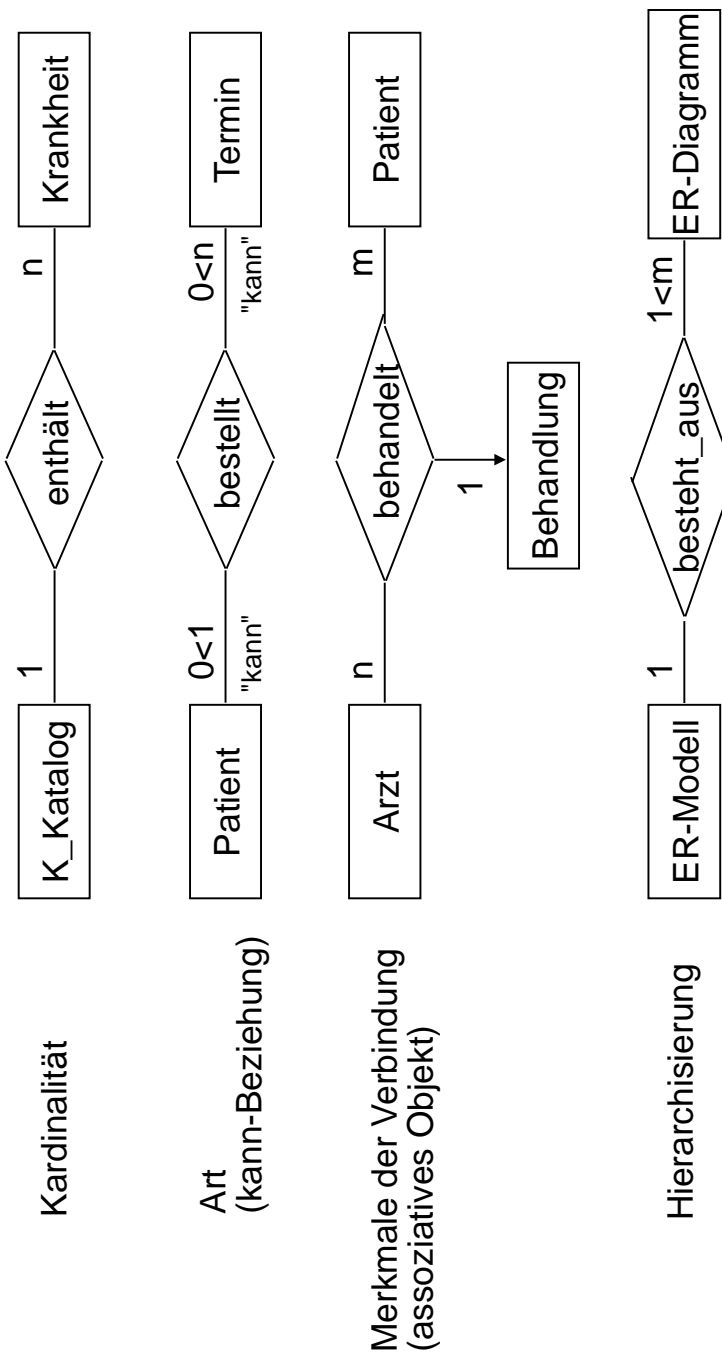


graph. Notation	Bedeutung
	<b>Entitytyp:</b> Abstraktion einer Menge gleichartiger Datenobjekte beschrieben durch (mehrere) Attribute. Jedem Datenobjekt sind eindeutig Attributwerte zugeordnet.
	<b>Beziehungstyp:</b> Menge von Beziehungen zwischen Entitytypen, beschrieben durch verknüpfte Aufzählung identifizierender Schlüssel der Entitytypen.
 (selten dargestellt)	<b>Attribut:</b> Beschreibende Eigenschaften von Entitytypen. Definiert durch Menge zulässiger Attributwerte.
1, n 0 < n	<b>Kardinalität:</b> Ganze Zahlen an den Verbindungslinien, die angeben, wieviele Instanzen des anderen Entitytyps mit einer Instanz dieses Entitytyps in Verbindung stehen.

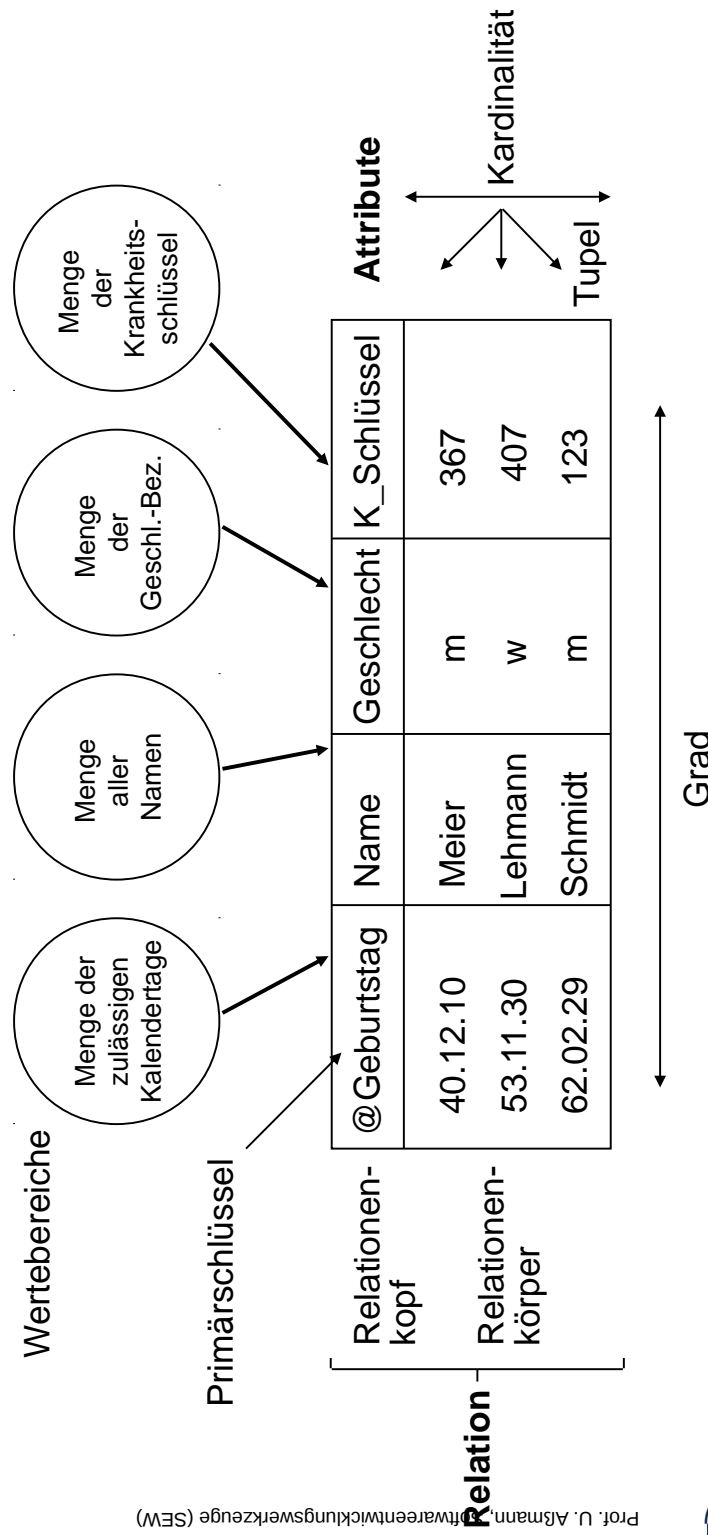
## Ein einfaches ER-Modell



Eigenschaften der Beziehungstypen:

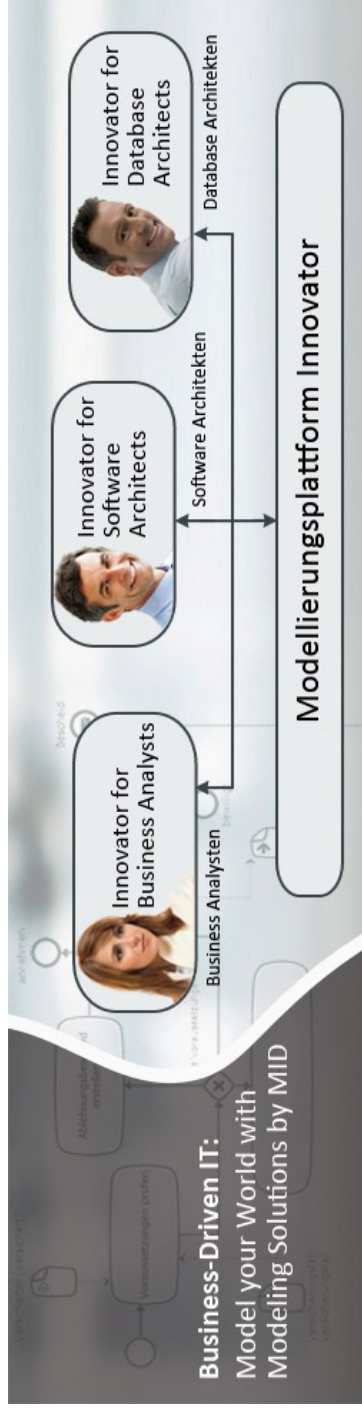


## Beispiel des Entitytyps "Patient" und seine Abbildung auf das Relationenmodell



# Wichtigkeit von ERD

- ▶ ERD ist sehr einfach (1:1) auf das Relationenmodell abbildbar
  - Eigentlich das "bessere" Relationenmodell.
  - ERD-Anwendungen sind einfach mit Persistenz auszustatten
- ▶ ERD besitzt keine Vererbung bzw. Polymorphie
  - Einfacher
  - Leichter verifizierbar, z. B. beim Einsatz für sicherheitskritische Systeme
- ▶ Typisches Werkzeug: MID Innovator für Datenbankarchitekten:



<http://www.mid.de/index.php?id=541>

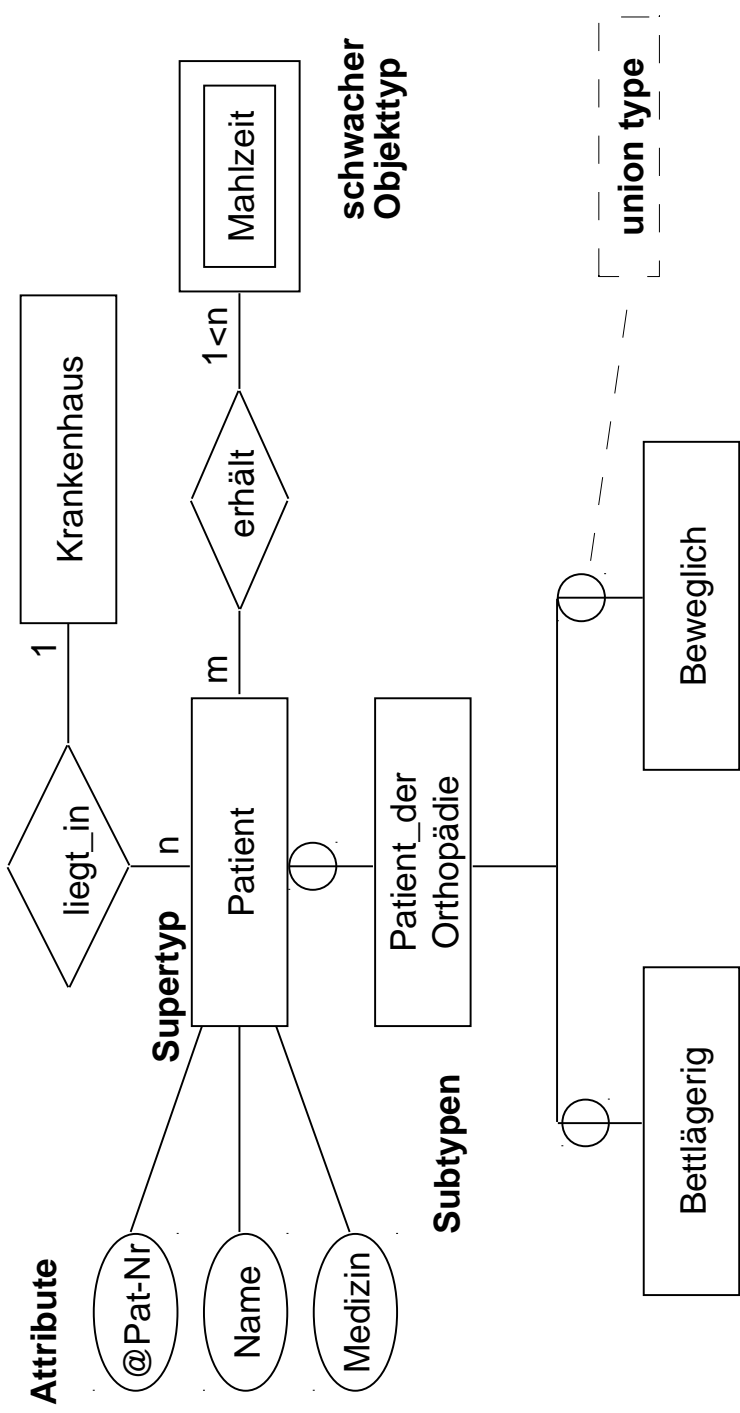
[http://www.mid.de/uploads/pics/Banner\\_Modellierungsplattform\\_03.jpg](http://www.mid.de/uploads/pics/Banner_Modellierungsplattform_03.jpg)

# Mapping ERD to RS in MID

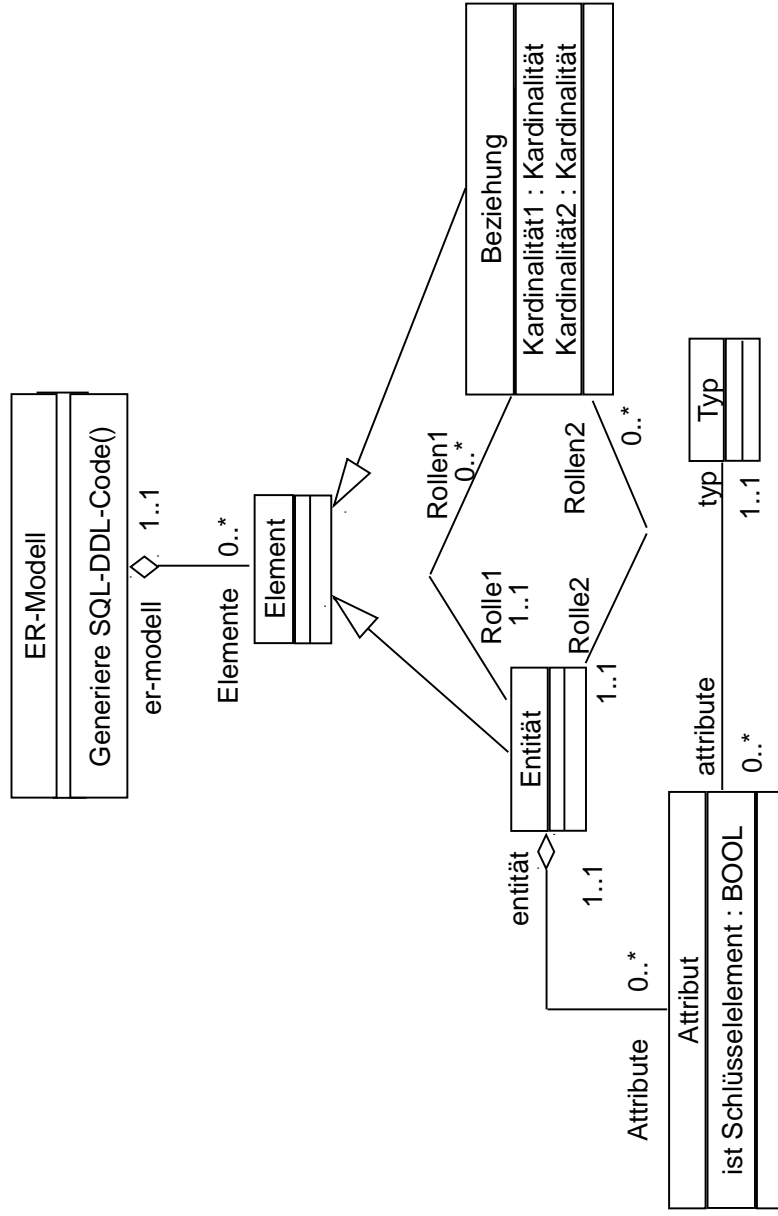
<http://www.mid.de/tmp3temp/pics/f0df65b8a2.jpg>



# Beispiel für erweiterte ERD: Patientenakte

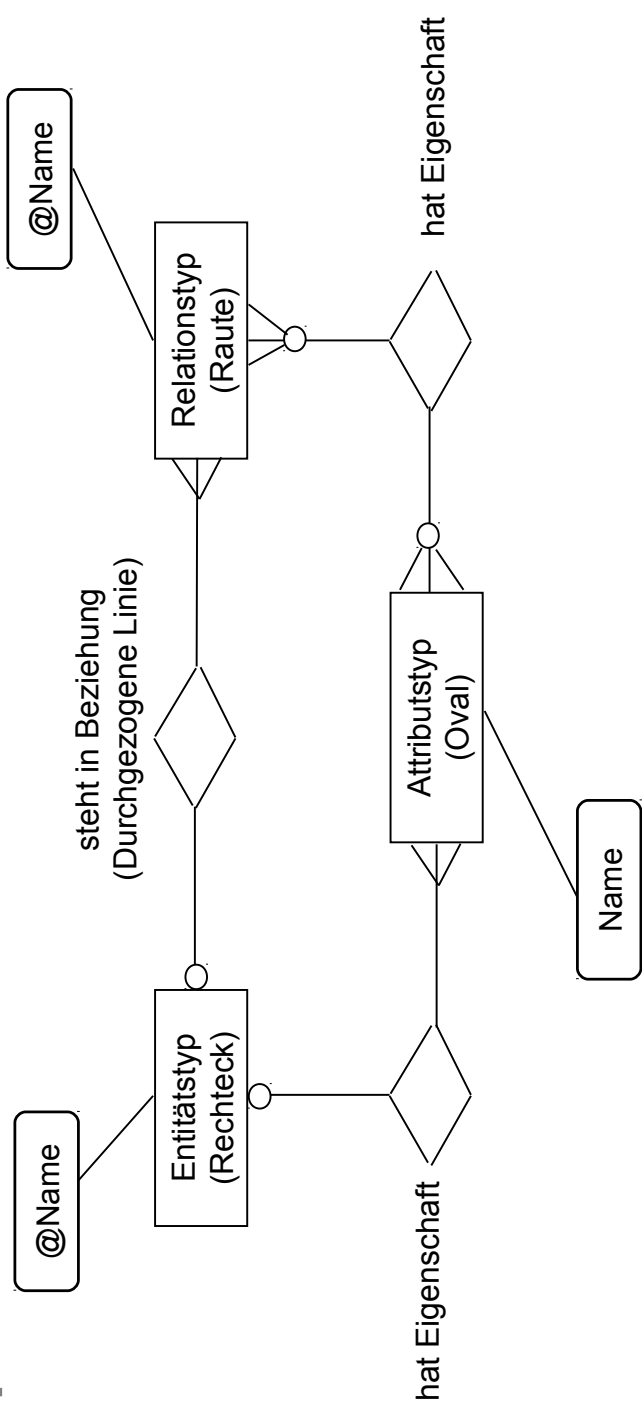


# Meta-Modell von EntityRelationship-Diagrammen (in MOF)





# Das Metamodel von ER in ER



# Metahierarchie mit ER als Metasprache (lifted metamodel)

**Meta-MetaModell**

**M3**

Instanziierung



**Metamodelle**

**M2**

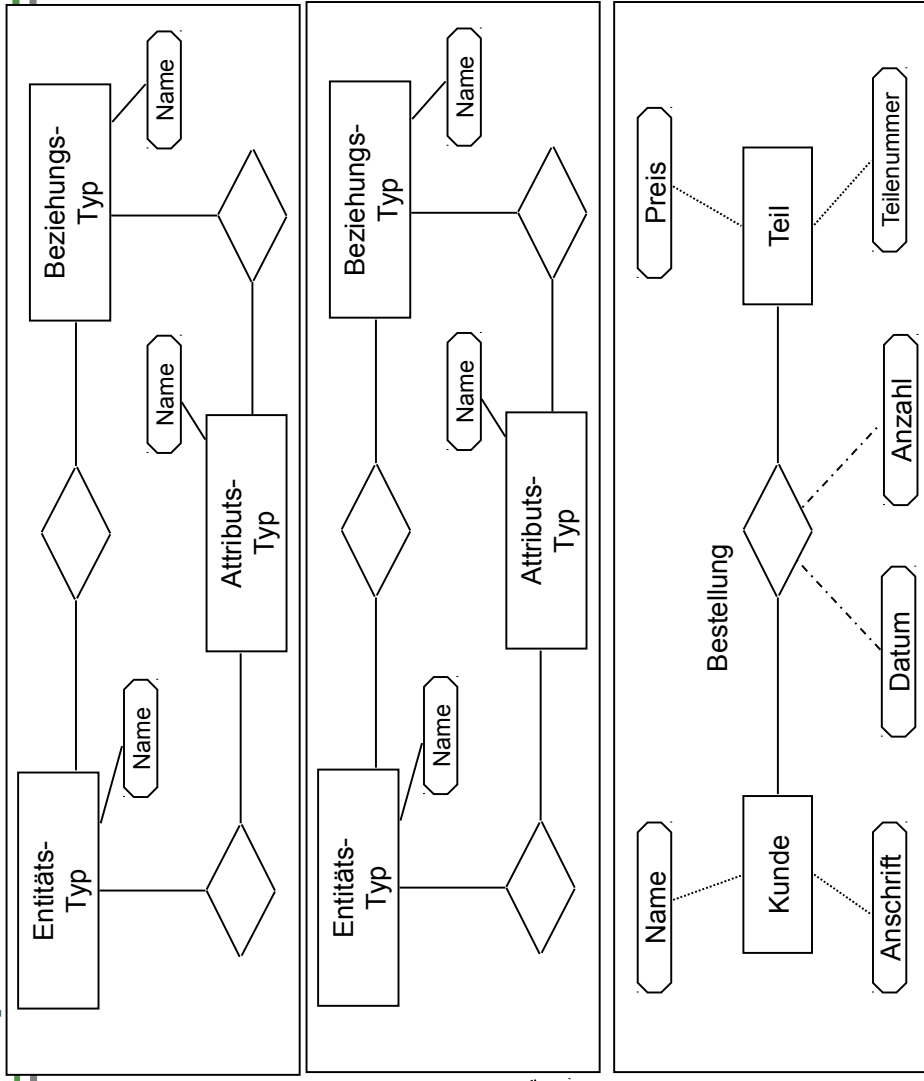
Instanziierung



**Modelle**

**M1**

(Anwendungsdatenmodelle)



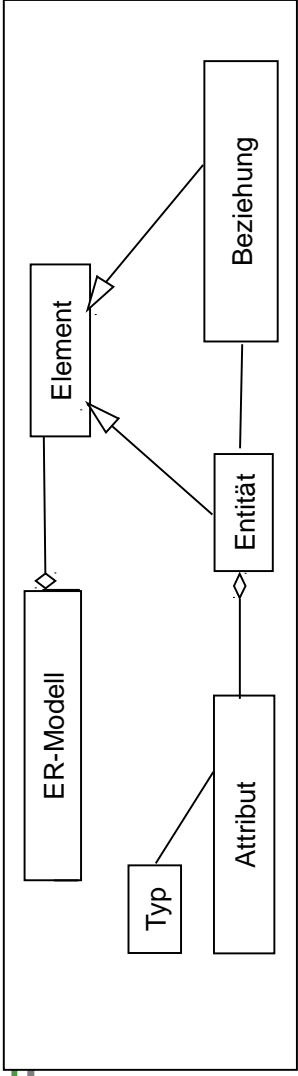


# Metahierarchie mit MOF als Metasprache (non-lifted)

## Meta-MetaModell

**M3**

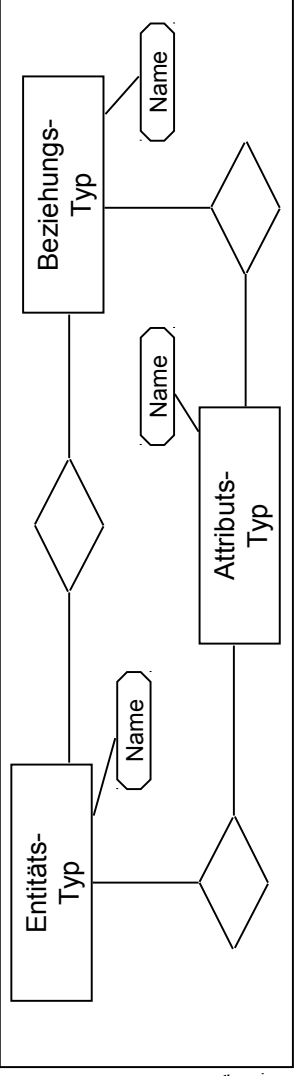
Instanziierung



## Metamodelle

**M2**

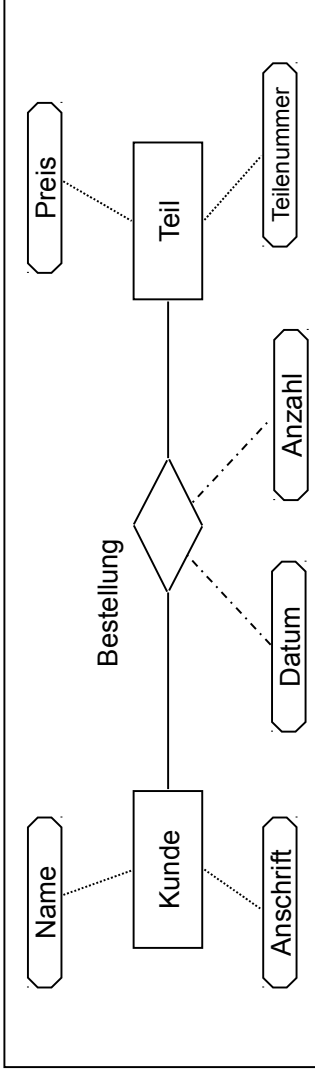
Instanziierung



## Modelle

**M1**

(Anwendungsdatenmodelle)



# Wohlgeformtheit von Modellen

Ein Modell ist **wohlgeformt**, wenn es kontextsensitive Integritätsregeln (Konsistenzregeln) erfüllt.

Die Überprüfung kann durch **semantische Analyse (Kontextanalyse)** erfolgen:

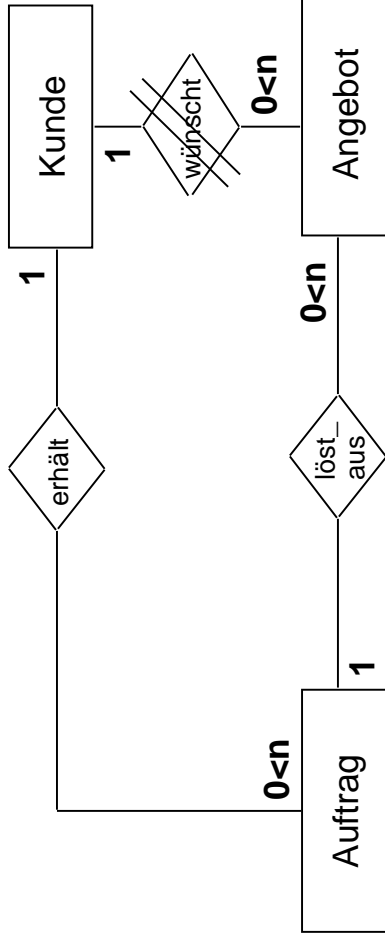
- Namensanalyse ermittelt die Bedeutung eines Namens
- Typanalyse ermittelt die Typen
- Typcheck prüft die Verwendung von Typen gegen ihre Definitionen
- Bereichsprüfungen (range checks) prüfen auf Gültigkeit von Wertebereichen
- Strukturierung von Datenstrukturen (Vorl. ST-II)
  - Azyklichkeit, Schichtbarkeit (layering), Zusammenhangskomponenten
- Verbotene Kombinationen von Daten

## Bsp.: Analyse auf strukturierte Darstellung

35

- ▶ Integritätsbedingungung: Zyklenfreiheit
  - Check: Auffinden von Zyklen (graphentheor. Problem)
  - Korrektur: Auftrennen von Zyklen an der "am wenigsten relevanten Stelle":

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



Quelle: [Raasch]



## Konsistenzprüfung von ER-Modellen durch Werkzeuge

36

ER-Modelle, sowie andere Datenmodelle in MOF oder UML-CD, können auf folgende Integritätsregeln geprüft werden:

- ▶ **Bereichsprüfungen** für Wertebereich von Attributen (Typ, Range)
- ▶ **Ermittlung von Schlüsseln:**
  - **Eindeutigkeit** von Attributen: Ein (ggf. zusammengesetztes) Attribut K einer Relation R heißt **Schlüsselkandidat**, wenn zu keinem Zeitpunkt verschiedene Tupel von R denselben Wert für K haben
  - **Minimalität** eines Schlüssels: Ist Attribut K zusammengesetzt, kann keine Komponente von K entfernt werden, ohne die Eindeutigkeitsbedingung zu stören. Jedes Tupel einer Relation muß über einen **Primärschlüssel** eindeutig identifizierbar sein
    - Falls es weitere Schlüsselkandidaten gibt, werden sie als **Alternativschlüssel** bezeichnet.
- ▶ **Fremdschlüssel-Verbindung** ("indirekter Primärschlüssel")
  - Ein **Fremdschlüssel** ist ein Attribut einer Relation R2, dessen Werte benutzt werden, um eine Verbindung zu einer Relation R1 über deren Primärschlüssel aufzubauen.
- ▶ **Referentielle Integrität**
  - Das Datenmodell darf keine ungebundenen Fremdschlüsselwerte enthalten

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Praktische Vorgehensweise bei der Erstellung eines ERD

37

- ▶ Ähnlich wie strukturgetriebene Vorgehensweise in der ST-1-Vorlesung
- ▶ 1) Festlegen der Entitytypen
- ▶ 2) Ableitung der Beziehungstypen
- ▶ 3) Zuordnung der Attribute
  - zu den Entitytypen unter dem Gesichtspunkt der natürlichsten Zugehörigkeit, d. h. sie sind "angeborene" Eigenschaften unabhängig von ihrer Nutzung.
  - Kardinalitäten festlegen
- ▶ 4) Konsistenzprüfung
  - 5a) Fremdschlüssel definieren für die Herstellung notwendiger Verbindungen zwischen Entitytypen und Eintrag ins DD
  - 5b) Fremdschlüssel-Regeln spezifizieren, nach Rücksprache mit dem Anwender
- ▶ 5) Eintrag ins DD

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Beispiel "Arztpraxis"

38

Aufgabenstellung:

"Es sind in einer **Arztpraxis** die organisatorischen Abläufe für das Bestellwesen der **Patienten**, den Aufruf aus dem Wartezimmer, die **Arztbehandlung** und die Abrechnung unter Einsatz von PCs weitgehend zu rationalisieren. Spätere Erweiterungen sollen leicht möglich sein."

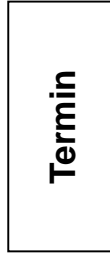
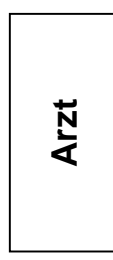
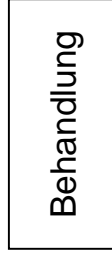
Analyse mit Verb-Substantiv-Analyse

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



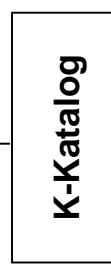
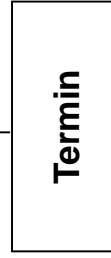
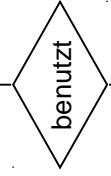
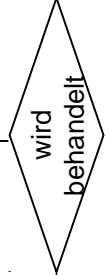
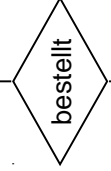
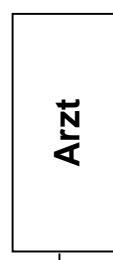
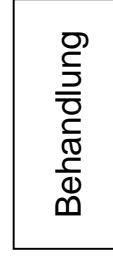
# ERD "Arztpraxis" (1)

Schritt (1)

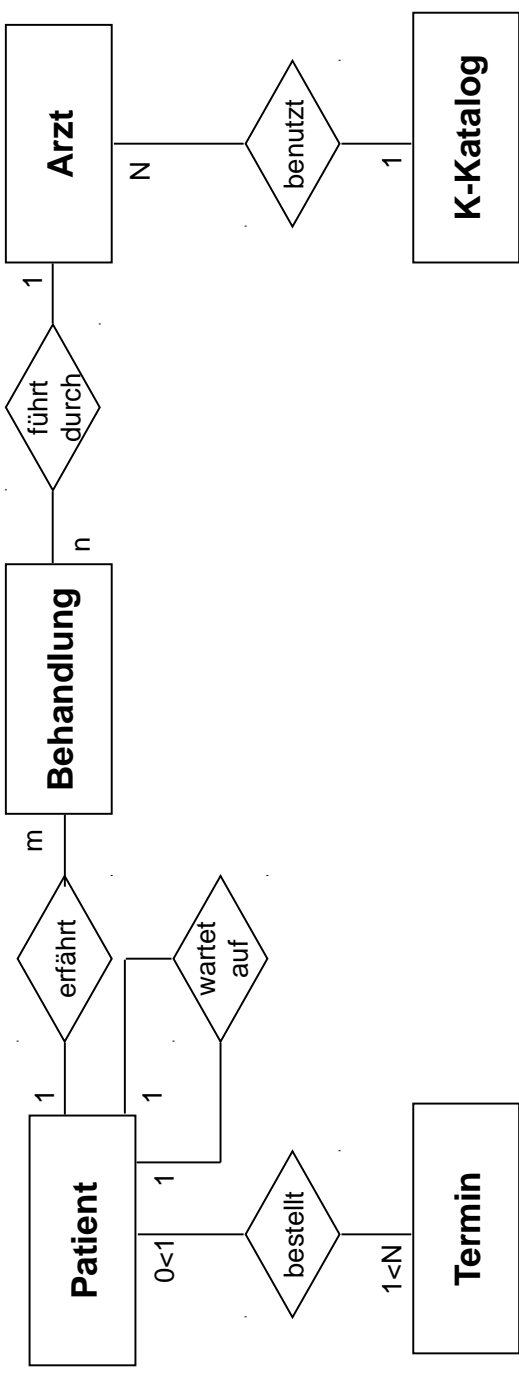


# ERD "Arztpraxis" (2)

Schritt (2)

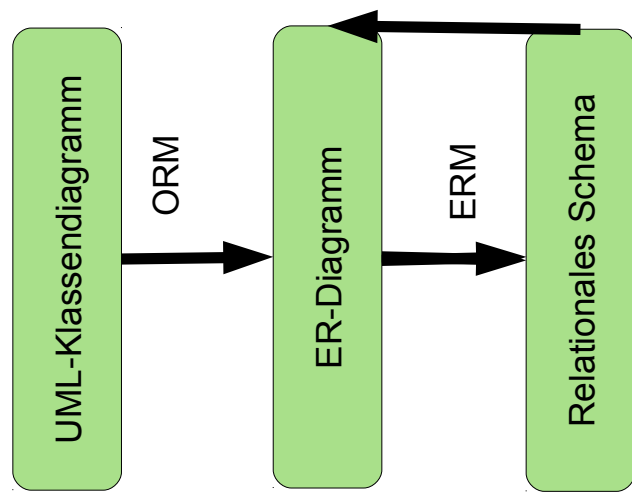


Schritt (4,5)



## Datenmodellierung für Informationssysteme mit UML-CD, ERD und RS

- ▶ Objektrelationale Abbildung (OR-Mapping)
  - Auflösung der Vererbung durch Kopien der Oberklassenattribute oder durch Delegation
  - Ermittlung von Schlüssel (Primär, Fremd)
  - Auflösung von Mehrfachvererbung durch Auffalten (Kopieren)
- ▶ Zwischen ERD und RS kann synchronisiert werden (ER-Mapping, Rückverwandlung ohne Informationsverlust)



## MOF und EMOF

43

- ▶ MOF erweitert ERD um Mehrfachvererbung und Methodensignaturen
- ▶ MOF lässt nur zu
  - einfache Vererbung
  - gerichtete Assoziationen
- ▶ MOF muss auf Java abgeflacht werden:
  - Mehrfachvererbung
  - ungerichtete Assoziationen
- ▶ EMOF kann direkt auf Java oder C# abgebildet werden

Prof. U. Alßmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.2.3 Technikraum Treeware und Metasprachen für XML

44

Daten im Baumformat, mit  
Überlagerungsgraphen  
(Technikraum Treeware)

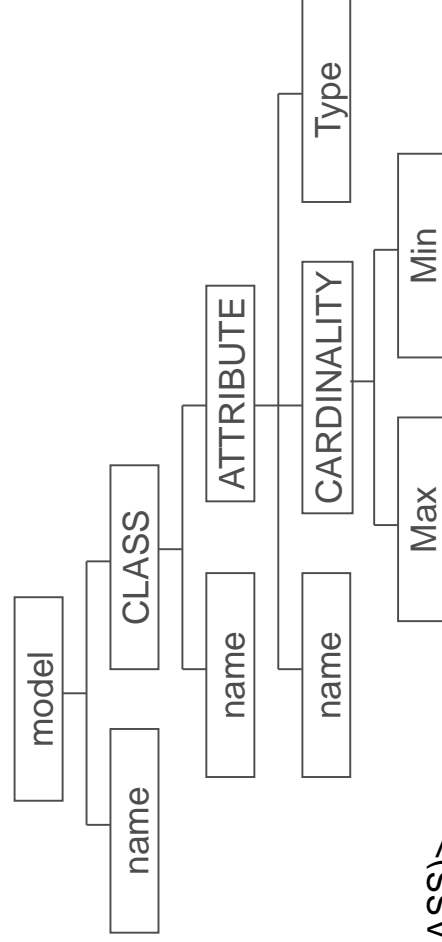


Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Alßmann

- ▶ XML bezeichnet eine Familie von Baumstrukturen, hauptsächlich zur Repräsentation von Dokumenten (Daten).
  - Dem Baum überlagert kann ein *Überlagerungsgraph (overlay graph)* sein (Hyperlinks)
- ▶ <http://www.w3.org/XML>
- ▶ XML kann zur Spezifikation von Datenkatalogen (data dictionaries) eingesetzt werden, z. B. bei Content Management Systems (CMS)
- ▶ XML wird oft als Austauschformat benutzt
- ▶ XML besitzt mehrere Metasprachen:
  - Document Type Definitions (DTD)
  - XML Schema Definition (XSD)
  - RelaxNG

### 12.2.3.1 Document Type Definition (DTD) für XML

Eine **DTD** ist eine einfache Metasprache



```

<! ELEMENT model (name, CLASS)>
<! ELEMENT CLASS (name, ATTRIBUTE*)>
<! ELEMENT name #PCDATA REQUIRED>
<! ELEMENT ATTRIBUTE (name, CARDINALITY?, Type?)>
<! ELEMENT CARDINALITY (Min, Max)>
<! ELEMENT Min (#PCDATA) REQUIRED>
<! ELEMENT Max (#PCDATA)>
<! ELEMENT Type (#PCDATA)>
  
```

**Quelle:** Tolksdorf, R.: XML und darauf basierende Standards: Die neuen Aufzeichnungssprachen des Web; Informatik-Spektrum 22(1999) H. 6, S. 407 - 421

## Beispiel für eine Dokumenteninstanz

47

- ▶ Verwendet alle ELEMENT als "tags"

```
<? xml version = „1.0“?>
<! DOCTYPE oomodel SYSTEM „oom.dtd“>
<model>
  <name> „Model 1“ </name>
<CLASS>
  <name> „Class 1“ </name>
  <ATTRIBUTE>
    <name> „attribute 1“ </name>
  <CARDINALITY>
    <Min> „1“ </Min>
    <Max> „1“ </Max>
  </CARDINALITY>
  <Type> „Class 1“ </Type>
</ATTRIBUTE>
</CLASS>
</model>
```

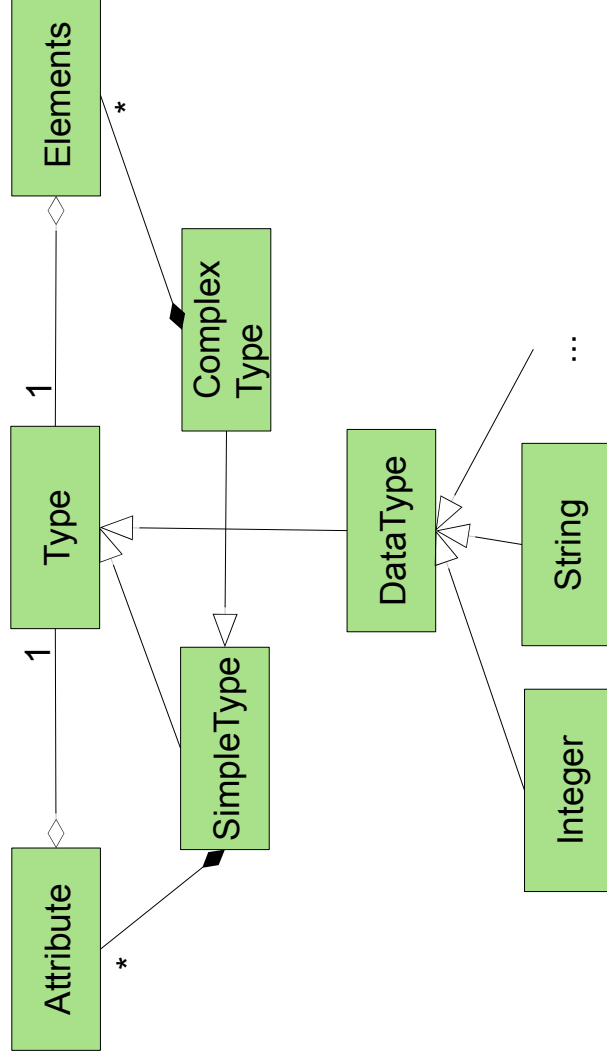
Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.2.3.2 XML Schema Definition (XSD)

48

- ▶ XSD ist die Meta-Sprache zur Definition von XML-Sprachen, d.h. Zur Festlegung der validen "tags" eines XML-Dokuments
  - Wiederrum in XML-Syntax
- ▶ MOF-Metamodell von XSD:



Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)





## XML Example

49

```
<treatment>
<patient insurer="1577500"nr="0503760072" />
<doctor city   ="HD"      nr="4321" />
<service>
  <mkey>1234-A</mkey>
  <date>2001-01-30</date>
  <diagnosis>No complications.
  </diagnosis>
</service>
</treatment>
```

simple

complex

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

[W. Löwe, Växjö Universitet]

## Example: Definition of Simple and Complex Tag Types with XML Schema (XSD)

50

```
<simpletype name='mkey' base='string'>
  <pattern value='[0-9]+(-[A-Z])?' />
</simpletype>

<simpletype name='insurer' base='integer'>
  <precision value='7' />
</simpletype>

<simpletype name='myDate' base='date'>
  <minInclusive value='2001-01-01' />
  <maxExclusive value='2001-04-01' />
</simpletype>

<complexType name='treatment'>
  <element name='patient' type='patient' />
  <choice>
    <element ref='doctor' />
    <element ref='hospital' />
  </choice>
  <element ref='service' minOccurs='unbounded' />
</complexType>
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

## Example: XML Schema Attributes

51

```
<complexType name='patient' content='empty' >  
  <attribute ref='insurer' use='required' />  
  
  <attribute name='nr' use='required' >  
    <simpletype base='integer' >  
      <precision value='10' />  
    </simpletype>  
  </attribute>  
  
  <attribute name='since' type='myDate' />  
</complexType>
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.3 Anfragesprachen (Query Languages, QL)



52

DQL – Data Query Languages  
CQL – Code Query Languages



- ▶ Im Allgemeinen leisten DQL:
  - Beantwortung von Fragen über die Daten eines Repositorium oder eines Stroms (Kanal)
  - Datenanalysen wie Metriken ("Business Intelligence")
- ▶ In Softwarewerkzeugen leisten CQL
  - Beantwortung von Fragen über die Artefakte eines Repositoriums
    - Programmanalysen
    - Metriken (Zählen von Softwareeinheiten)
  - Filtern von Artefakten, die über einen Strom eingehen
    - Mustersuche in Code
- ▶ Wir sind insbesondere an strombasierten CQL-Werkzeugen interessiert

## 12.3.1 .QL – relationale bzw. objektorientierte Queries auf Quellcode

Courtesy to Florian Heidenreich  
<http://semmle.com>

# Die repository-zentrierte CQL .QL

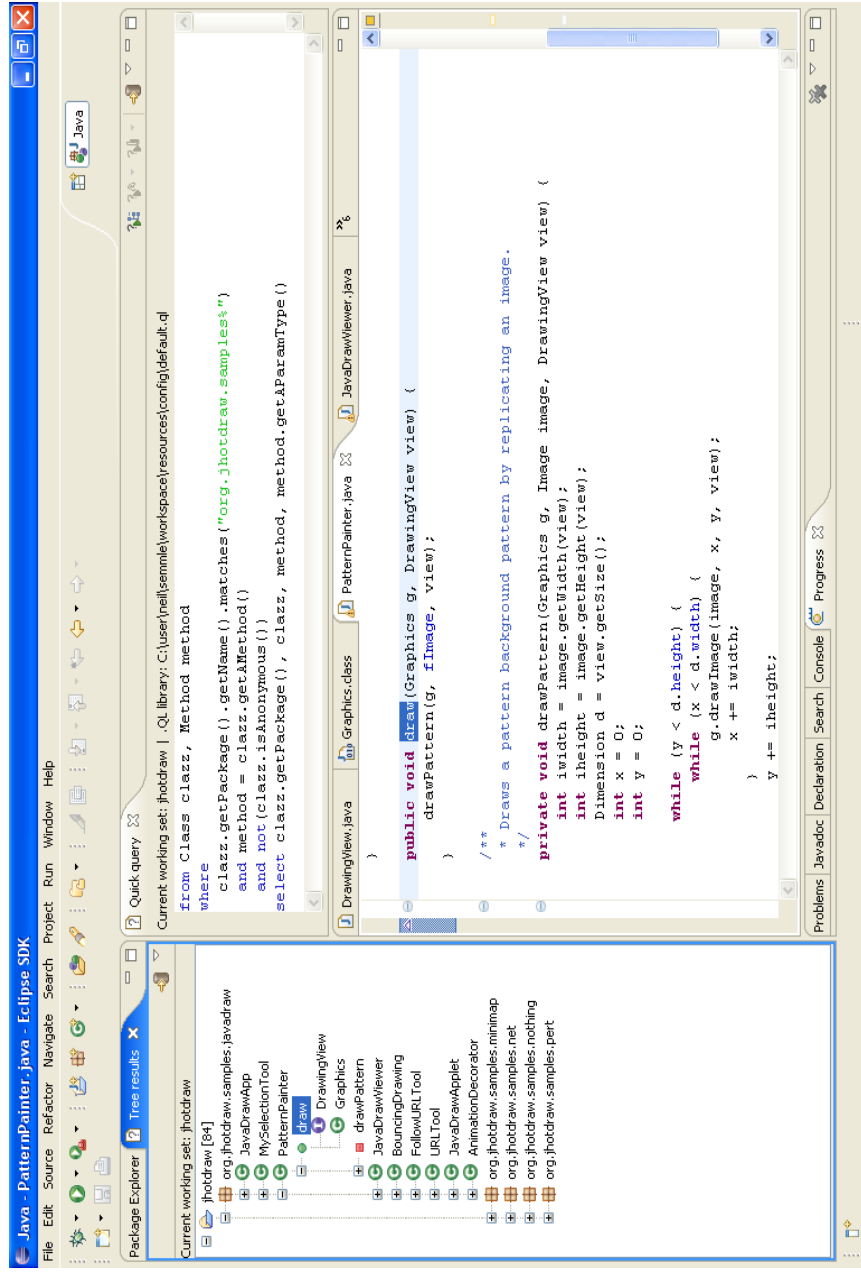
55

- ▶ .QL ist eine objektorientierte Query-Sprache, entwickelt in der Gruppe von Oege de Moor (Oxford)
  - Semmie ist die Ausgründung, die Produkte auf der Basis von .QL anbietet
  - SemmieCode unterstützt Anfragen auf Repositorien mit Java Quellcode
- ▶ Mit Semmie kann man also Code abfragen, so wie man mit SQL oder relationale Daten oder mit Xcerpt XML abfragen kann
  - .QL eignet sich also für Prozesse, die Code-Ein- und Ausgabeströme besitzen (Code-Transformatoren)
- ▶ Klassen werden als Mengen aufgefasst



# Code Display

56



The screenshot shows the Eclipse IDE interface. The top pane displays a SQL query for calculating the average method/constructor fan-in for the 'jhotdraw' project. The middle pane shows a 3D bar chart titled 'Average Method/Constructor Fan-In (jhotdraw)' with a legend identifying various packages. The bottom pane shows the Package Explorer with a tree view of the project's packages.

```

    Current working set: jhotdraw | QL library: C:\user\neil\semmlle\workspace\resources\config\default.dl
    from Package p, float average
    where p.fromSource()
    and average = avg(Class c, Callable member
    | c.getPackage() = p and
    | member.getDeclaringType() = c
    | member.getFanIn())
    select p, average order by average desc
  
```

**Average Method/Constructor Fan-In (jhotdraw)**

Current working set: jhotdraw

Legend:

- org.jhotdraw.applet
- org.jhotdraw.application
- org.jhotdraw.contrib
- org.jhotdraw.contrib.dnd
- org.jhotdraw.contrib.html
- org.jhotdraw.contrib.zoom
- org.jhotdraw.figures
- org.jhotdraw.framework
- org.jhotdraw.samples.javadraw
- org.jhotdraw.samples.minimap
- org.jhotdraw.samples.net
- org.jhotdraw.samples.nothing
- org.jhotdraw.samples.pert
- org.jhotdraw.standard
- org.jhotdraw.util
- org.jhotdraw.util.collections.jdk11
- org.jhotdraw.util.collections.jdk12



# Graph Visualization

The screenshot shows the Eclipse IDE interface. The top pane displays a SQL query for visualizing call relationships. The middle pane shows the Package Explorer with a tree view of the project's packages. The bottom pane shows a call graph visualization with 'org.jhotdraw.applet' as the central node and various other packages as nodes it calls.

```

    Current working set: jhotdraw | QL library: C:\Program Files\Eclipse\3.2.1\plugins\com.semmlle.resources_0.1.1\config\default.dl
    from Package p, Package q
    where p.getRefType().getACallable().calls(q.getRefType().getACallable())
    and p.getName().matches("org.jhotdraw.samples.draw")
    and p.getName().matches("org.jhotdraw*")
    select p, q, "calls"
  
```

Current working set: jhotdraw

Call Graph Visualization:

- Central Node: org.jhotdraw.applet
- Called Packages: java.io, java.lang, java.util, org.jhotdraw.app.action, org.jhotdraw.draw.action, org.jhotdraw.samples.draw, java.awt, java.awt.geom, java.awt.image, javax.swing.border, javax.swing.undo, org.jhotdraw.util, org.jhotdraw.util.collections.jdk11, org.jhotdraw.util.collections.jdk12, org.jhotdraw.figures, org.jhotdraw.framework, org.jhotdraw.samples.javadraw, org.jhotdraw.samples.minimap, org.jhotdraw.samples.nothing, org.jhotdraw.samples.pert, org.jhotdraw.standard, org.jhotdraw.util, org.jhotdraw.util.collections.jdk11, org.jhotdraw.util.collections.jdk12, org.jhotdraw.contrib, org.jhotdraw.contrib.dnd, org.jhotdraw.contrib.html, org.jhotdraw.contrib.zoom, org.jhotdraw.figures, org.jhotdraw.framework, org.jhotdraw.samples.javadraw, org.jhotdraw.samples.minimap, org.jhotdraw.samples.net, org.jhotdraw.samples.nothing, org.jhotdraw.samples.pert, org.jhotdraw.standard, org.jhotdraw.util, org.jhotdraw.util.collections.jdk11, org.jhotdraw.util.collections.jdk12, org.jhotdraw.contrib, org.jhotdraw.contrib.dnd, org.jhotdraw.contrib.html, org.jhotdraw.contrib.zoom.



## SemmlerCode – Query Language

59

- Select Statements
- Lokale Variablen
- Nichtdeterministische Methoden
- Casts
- Chaining
- Aggregationen
- Eigene Klassen

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Select Statements (1)

60

Finde alle Klassen `c` die zwar `compareTo` implementieren, aber `equals` nicht überschreiben

```
from Class c
where
  c.declaresMethod("compareTo")
  and not (c.declaresMethod("equals"))
select
  c.getPackage(), c
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Select Statements (2)

61

Finde alle `main`-Methoden die in einem Paket deklariert sind, welches auf „demo“ endet

```
from Method m
where
  m.hasName("main")
  and m.getDeclaringType().getPackage().getName().matches("%demo")
select
  m.getDeclaringType().getPackage(),
  m.getDeclaringType(),
  m
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Lokale Variablen

62

Finde alle Methoden die `System.exit(...)` aufrufen

```
from Method m, Method sysexit, Class system
where
  system.hasQualifiedName("java.lang", "System")
  and sysexit.hasName("exit")
  and sysexit.getDeclaringType() = system
  and m.getACall() = sysexit
select m
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Nichtdeterministische Methoden

63

Erzeuge einen Aufrufgraph zwischen den Paketen eines Projekts

```
from Package caller, Package callee
where caller.getARefType().getACallable().calls(
    callee.getARefType().getACallable())
and caller.fromSource()
and callee.fromSource()
and caller.!= callee
select caller, callee
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Casts

64

Finde alle Abhängigkeiten – auch Nutzung von Typen zwischen den Paketen eines Projekts

```
from MetricPackage p
select p, p.getADependencySrc().getARefType()
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)





## Chaining (Multiple Source - Multiple Target Graph Reachability Problem, MSMT)

65

Finde alle Paare (s,t), so dass

- t eine direkte Oberklasse von s ist
- und beide Oberklassen von `org.jfree.data.gantt.TaskSeriesCollection`
- und t nicht `java.lang.Object` ist

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

```
from RefType tsc, RefType s, RefType t
where
  tsc.hasQualifiedName("org.jfree.data.gantt", "TaskSeriesCollection")
  and s.hasSubtype*(tsc)
  and t.hasSubtype(s)
  and not(t.hasName("Object"))
select s,t
```



## Aggregationsfunktionen

66

Ermittle die durchschnittliche Anzahl an Methoden pro Typ und Paket

```
from Package p
where p.fromSource()
select p, avg(RefType c |
  c.getPackage() =p |
  c.getNumberOfMethods())
```

Andere Aggregationsfunktionen: count, sum, max, min

Orientiert sich an der „Eindhoven Quantifier Notation“ (Dijkstra et al.)

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Eigene Klassen (1)

67

```
class VisibleInstanceField extends Field {
  VisibleInstanceField() {
    not (this.hasModifier("private")) and
    not (this.hasModifier("static"))
  }

  predicate readExternally() {
    exists (FieldRead fr |
      fr.getField()==this and
      fr.getSite().getDeclaringType() != this.getDeclaringType())
  }
}
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Eigene Klassen (2)

68

```
from VisibleInstanceField vif
where vif.fromSource() and not (vif.readExternally())
select vif.getDeclaringType().getPackage(),
       vif.getDeclaringType(),
       vif
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.3.2 XQuery

69

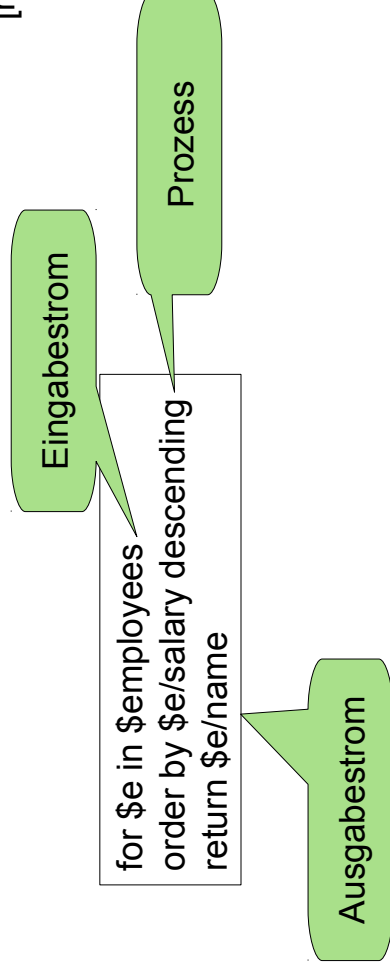
The standard from W3C

## Xquery

70

- ▶ <http://www.w3.org/XML/Query/>
- ▶ Eine Anfragesprache des W3C für XML queries
- ▶ In Schleifen werden Muster ausgewertet
  - Die Schleifen ähneln DFD-Processen

[<http://www.w3.org/TR/xquery/>]



for \$b in \$books/book  
stable order by \$b/title  
collation "http://www.example.org/collations/fr-ca",  
\$b/price descending empty least  
return \$b

# Hamlet, this time Marked-Up

71

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE PLAY SYSTEM "play.dtd">
<PLAY> <TITLE>The Tragedy of Hamlet, Prince of Denmark</TITLE> <FM>
<P>Text placed in the public domain by Moby Lexical Tools, 1992.</P>
<P>SGML markup by Jon Bosak, 1992-1994.</P> <P>XML version by Jon Bosak, 1996-1998.</P>
<P>This work may be freely copied and distributed worldwide.</P>
</FM>
<PERSONAE>
<TITLE>Dramatis Personae</TITLE>
<PERSONA>CLAUDIUS, king of Denmark. </PERSONA>
<PERSONA>HAMLET, son to the late, and nephew to the present king.</PERSONA>
<PERSONA>POLONIUS, lord chamberlain. </PERSONA>
<PERSONA>HORATIO, friend to Hamlet.</PERSONA>
</PERSONAE>
<ACT><TITLE>ACT I</TITLE>
<SCENE><TITLE>SCENE I. Elsinore. A platform before the castle.</TITLE>
<STAGEDIR>FRANCISCO at his post. Enter to him BERNARDO</STAGEDIR>
<SPEECH> <SPEAKER>BERNARDO</SPEAKER> <LINE>Who's there?</LINE> </SPEECH>
<SPEECH> <SPEAKER>FRANCISCO</SPEAKER> <LINE>Nay, answer me: stand, and unfold yourself.</LINE> </SPEECH>
<STAGEDIR>Exeunt</STAGEDIR>
</SCENE>
</ACT>
<ACT><TITLE>ACT II</TITLE>
...
</ACT>
</PLAY>
```



[Wikipedia]

# Xquery is a Mixed Language

72

The following script produces a list of speakers of the hamlet plot

```
<html><head/><body>
{
  for $act in doc("hamlet.xml")//ACT
  let $speakers := distinct-values($act//SPEAKER)
  return
  <div>
  <h1>{ string($act/TITLE) }</h1>
  <ul>
  {
    for $speaker in $speakers
    return <li>{ $speaker }</li>
  }
  </ul>
  </div>
}
</body></html>
<?xml version="1.0"?>
```



[Wikipedia]

## 12.3.3 The Query Language Xcerpt

73

A modern, declarative XML query language



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

### Literature - Modular Xcerpt

74

Xcerpt prototype compiler: <http://sourceforge.net/projects/xcerpt>

Sebastian Schaffert. Xcerpt: A Rule-Based Query and Transformation Language for the Web. PhD Thesis, Institute for Informatics, University of Munich, 2004.

Sebastian Schaffert, François Bry. Querying the Web Reconsidered: A Practical Introduction to Xcerpt (2004) In Proc. Extreme Markup Languages <http://www.pms.informatik.uni-muenchen.de/publikationen/PMS-FB/PMS-FB-2004-7.pdf>

U. Aßmann, S. Berger, F. Bry, T. Furché, J. Henriksson, and J. Johannes. Modular web queries from rules to stores. In 3rd International Workshop On Scalable Semantic Web Knowledge Base Systems.

Uwe Aßmann, Andreas Bartho, Wlodek Drabent, Jakob Henriksson and Artur Wilk Composition Framework and Typing Technology tutorial In Reverse I3-d14 <http://reverse.net/deliverables/m48/i3-d14.pdf>

Jakob Henriksson and Uwe Aßmann. Component Models for Semantic Web Languages. In Semantic Techniques for the Web. Lecture Notes in Computer Science 5500. Springer Berlin / Heidelberg, ISSN 0302-9743, 2009 <http://springerlink.metapress.com/content/x8q1m87165873127/?p=edfdbbaec29743d59da1cd6f1ea50826&pi=4>

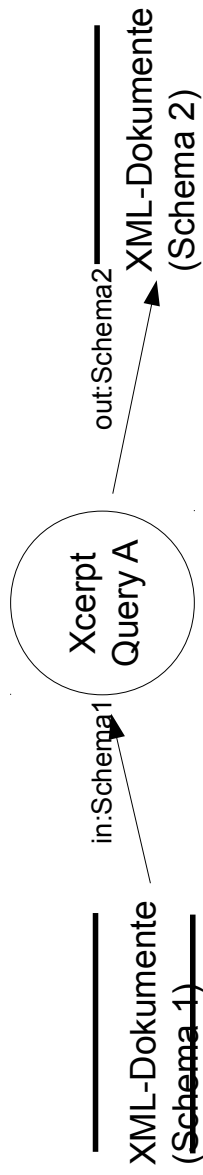
Artur Wilk. Xcerpt web site with example queries. <http://www.ida.liu.se/~artwi/XcerptT>



# Xcerpt: A Modern Web Query Language

75

- ▶ Xcerpt is a modern, pattern-based query language for XML formatted data
  - Patterns match data w.r.t. document structure
  - Fully declarative, in contrast to Xquery
  - Rule-based, declarative Style of Logic Programming (LP)
  - Much more flexible than XPath, which supports only path-based selection
- ▶ Xcerpt is also a transformation language in form of a term rewrite system (Termerzeugungssystem):
  - it has "Construct terms" to simplify creation of new documents
  - Separate query and construct parts (not like in XQuery)
  - Stream-based: processes read and write streams
  - Xcerpt can be used as generator and transformer in DFD



# Xcerpt Data Terms (XML Trees)

76

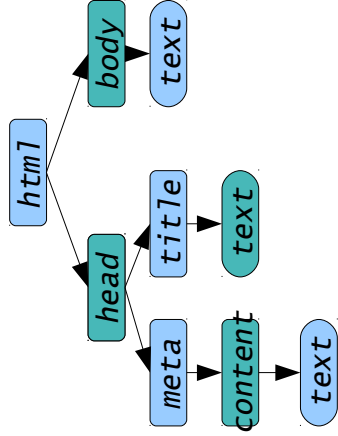
- ▶ Xcerpt data terms simulate XML trees (nice syntax)
- ▶ Basic constructors for data terms:
  - **exact description:**
    - ordered exact matching [...],
    - unordered exact matching {...}
  - **partial description:**
    - ordered [...]
    - unordered {...}
  - references/links: key id@, keyref ^id

```
<book><title>The Last Nizam</title></book>  
equivalent to:  
book [ title [ "The Last Nizam" ] ]
```



# Xcerpt Data Terms

```
html [
  head [
    meta [
      content {"text/html"}
    ],
    title ["Website"]
  ],
  body ["content"]
]
<html>
<head>
<meta content="text/html"/>
<title>
Website
</title>
content
</head>
<body>
content
</body>
</html>
```



# Xcerpt Programs

- ▶ Xcerpt programs consist of rules and data-terms
  - 1+ goal rules
  - 0+ construct-query rules
  - 0+ data-terms
- ▶ Construct rules: intermediate results (transformation FROM pattern match)  
**CONSTRUCT** <head> **FROM** <body> **END**
- ▶ Goal rules: final output  
**GOAL** <head> **FROM** <body> **END**
  - Where <head>: construct term; <body>: query

Result schema of a rule

Goal schema

```
CONSTRUCT
construct term
FROM
query term
END
```



## Xcerpt Query Terms

79

▶ A **query term** is a pattern containing variables (noted in uppercase letters) over XML data, underspecified data terms:

- Ordered matching: `data [ term [ ... X ] ]`
- No order matching: `data { term { ... X } }`
- Ordered partial matching: `[[ X ... ]]`
- Unordered partial matching `{ { ... X } }`
- Queries connect query terms with logical expressions:
  - and `{ ... },` or `{ ... }`
  - Variables can unify to subterms
- ▶ Construct terms are data terms with variables prefixed by keyword “var”  
`title [ book [ var X ] ]`



## Xcerpt Query Terms

80

▶ A **query term** (match expression, left-hand side of a rule) is a data term with variables and partial matching

```
library {{  
  book {{  
    var Author -> author {{  
      surname {"Aßmann"}  
    }},  
    title [ var Title ]  
  }}  
}}
```

- ▶ Ex. matches all books with at least one author named Aßmann
  - assigns the matched authors to variable Author
  - assigns the matched book titles to variable Title





## Simple Xcerpt program

81

- ▶ Matching query → variable bindings  
→ apply bindings to construct term

```
CONSTRUCT
titles [
  all title [ var Title ]
]
FROM
bib {{
  book {{
    title [ var Title ],
  }}
}}
END
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

produce →

```
titles [
  title [
    "The Last Nizam" ],
  title [
    "In Spite of the Gods" ]
]
```

query

```
// the data base
bib [
  book [ title [ "The Last Nizam" ], author [ "John Zubrzycki" ] ],
  book [ title [ "In Spite of the Gods" ], author [ "Edward Luce" ] ]
]
```

82

## Xcerpt Construct Terms

- ▶ **Construct Terms** (transformation expressions, right-hand sides of a rule)  
construct arbitrary structured XML data
  - access data from variables bound by query terms
  - aggregate/re-group data
  - can only have single brackets (no optional content)
- ▶ constructing one title/author pair in a result tag
- ▶ constructing a complete books result list grouped by full author name

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

```
result {
  var Title, var Author
}
```

```
bookList {
  all books {
    all var Author,
    var Title
  }
}
```

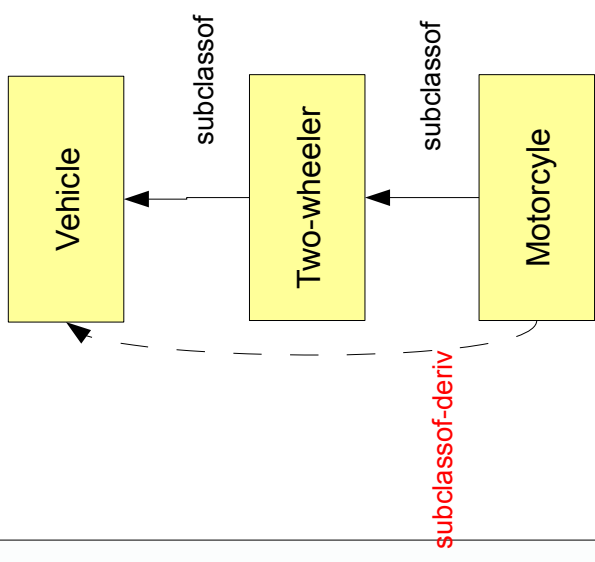
# Rule Dependencies in a Set of Rules (here: Transitive Closure)

84

```
CONSTRUCT
subclassof-deriv [ var Cls, var Cls ]
FROM
or { subclassof [ var Z, var Cls ],
    subclassof [ var Cls, var Z ] }
END

CONSTRUCT
subclassof-deriv [ var Sub, var Sup ]
FROM
or { subclassof [ var Sub, var Sup ],
    and {
        subclassof [ var Sub, var Z ],
        subclassof-deriv [ var Z, var Sup ]
    } }
END

CONSTRUCT subclassof [ var Sub, var Sup ]
FROM
in { resource { "file:...", "xml" },
    <query> }
END
```



## Modular Xcerpt

85

- ▶ *Modular Xcerpt* = Xcerpt + Module support
- ▶ [http://www.reuseware.org/index.php/Screenshot\\_LoadMXcerptProject\\_0.5.1](http://www.reuseware.org/index.php/Screenshot_LoadMXcerptProject_0.5.1)
- ▶ Declaring a module in Modular Xcerpt

```
MODULE module-id
module-imports
xcerpt-rules
```
- ▶ Declaring a module's interface
  - Modular Xcerpt programs importing a module can reuse public construct terms
  - Modular Xcerpt programs can provide data to an imported module's public query terms

```
public construct term

public query term
```



# Modular Xcerpt

- ▶ Modular Xcerpt is an Extension of Xcerpt for larger programs
- ▶ A query can be reused via a module's interface  
`IMPORT module AS name`
- reuses public construct terms as a data provider for the given query term  
`in module ( query term )`
- provides the given construct term to public query terms of an imported module  
`to module ( construct term )`



```
IMPORT file:subclassof.mx AS mod
GOAL vehicles [ all var Sub ]
FROM
IN mod (
output [[
subclassof [ var Sub,
"Vehicle" ]
]])
END
CONSTRUCT
TO mod (
input [
subclassof [
var Sub, var Sup ]
])
FROM
in { resource {
"file..." "xml" },
<query> }
END
Result:
vehicles [
"Vehicle", "Two-wheeler", "Motorcycle"
]
```

Reusable module, in file:subclassof.mx

MODULE subclassof-reasoner

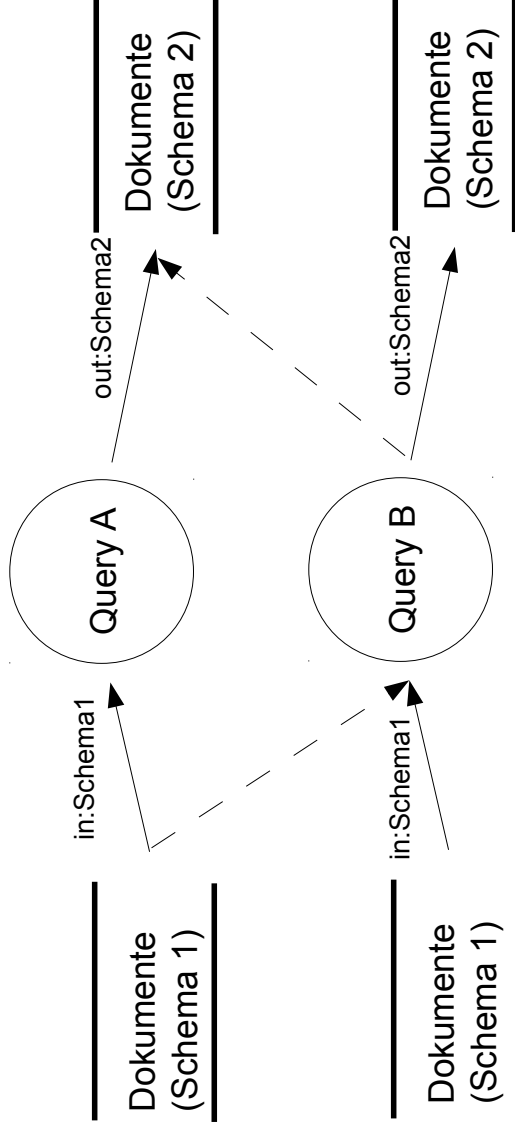
```
CONSTRUCT
public output [
all subclassof [ var Sub, var Sup ] ]
FROM subclassof-deriv [ var Sub, var Sup ]
END
CONSTRUCT
subclassof-deriv [ var Cls, var Cls ]
FROM
or { subclassof [ var Z, var Cls ],
Subclassof [ var Cls, var Z ] }
END
CONSTRUCT
subclassof-deriv [ var Sub, var Sup ]
FROM
or { subclassof [ var Sub, var Sup ],
and { subclassof [ var Sub, var Z ],
subclassof-deriv [ var Z, var Sup ]
}}
END
CONSTRUCT subclassof [ var Sub, var Sub ]
FROM
public input [[
subclassof [ var Sub, var Sup ]]]
END
```



→ = data flow

## Einsatz von QL in Werkzeugen

- ▶ Stromverarbeitende QL sind sehr gut geeignet für Werkzeugkomposition



Zwei stromtransformierende Werkzeuge können komponiert werden, falls ihre Ein- und Ausgabetypen übereinstimmen und keine Reihenfolge im Ausgabespeicher vorliegt.

## Resume Anfragesprachen

- ▶ Anfragesprachen können eingesetzt werden, um
  - Anfragen an Artefakte in Repositorien abzusetzen
  - Transformationen von Strömen zu organisieren
  - Werkzeuge zu beschreiben, die einfach zu komponieren sind
- ▶ Sie eignen sich daher für die Spezifikation von Funktionen, Aktionen und Prozessen, z.B. in DFD.
- ▶ Sie eignen sich auch, Bedingungen zu prüfen, auch Konsistenzbedingungen

## 12.4 Datenkonsistenzsprachen (Data Constraint Languages, DCL)

91



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Alßmann

### Werkzeugunterstützung für DDL (Rpt.)

92

Wir hörten, Prüfung der allgemeinen Integritätsregeln für relationale Datenmodelle, ERD und UML-CD, sei notwendig für:

- Bereichsprüfungen
- Eindeutigkeit
- Minimalität
- Fremdschlüssel-Verbindung
- Referentielle Integrität
- Verbotene Kombinationen von Daten

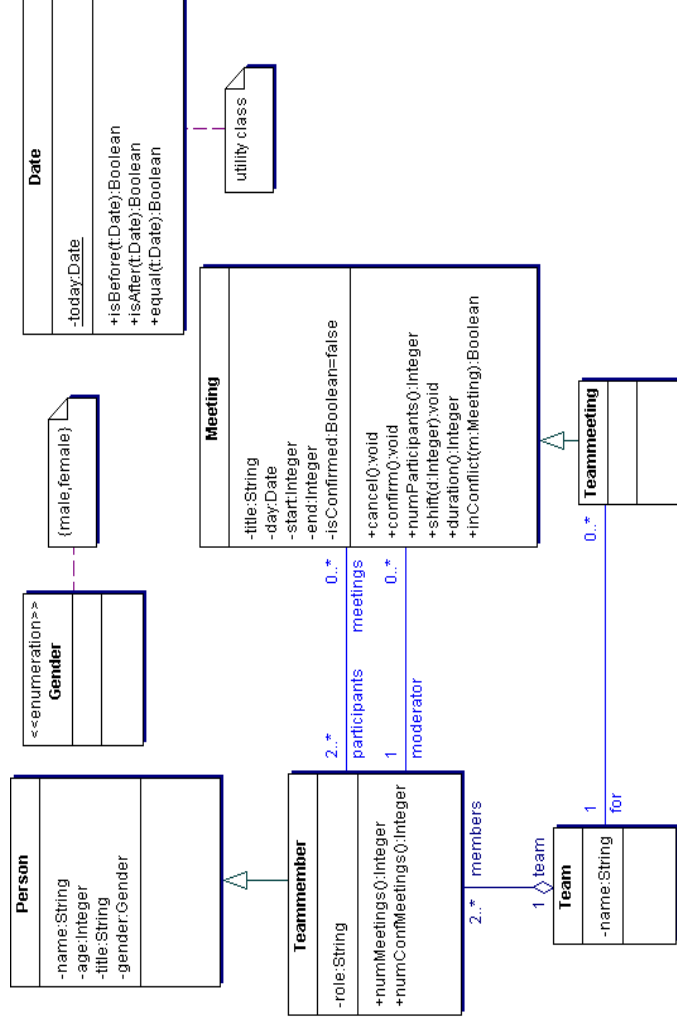
- ▶ Anstatt diese fest im Werkzeug zu verdrahten, d.h. fest einzuprogrammieren, kann man sie mit Konsistenzprüfungssprachen (DCL) spezifizieren
  - und dann vom Werkzeug aufrufen
- ▶ Man spricht von **Invarianten** der Artefakte, die durch eine DCL festgelegt werden
- ▶ DCL bauen oft auf DQL auf und prüfen bestimmte Anfrageresultate



## 12.4.1: OCL für Invarianten von UML-Klassendiagrammen

93

- Mehr in Vorlesung ST-II



Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



93

## Invariante - Beispiele

94

Beispiel

```
context Meeting inv: self.end > self.start
```

Äquivalente Formulierungen

```
context Meeting inv: end > start
```

- self bezieht sich immer auf das Objekt, für das das Constraint berechnet wird

```
context Meeting inv startEndConstraint:
```

```
self.end > self.start
```

- Vergabe eines Namens für das Constraint

- Sichtbarkeiten von Attributen u.ä. werden durch OCL standardmäßig ignoriert.
- Mehr Info in der Vorlesung "Konsistenzprüfung mit OCL" in der ST-II, Dr. Birgit Demuth

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.4.2. Spider Diagramme

95

- ▶ [http://en.wikipedia.org/wiki/Spider\\_diagram](http://en.wikipedia.org/wiki/Spider_diagram)
- ▶ S. Kent. Constraint Diagrams: Visualizing Invariants in OO Modelling. Proceedings of OOPSA 97, ACM Press, Oct. 97, pp. 327-341.
- ▶ S. Kent and J. Howse. Mixing Visual and Textual Constraint Languages, UML 99, IEEE press, Oct 1999.
- ▶ Spider-Diagramme sind äquivalent zu monadischer Logik 2. Stufe (monadic second order logic, MSOL).
  - Sie beinhalten damit OCL, das Logik 1. Stufe modellieren kann
- ▶ Die folgenden Diagramme stammen aus der Diplomarbeit: J. Lövdahl, Towards a Visual Editing Environment for the Semantic Web. Linköpings universitet, 2002.

Prof. U. Almann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



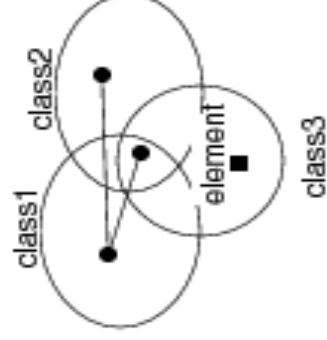
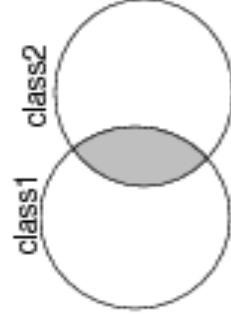
## Simple Spider Diagrams

96

- ▶ Existential Logic (propositional logic with existential quantifiers)

An object of class1 has an object of class2  
and an object in  $class1 \wedge class2 \wedge class3$   
and  $class3 \setminus class1 \setminus class2$  is not empty

$class1 \wedge class2$



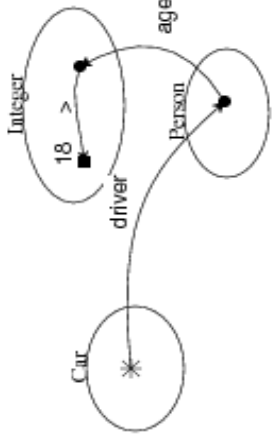
Prof. U. Almann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)





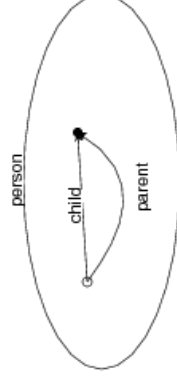
- ▶ All quantifiers are possible (star symbol)

All cars must be driven  
by a person older than 18

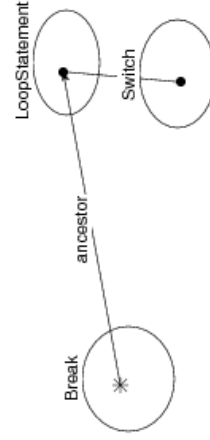


## Other constraints

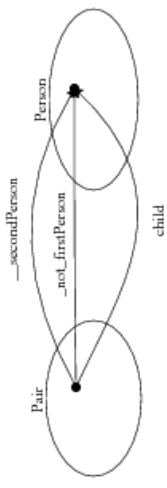
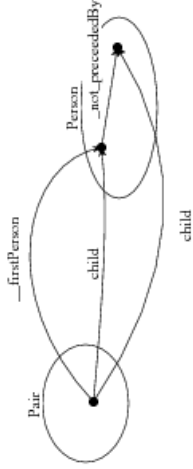
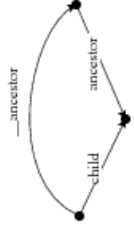
For every person, there is no child that has no parent



All Break statements must have a LoopStatement as ancestor,  
which is related to a Switch statement



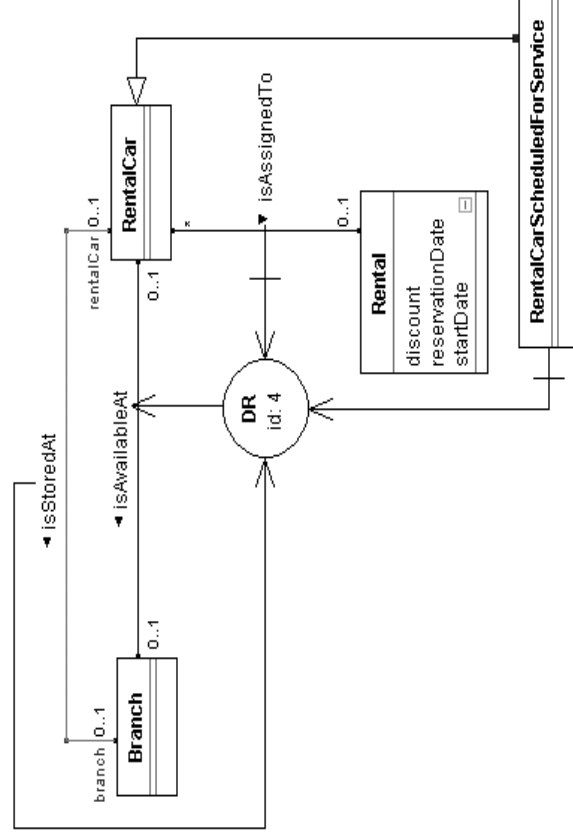




### 12.4.3. URML

- ▶ URML <http://oxygen.informatik.tu-cottbus.de/reverse-1l/?q=URML>
- ▶ Beispiel: Modeling a Derivation Rule for Defining an Association

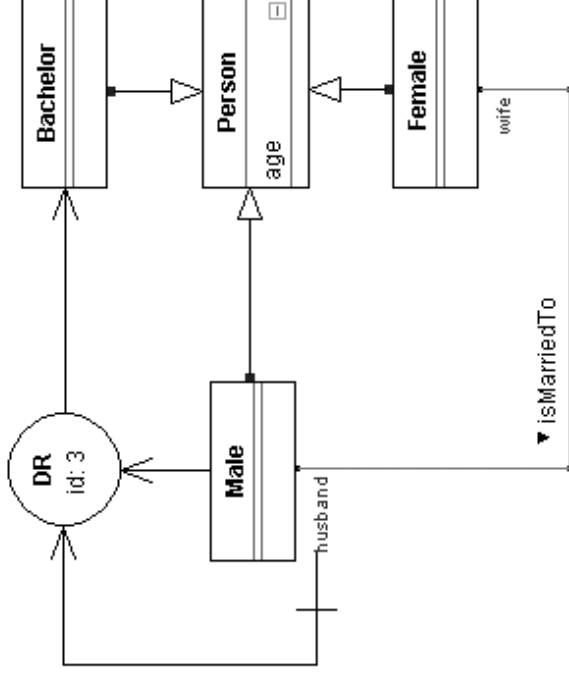
If a rental car is stored at a branch, is not assigned to a rental and is not scheduled for service, then the rental car is available at the branch.



## Modeling a Derivation Rule with a Role Condition

101

A bachelor is a male that is not a husband.



## 12.5 Data Transformation Languages (DTL)



102

Text, XML, Term, and Graph Rewriting

## DTL und DML

103

- ▶ Mit DML (Datenmanipulationssprachen) formatiert man Daten um.
- ▶ **Deklarative DML (Datentransformationssprachen, DTL)** bestehen aus Regeln, die ein Repertorium ohne die Spezifikation weiteren Steuerflusses transformieren.
  - Termersetzungsgesetze, die Bäume oder Dags transformieren (Kap. 35)
  - Graphersetzungsgesetze, die Graphen und Modelle transformieren (Kap. 36)
- ▶ **Imperative DML (allgemeine DML)** kennen Zustände und Seiteneffekte.
- ▶ Beispiele von deklarativen DML (DTL):
  - Xquery
  - Xcerpt als Strom-Manipulationssprache
  - XGRS und Fujaba als Graphtransformationssprachen (eigene Kapitel)

Prof. U. Alsmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## DRL

104

- ▶ Restrukturierung von Daten bedeutet, sie zu transformieren, und bestimmte Invarianten zu erhalten.
- ▶ Daher ist eine DRL eine spezielle DML, mit der speziellen Eigenschaft, dass nach bestimmten Transformationsschritten Invarianten mit einer DCL überprüft werden.
- ▶ Beispiel:
  - Man transformiert eine ER-Datenbank mit Hilfe von DFD, Xcerpt, oder XGRS in eine zweite Datenbank
  - und prüft ihre Konsistenz nach jedem Transformationsschritt mit einer DQL.

Prof. U. Alsmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.5.1 Datenflussdiagramme (DFD)

105

Wiederholung aus ST-II

DFD entsprechen speziellen Petrinetzen bzw. Workflowsprachen, die *keinen globalen Zustand* verwalten.

DFD vermeiden globale Speicher, sondern arbeiten mit partitionierten Repositorien. Daher sind sie für die Modellierung von Parallelität sehr gut geeignet, denn sie beschreiben die Compute-Data-Lokalität.



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

## Datenflußmodellierung

106

- ▶ **Datenfluss-Modellierung:** Prozesse (iterierte Aktionen) auf Datenflüssen, ohne gemeinsames Repository
  - Datenfluss (Datenströme, streams, channels, pipes) zwischen Prozessen (immerwährenden Aktivitäten auf einem Zustand)
  - Datenflussdiagramme werden für strukturierte Prozesse (Geschäftsprozesse, technische Prozesse, Abläufe in Werkzeugen) eingesetzt
- Datenfluss-Modellierung ist Hauptbestandteil der **Strukturierten Analyse (SA)**

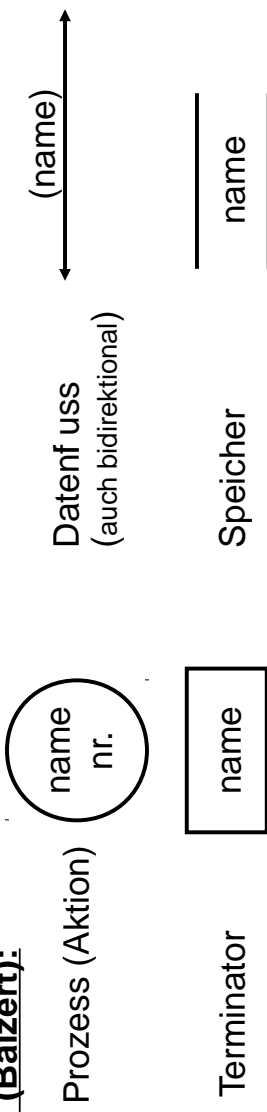


# DFD-Modellierung

107

- ▶ Hierarchische (reduzible) Prozessspezifikationen:
  - Kontextdiagramm (oberstes Diagramm, mit Terminatoren)
  - Parent-Diagramme
  - Child-Diagramme (Verfeinerte Prozesse)
- ▶ Datenkatalog wird benutzt zur Typisierung (spezifiziert in einer DDL)
- ▶ Minispezifikationen der Beschreibung der in Elementarprozessen durchzuführenden Transformationen.
  - mit Pseudocode
  - mit einer Transformationssprache wie Xcerpt

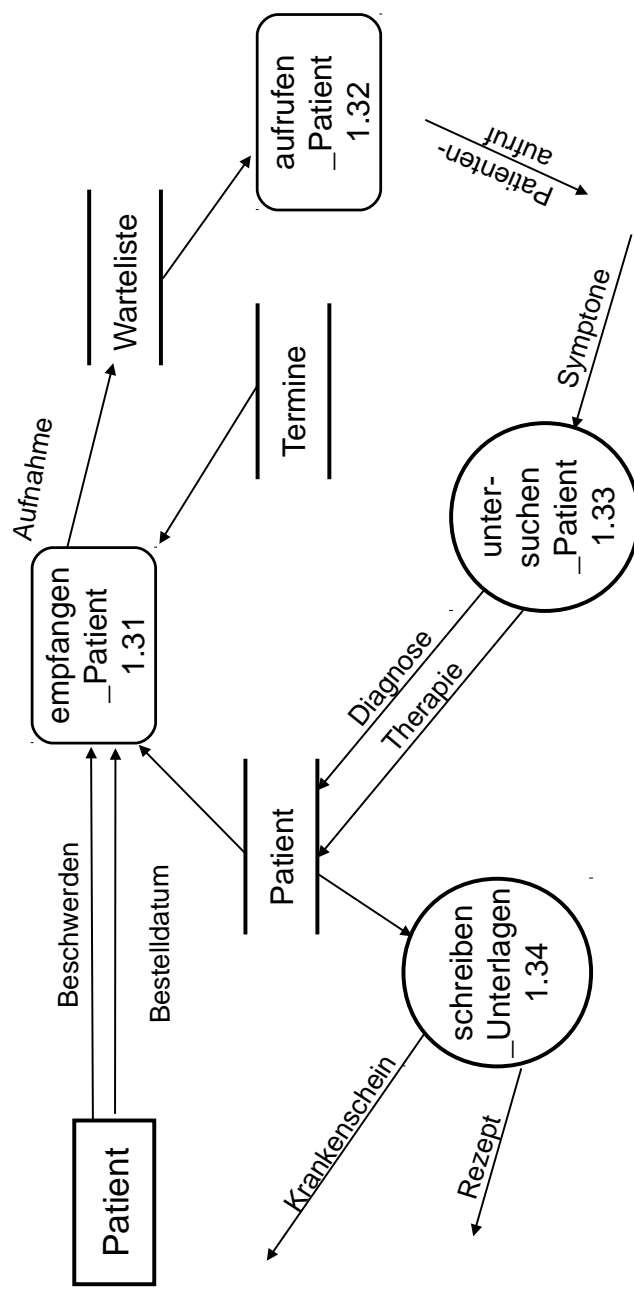
## Symbole (Balzert):



# DFD-Beispiel "behandeln\_Patient"

108

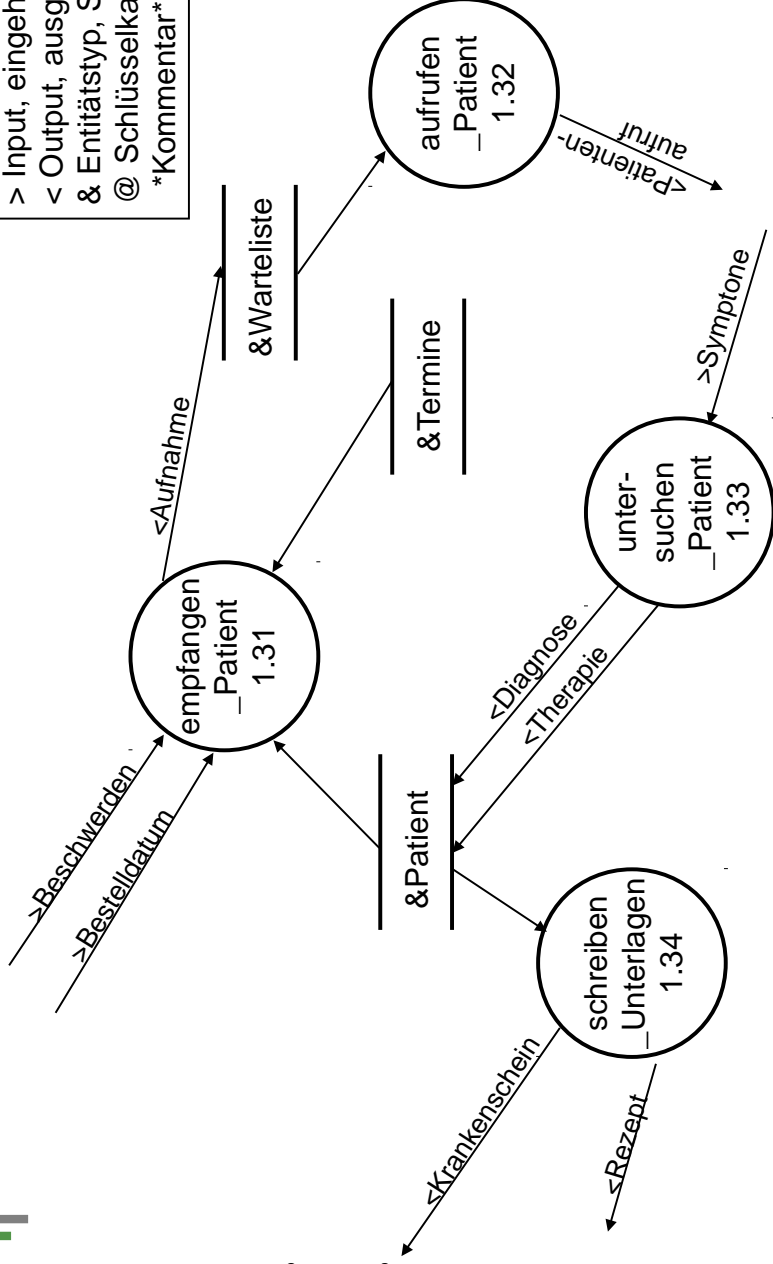
- ▶ Prozesse auf Datenströmen, auch Geschäftsprozesse
- ▶ Kein zentrales Repository, lokale Daten, explizite Definition des Datenflusses
- ▶ UML notiert Aktivitäten und Prozesse mit Ovalen, SA/Balzert mit Kreisen



# Verfeinertes DFD-Beispiel "behandeln\_Patient", hier in SA-Notation

109

Legende (aus Minispez.):  
> Input, eingehender Datenf.  
< Output, ausgeh. Datenf.  
& Entitätstyp, Speicher  
@ Schlüsselkandidat  
\*Kommentar\*



Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# Wohlgeformtheitsregeln (Integritätsregeln) von DFD

110

## ► Syntaktische Regeln zur graphischen DFD-Darstellung:

- Jeder Datenfluss muß mit mindestens einem Prozess verbunden sein.
- Datenflüsse zwischen Terminatoren und zwischen Speichern sind nicht erlaubt.
- Datenspeicher, die nur einseitig beschrieben (ohne zu lesen) und nur einseitig gelesen (ohne zu beschreiben) werden, sind nicht erlaubt.
- Prozesse, die Daten ausgeben, ohne sie erhalten zu haben oder umgekehrt, die Daten erhalten, ohne sie auszugeben oder zu verarbeiten, sind nicht erlaubt.
- Im Kontextdiagramm darf es keine Speicher geben, in Verfeinerungen keine Terminatoren
- Jeder Prozess, Speicher und Datenfluss muss einen Namen haben. Nur in dem Fall, wo der Datenfluss alle Attribute des Speichers beinhaltet, kann der Datenflussname entfallen.

## ► Semantische Konsistenzregeln zur Wohlgeformtheit der Namensgebung:

- Prozessnamen: Verb\_Substantiv zur aussagekräftigen Beschreibung (z.B. berechne\_Schnittpunkt)
- Datenflussnamen: [<Modifier>]Substantiv beschreibt momentanen Zustand des Datenflusses (z.B. <neue>Anschrift)
- Speichernamen: Substantiv, das den Inhalt des Speichers (identisch Entity im DD) beschreibt (z.B. Adressen)

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



Weiterführende Literatur: [BAL]

## Integritätsregeln der DFD-Erstellung: Balancieren zwischen DFD und anderen Sprachen

111

- ▶ **Vertikales Balancing** zwischen Knoten und Verfeinerungen
  - Alle Komponenten der im Vater referenzierten Flüsse sind zu benutzen.
- ▶ **Horizontales Balancing** zwischen DFDs und Minispezifikationen:
  - Jede Minispezifikation muß genau einem (Primitiv-)Knoten zuordenbar sein und umgekehrt
  - Alle Schnittstellen zu Knoten müssen in der MSpec referenziert sein und umgekehrt.
  - Alle Ausgaben jedes Prozesses müssen aus seinen Eingaben erzeugbar sein (korrekte Nutzung von Speichern!).
- ▶ **Balance von DFDs zum Data Dictionary:**
  - Zusammensetzung jedes Datenflusses und Speichers vollständig im DD beschrieben
  - Jedes Datenelement im DD muß in anderem Datenelement oder DFD vorkommen (Vollständigkeit)
- ▶ **Balance von ERD zu DFDs und Minispezifikationen:**
  - Jeder Speicher und Typ eines Kanals in einem DFDs muß einem Entitytyp des ERD entsprechen.

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## DFD als BSL mit privaten Daten

112

- ▶ DFD verzichten auf ein globales Repository, sondern spalten die Daten in "private" Speicher auf,
  - für die explizit spezifiziert wird, wohin ihre Daten fließen
- ▶ DFD sind sehr gut geeignet für die Spezifikation von Werkzeugverhalten
  - Datenabhängigkeiten sind immer klar, da explizit spezifiziert
  - Natürliche Parallelität
  - Einfache Komposition durch Anfügen von weiteren Datenflüssen und Teilnetzen

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## 12.6 Datenmanipulationssprachen (DML) and Behavioral Specification Languages (BSL)

113

Sprachen zur Manipulation von Daten, mit  
globalem Zustand



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

### 12.6.1 Pseudocode

114

<http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudocode>



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann



# Pseudocode

115

- ▶ **Pseudocode** besteht aus strukturiertem Text mit Schlüsselwörtern für Strukturkomponenten, z. B. seq, endseq, if, then, else, endif, while, endwhile, call, action, stop, ...
  - "freisprachl. Text" ist als Kommentar eingeschlossen
- ▶ Werkzeugunterstützung:
  - Syntaxkontrolle mit Parsern für Pseudocode
  - Codeerzeugung (Codegerüst + Kommentare)
  - Dokumentationserstellung (Einrückdiagramme, PAP, Struktogramm)
- ▶ Pseudocode liegt auf der Hesse'schen Skala des Formalisierungsgrades links vom Code:

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# Beispiele für Pseudocode

116

- ▶ Die in Pseudocode vorkommenden formalen Namen sind :
  - **Titel** von Prozeduren und Prozessen
  - Im Datenkatalog erklärte Datenfluss- und Attributnamen (Referenzierung)
  - Pseudocode-Schlüsselwörter
  - lokale Namen und freisprachlicher Text zur Verbesserung der Lesbarkeit
  - Makros zur Zusammenfassung mehrerer Worte.

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

```
prozess empfangen_Patient 1.3.1  
fuer &Patient
```

```
mit >Bestelldatum = Datum in &Termine und >Beschwerden
```

```
wenn Name*des Patienten* in &Patient  
    sonst "aktualisieren_Patient 1.1"
```

```
wenn keine >Beschwerden und >Bestelldatum ungueltig
```

```
    dann „vergeben_Termin 1.2“
```

```
    sonst uebernahme Patientendaten aus &Patient
```

```
        alle Unterlagen fuer Arzt aufbereiten
```

```
<Aufnahme Name*des Patienten* in &Warteliste
```

```
wenn @Bestdat+Zeit = Kalenderdatum + Uhrzeit
```

```
    dann Terminpatient Platz m+1*
```

```
        vorhergehender Terminpatient m*
```

```
    sonst Platz n+1*n Anzahl aller Patienten im Wartezimmer*
```



## Beispiele für Pseudocode (2)

117

```
action empfangen_Patient
while (Patienten oder Praxisoeffnung)
seq Eingabe >Bestelldatum, >Beschwerden
if (@Bestdat+Uhrzeit enth. &Termine)
then Bestellpatient
else if (@Gebdatum+Name enth. &Patient)
then ziehen Patientenakte
else call aktualisieren_Patientendaten
endif
if (>Beschwerden <> 0*vorhanden*)
then Unbestellter_Patient
else call vergeben_Termin
endif endif
Aufbereiten aller Unterlagen fuer Arzt endseq
if (Bestellpatient)
then <Aufnahme Platz m+1 in &Warteliste
else <Aufnahme Platz n+1 in &Warteliste
endif endwhile
stop
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Unterstützung für Pseudocode

118

- ▶ LaTeX-Distributionen besitzen gute Style-Pakete für Pseudocode:

- algorithms.sty
- \usepackage{algpseudocode}
- \usepackage{algorithmic}
- listings.sty

- ▶ ELAN, klartextähnliche Programmiersprache

- <http://de.wikipedia.org/wiki/ELAN>
- Teil von Betriebssystem L3, Vorgänger von L4

```
PACKET stack handling DEFINES push,pop,init stack:
LET max = 1000;
ROW max INT VAR stack;
INT VAR stack pointer;
PROC init stack:
  stack pointer := 0
END PROC init stack;
PROC push (INT CONST dazu wert):
  stack pointer INCR 1;
  IF stack pointer > max
  THEN errorstop ("stack overflow")
  ELSE stack [stack pointer] := dazu wert
  END IF
END PROC push;

PROC pop (INT VAR von wert):
  IF stack pointer = 0
  THEN errorstop ("stack empty")
  ELSE von wert := stack [stack pointer];
  stack pointer DECR 1
  END IF
END PROC pop

END PACKET stack handling;
```

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

- <http://os.inf.tu-dresden.de/L3/usrman/node10.html>



## 12.6.2 Sprachen zur Verhaltensspezifikation (BSL)

119

Mit formaler Semantik, damit Beweise möglich werden  
.. siehe ST-2 ..



Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

## Automaten, Petri-Netze und Workflowsprachen

120

Automaten wurden bereits in Softwaretechnologie-I behandelt.  
Petri-Netze und Workflowsprachen werden ausführlich in Softwaretechnologie-II behandelt.  
Petrietze und Workflowsprachen kennen einen globalen Zustand, sind also allgemeine DML.  
Bitte schlagen Sie dort die entsprechenden Kapitel nach.



## 12.7. Erweiterbare Werkzeuge durch Einsatz von DQL und DTL in DFD-Mashups

121

Beispiel: Technikraum Treeware-XML

XML Mashups sind spezielle DFD

Beispiel kann mit ähnlichen DQL auf Graphware oder Grammarware übertragen werden



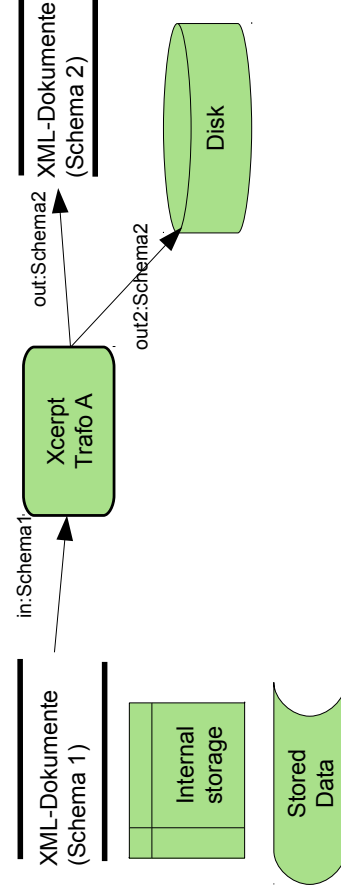
Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

## Use of DQL in DFD (e.g., Mashups)

122

- ▶ DQL (Xquery, Xcerpt und andere) can be employed as generators and transformers in DFD
  - A DDL forms the types
  - String rewrite systems can be used to specify processes if channels transport texts
  - Term rewrite systems can be used to specify processes if channels transport trees
    - With XML and XSD, Xcerpt can be used
  - Graph rewrite systems can be used if channels transport graphs
- ▶ Mashups are easily extensible, because channels can be replicated and extended
- ▶ Mashups are extremely important for extensible tools

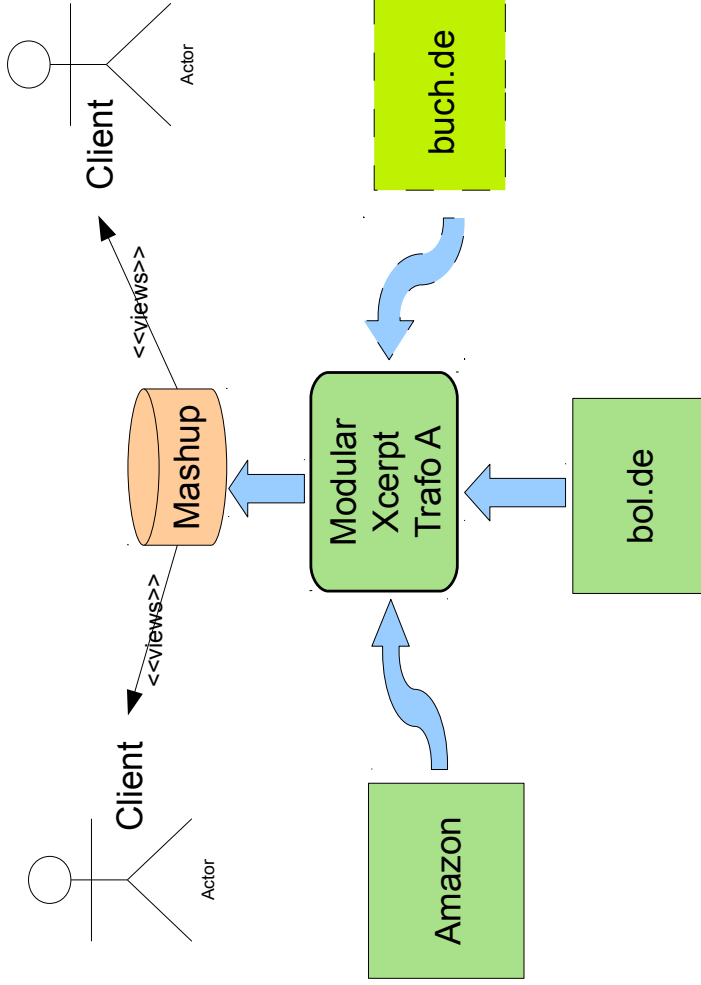
Prof. U. Aßmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# Mashups with Modular Xcerpt

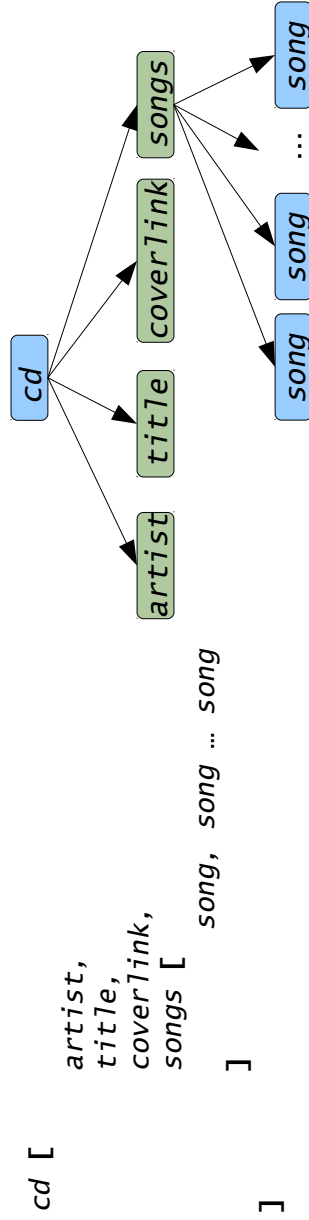
Use Modular Xcerpt for creating a CD mashup of our favourite music LPs

- “mashing-up” freely available data from online stores
- easily extensible with new sources or processing steps



# Mashups with Modular Xcerpt

- ▶ First we need a data structure for CDs, so that we can use it for our virtual store of aggregated data
- ▶ Model with Xcerpt data terms (XML trees)







## 12.7.2. Aspect-Oriented XML-Weaving with XML Transformations

129

- Für aspektorientierte Erweiterung von DFD und Mashups

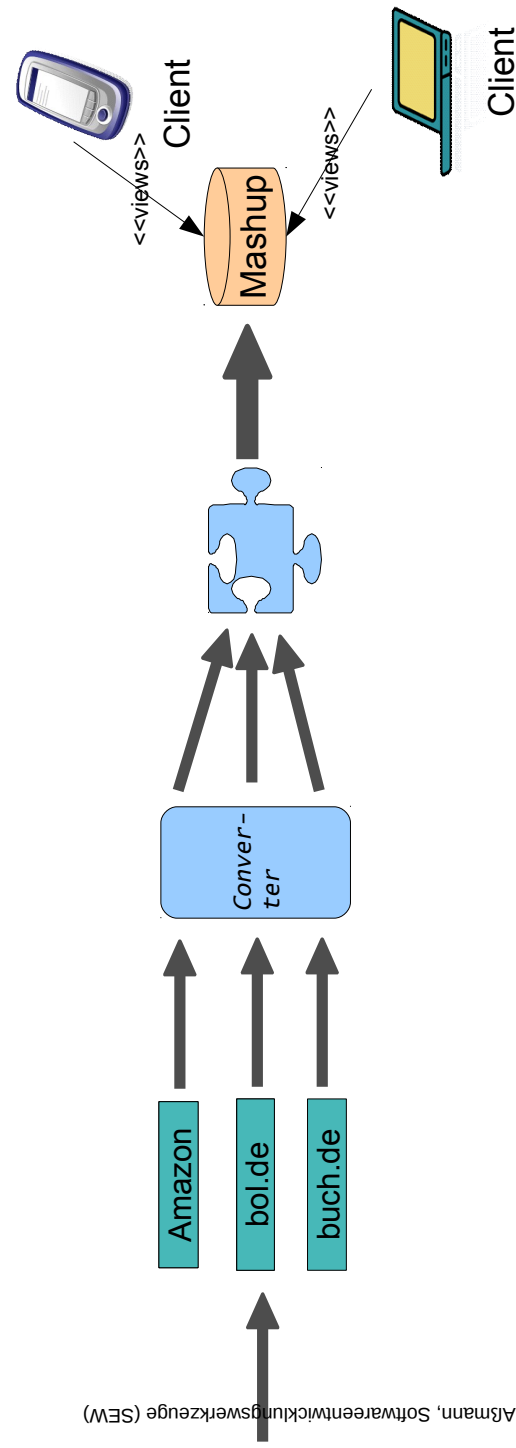


Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW) © Prof. Uwe Aßmann

## XML Adaptation Aspects (HyperAdapt Weaver)

130

- ▲ Xcerpt mashups induce dataflow architecture
- ▲ Mashups should be rendered for different target devices, e.g., mobiles, tablets → *Adaptation Aspects*



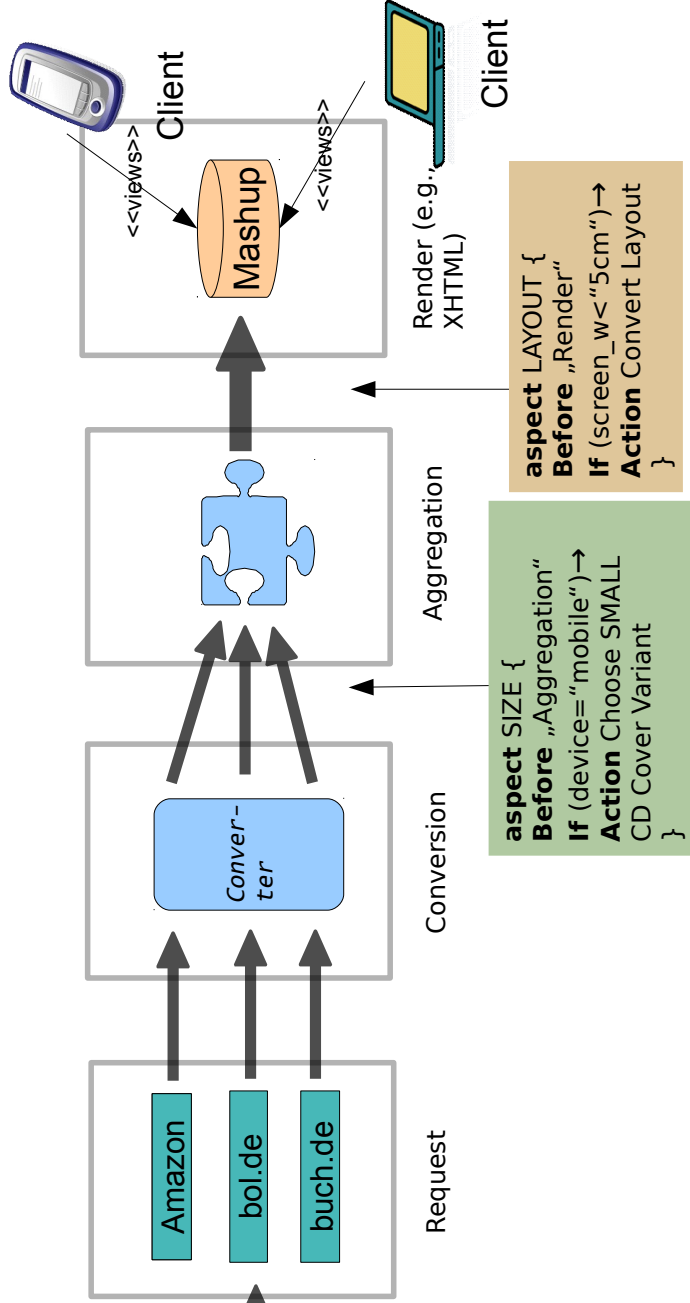
Prof. U. Aßmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)





# XML Adaptation Aspects (HyperAdapt Weaver)

- The tool "HyperAdapt Weaver" modifies the streams by transformation: "aspect slices" are "woven" into the stream



# XML Adaptation Aspects (HyperAdapt Weaver)

- Example: Virtual Storage Music Database before aggregation phase as plain XML

```
aspect SIZE {
  Before „Aggregation“
  If (device="mobile")→
  Action Choose SMALL
  CD Cover Variant
}
```

```
<music-database xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://music.music.xsd" xmlns="http://music">
  <album inStock="Yes">
    <title>How to Be a Megastar-Live!</title>
    <artist>
      <pseudonym>Blue Man Group</pseudonym>
    </artist>
    <id>B00166GLVO</id>
    <edition>First</edition>
    <publisher>Rhino (Warner)</publisher>
    <image size="SMALL" url="...">
    <image size="LARGE" url="...SS500.jpg"/>
    <image size="TINY" url="...SS500_tiny.jpg"/>
    <media>
      <medium kind="CD">
        <tracks>
          <song name="Above" length="3.30" />
          <song name="Drumbone" length="3.25" />
          <song name="Time To Start" length="4.22" />
          <song name="Up To The Roof" length="4.16" />
          <song name="Altering Appearances" length="2.23" />
          <song name="Persona" length="4.12" />
          <song name="Your Attention" length="4.04" />
          <song name="Piano Smasher" length="6.01" />
          <song name="Shirts And Hats" length="4.40" />
          <song name="Sing Along" length="3.10" />
        </tracks>
      </medium>
    </media>
  </album>
</music-database>
```



## XML Adaptation Aspects (HyperAdapt Weaver)

133

- ▶ Example: Document adaptation specified as HyperAdapt Adaptation Aspect, written in the XML-based HyperAdapt Aspect Language
  - Interpreting these aspects, the weaver weaves aspect slice into streams

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<aspect name="choose-image">
  <interface>
    <core id="core" type="http://music" />
  </interface>
  <adviceGroup>
    <scope>
      <xpath>/music-music-database</xpath>
      <before>Aggregation</before>
    </scope>
    <advicees>
      <chooseVariant>
        <pointcut>/music:album/music:image[1]</pointcut>
      </chooseVariant>
    </advicees>
  </adviceGroup>
</aspect>
```

document namespace

process stage (joinpoint)

adaptation rule (advice)



SMALL



LARGE



TINY

(Pictures from amazon.de)

## Separations of Concerns by Transformations

134

- ▶ HyperAdapt Weaver supports the separation of concerns
- ▶ AOP benefits: Adaptation is decoupled from original transformations
- ▶ “Functional” aspects are separately specified from “platform aspects”

## 12.8 Benutzungshierarchie der Sprachfamilien (Struktur von M2)

135

Jeder Technikraum hat auf M2 eine Sprachfamilie mit einer stereotypen Struktur

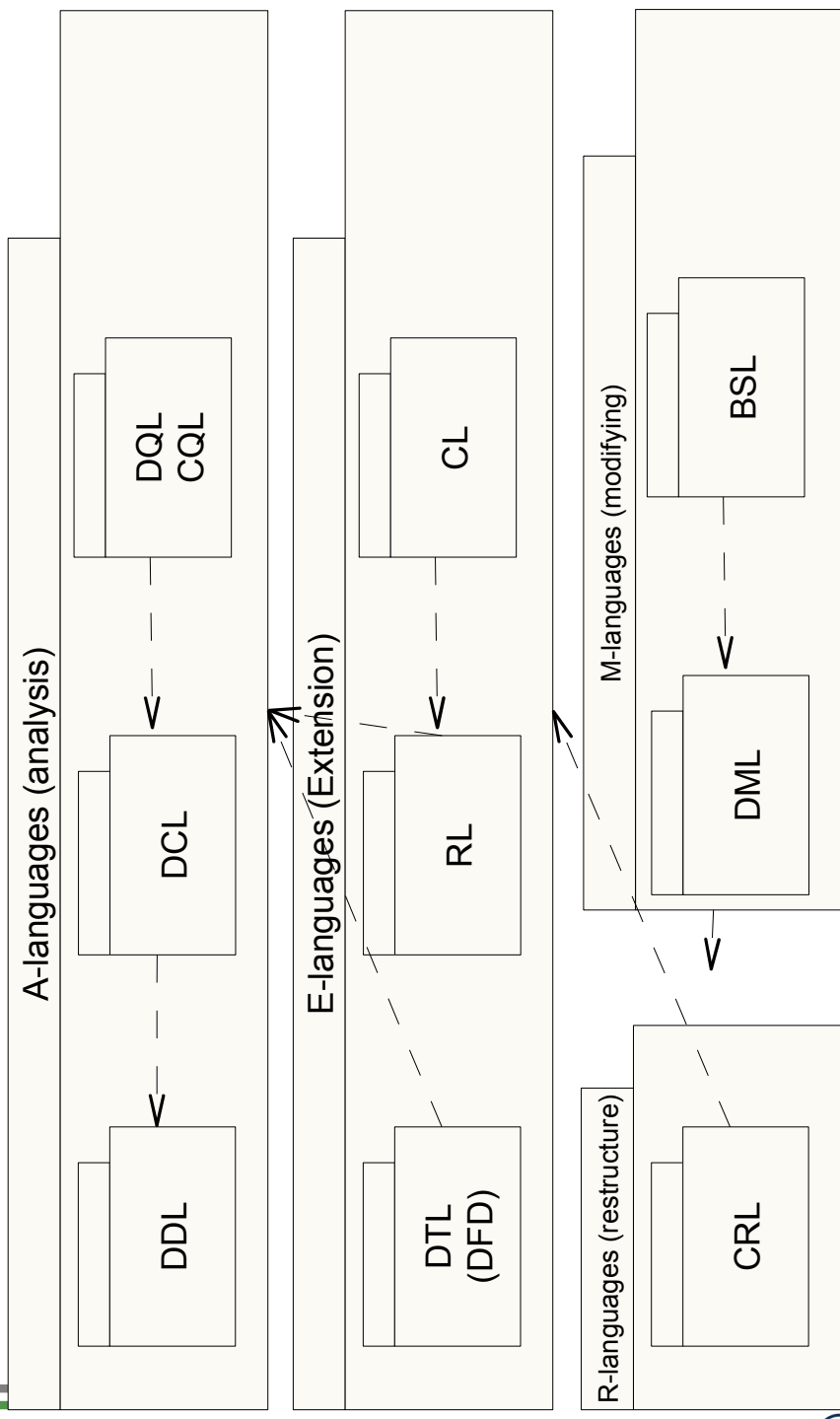
## Weitere Sprachklassen

136

- ▶ Wiederverwendungssprachen (reuse languages, RL) werden in der Vorlesung CBSE behandelt
  - Komponentenmodelle
  - Modulsprachen
  - Architektursprachen
  - Kompositionssprachen
- ▶ Verhaltenssprachen (BSL) in den grundlegenden Vorlesungen
  - Zustandssprachen
    - Endliche Automaten und Statecharts (Siehe Softwaretechnologie)
    - Petri-Netze (Siehe Softwaretechnologie II)
  - Workflow-Sprachen vereinigen Kontroll- und Datenfluss (später)

# Grundlegende Sprachfamilien (Struktur von M2)

137

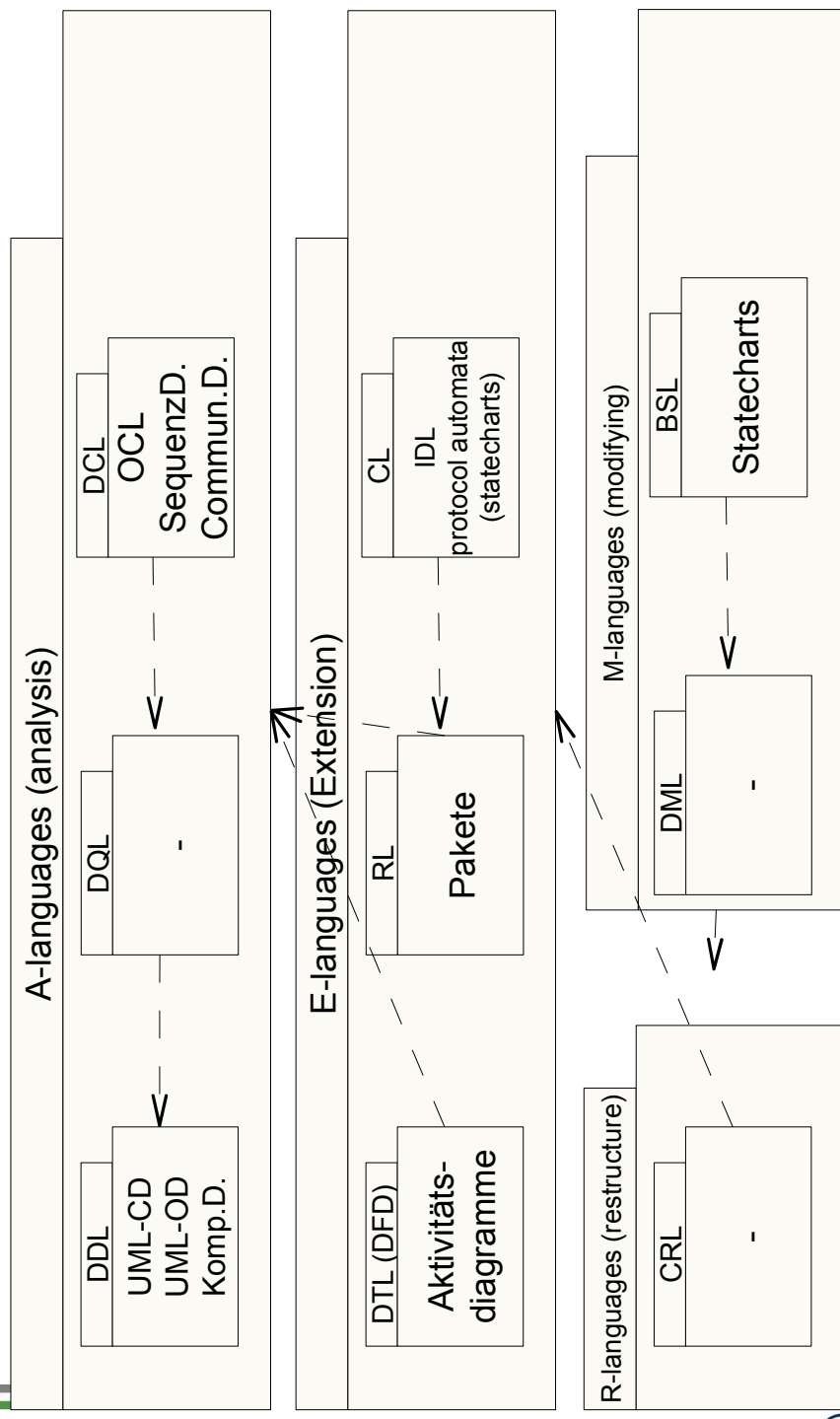


Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# UML-Sprachfamilie (Struktur von M2)

138

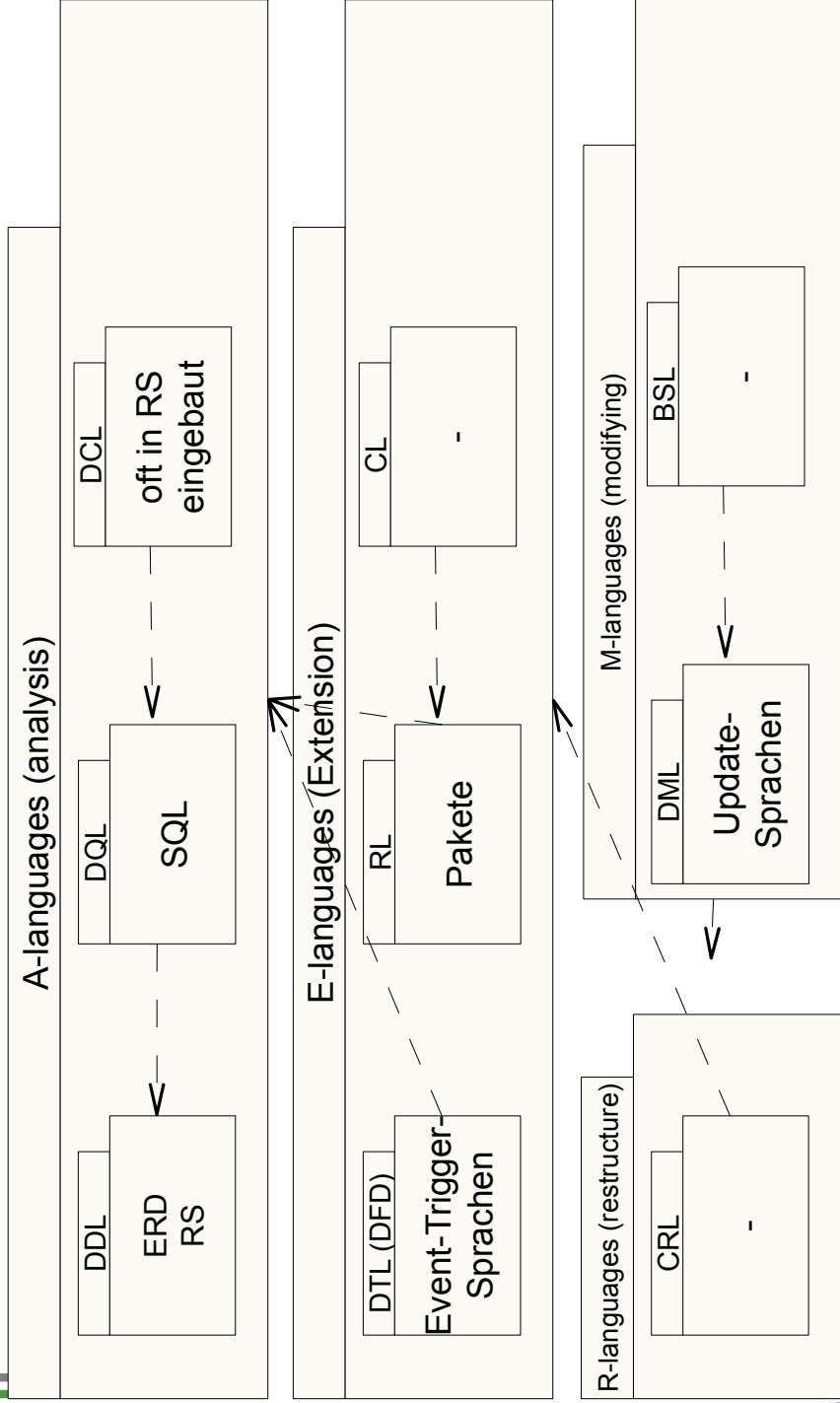


Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# ERD/RS-Sprachfamilie (Struktur von M2)

139

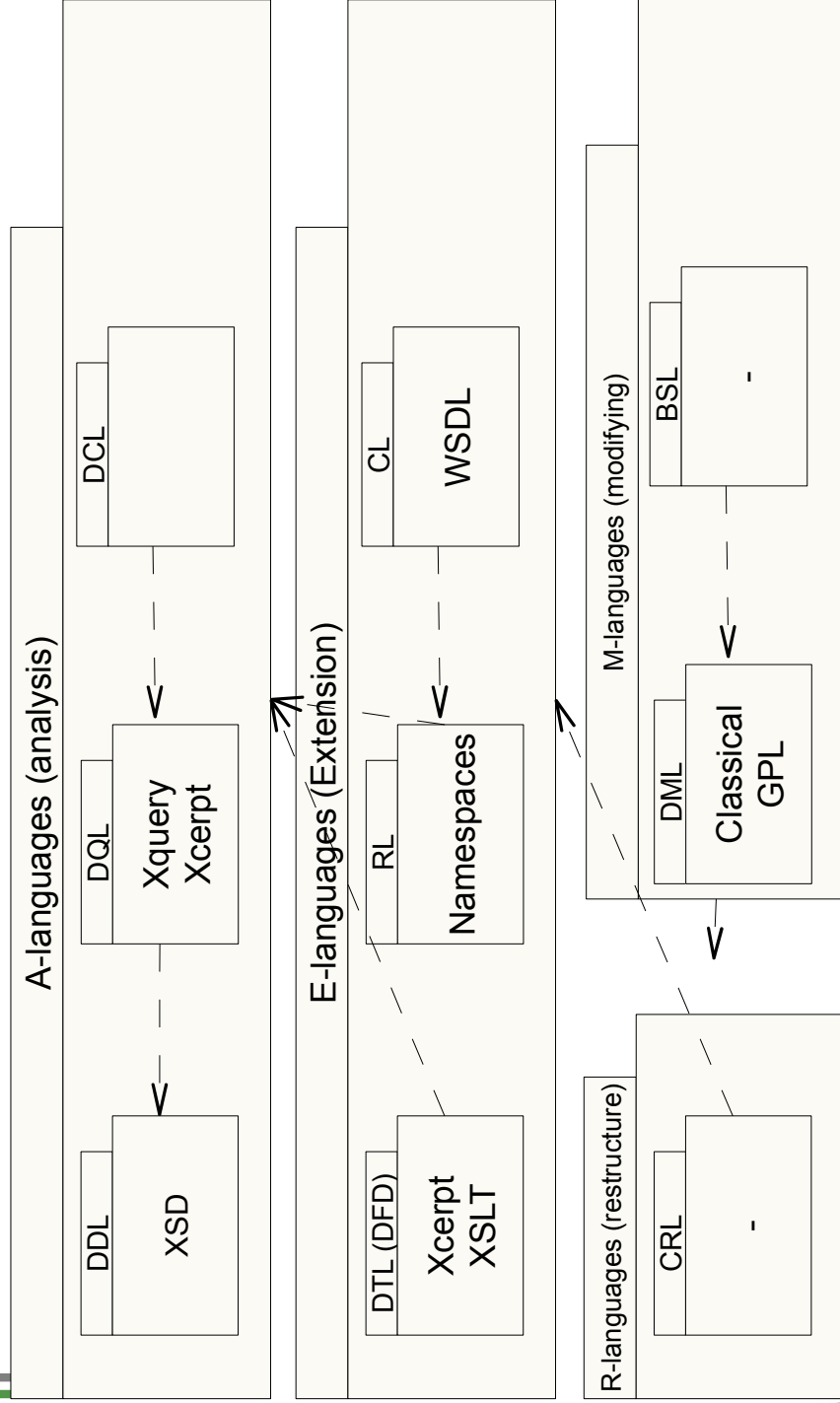


Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# XML-Sprachfamilie (Struktur von M2)

140

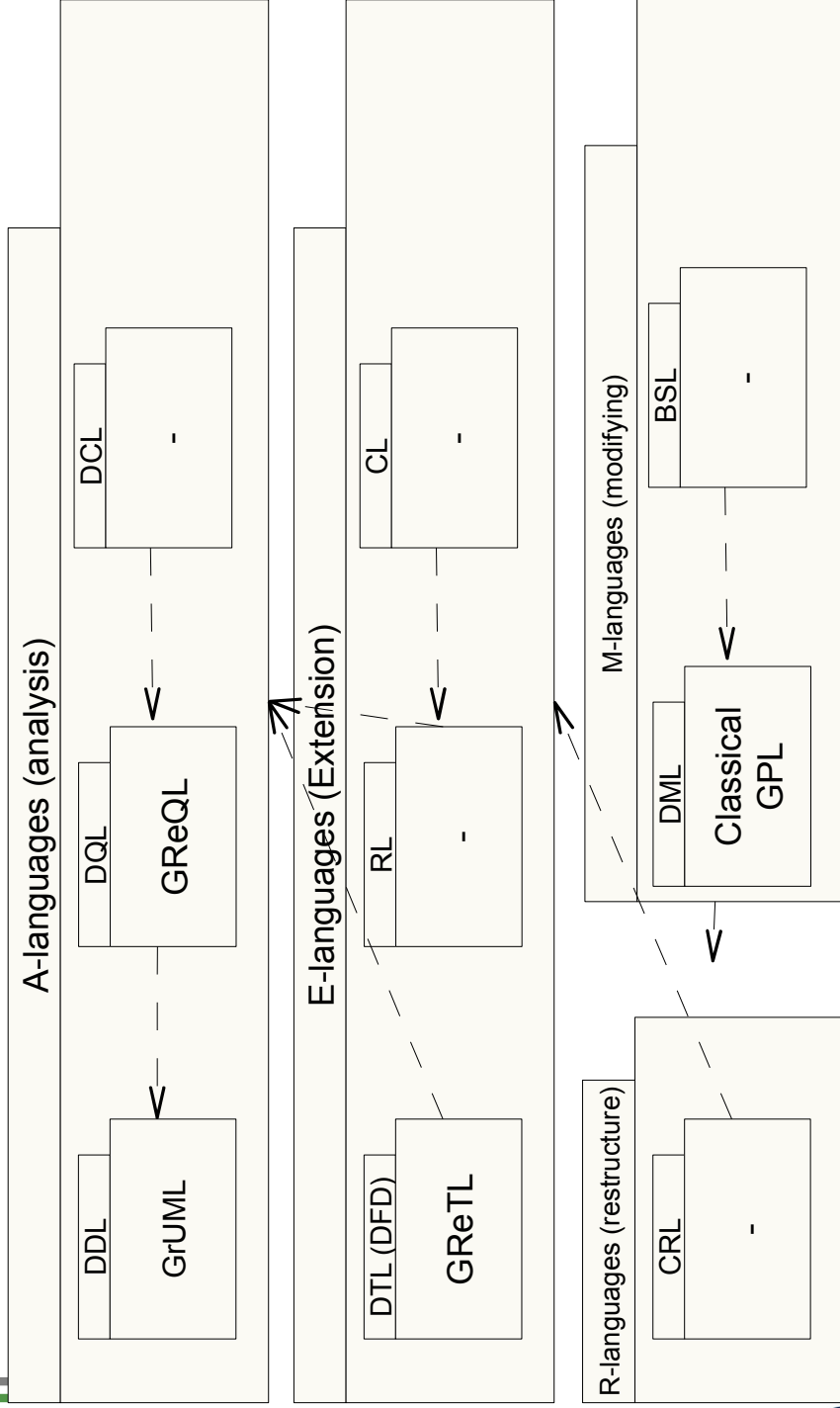


Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# GrUML-Sprachfamilie (Struktur von M2)

141

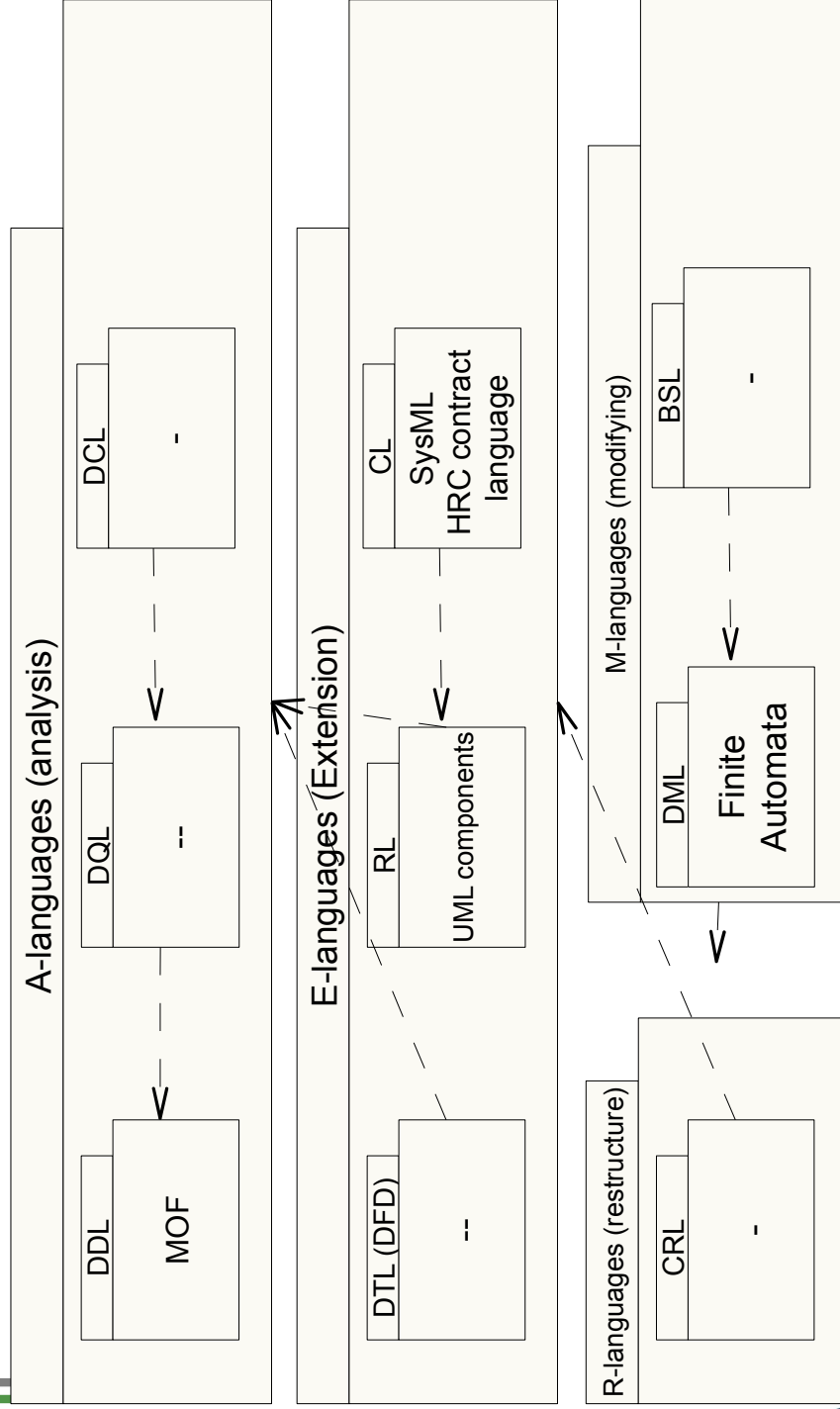


Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



# HRC-Sprachfamilie für Safety-Critical Embedded Software

142



Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Warum ist die genaue Kenntnis der M2-Struktur für Werkzeugnutzung wichtig?

143

Sprachen, mit denen man Werkzeuge bedient, kombinieren verschiedene Sprachvarianten der Schichten von M2 (**M2-Mix**)

- ▶ ERD – MOF – XSD – UML-CD
- ▶ Xquery – XSLT – SQL – SPARQL
- ▶ OCL – SpiderDiagrams – OntologyLanguages
- ▶ Java – C++ – C#
- ▶ Petrinetze – DFD – WorkflowNets – BPMN

Domänenspezifische Sprachen bestehen immer aus einem M2-Mix  
Methoden benutzen immer einen Mix aus Basistechniken

## Warum ist die genaue Kenntnis der M2-Struktur für Werkzeugbau wichtig?

144

Wie kann ich Metamodelle von Sprachen komponieren, um den Werkzeugbau zu vereinfachen?

- ▶ Mit der Komposition der Metamodelle komponieren sich auch bestimmte Teile von Werkzeugen automatisch, z.b. das Repository
- ▶ Zur Komposition von Sprachen muss ein *Kompositionssystem* vorliegen
  - Einfaches Beispiel: UML-Paket-Merge-Operator
  - Xcerpt-Regeln sind komponiert aus einem Query-Teil (FROM clause) und einem CONSTRUCT-Teil

**Sprachkomposition:** Jenseits von Benutzungen von Sprachkonzepten aus tiefer liegenden Stufen der Benutzungshierarchie können Sprachkonzepte mit anderen *komponiert* werden, um zu neuen zu gelangen

## Wie kann ich Werkzeuge zu Basistechniken komponieren?

145

- ▶ In jedem Technikraum müssen Werkzeuge, Modellmanagement-Umgebungen und SEU gebaut werden
- ▶ Für ein Werkzeug, das eine Entwicklungsmethode unterstützt, oder eine SEU, müssen mehrere Werkzeuge für einzelne Basistechniken komponiert werden
- ▶ Wie geht das?
- ▶ Idee: Komponiere die Metamodelle der Sprachen/Basistechniken auf M2 und generiere die Werkzeuge!

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)

Wie kann ich Basistechniken einer SW-Entwicklungsmethode wiederverwenden, und damit ein Werkzeug für die Methode zusammensetzen?  
Welche Basistechniken und zugehörige Sprachen gibt es?

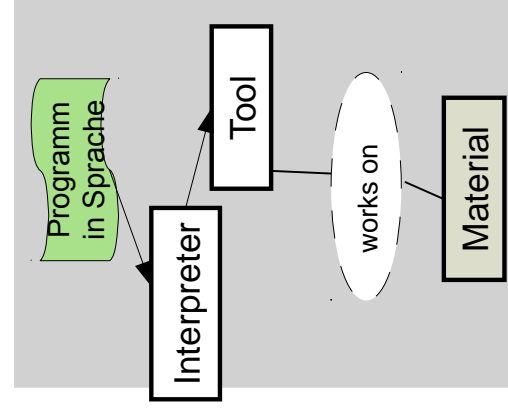
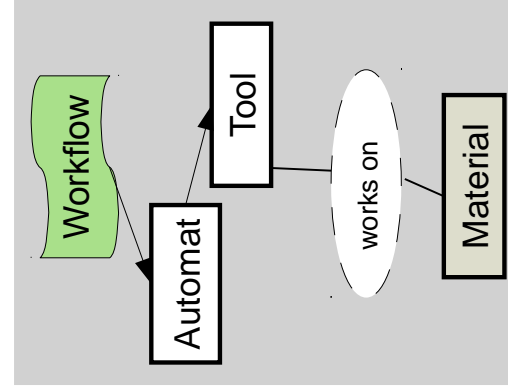
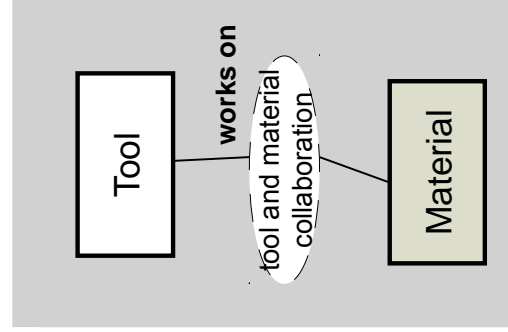


## Tools, Automata and Interpreting Tools

146

- ▶ Ein **Werkzeug** ist ein kommando-orientiertes Objekt, mit dem Material bearbeitet wird
- ▶ Werkzeuge, die einen Arbeitsablauf (Workflow) ausführen und während dessen weitere Werkzeuge anstoßen, nennt man **Automaten**
  - Kann einen Zustandsautomaten, Datenfluss, oder Workflow meinen
- ▶ Ein **Interpreter** ist ein Automat, der eine Sprache interpretiert, um daraus einen Workflow zu gewinnen, mit dem es Material bearbeitet

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)





## The End – Was haben wir gelernt?

147


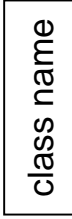

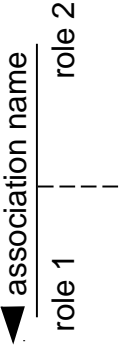
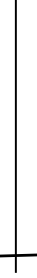
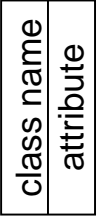
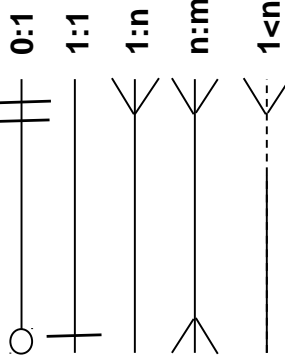

- ▶ Sprachfamilien lassen sich abgrenzen nach dem, was sie mit Daten tun.
  - Bestimmte Sprachklassen können einfach mit anderen komponiert werden
  - Werkzeuge, die bestimmte Sprachklassen verwenden, können einfach komponiert werden
  - DFD lassen sich leicht in Aspekte einteilen
- ▶ Für den Bau von Werkzeugen ist es wichtig, verschiedene Varianten einer Sprachklasse gegen eine andere austauschen zu können (z.B. OCL gegen .QL).
- ▶ Die Paket- und Schichten-Struktur von M2
- ▶ Interpretierende Werkzeuge interpretieren die Programme einer Sprache, um Material zu bearbeiten.

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



## Weitere ERD-Notationsformen

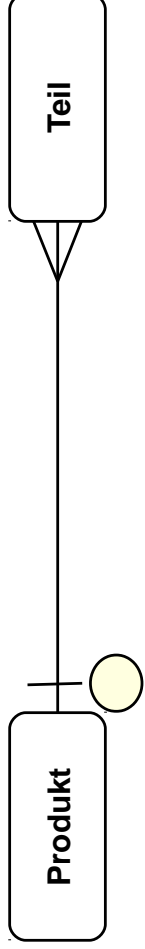
148

Modellelemente	DSA-Notation	UML Version 2.0 (Class Diagram)
<b>Entitytyp</b>		
<b>Beziehungstyp</b> assoziiertes Objekt/Class	 (ohne Symbol)	
<b>Attribut</b>		
<b>Kardinalität</b> Multiplizität		

Prof. U. Asmann, Softwareentwicklungswerkzeuge (SEW)



**Krähenfuß-Notation (crow foot, DSA):** Krähenfuß bedeutet „viele“



**Schageter/Stucky-Notation (ARIS):** Kardinalitätsangaben am Symbol des Beziehungstypes vertauscht



**(min,max)-Notation:** Die Eckwerte *min* und *max* bezeichnen Unter- und Obergrenze für Teilnahme in einer Beziehung



Vielzahl der Kardinalitätsformen kann verwirren. Entscheidend ist Funktionalität des Werkzeugs.