

Kapitel 10: Objektorientierte Datenbanksprachen und Erweiterungen von SQL

10.1 Schwachpunkte relationaler DBS

10.2 Grundkonzepte objektorientierter DBS

10.3 ODMG-Modell

10.4 OO-Anfragesprache OQL

10.5 SQL-Erweiterungen für objekt-relationale DBS

Von relationalen zu objektorientierten DBS

Schwachpunkte relationaler DBS

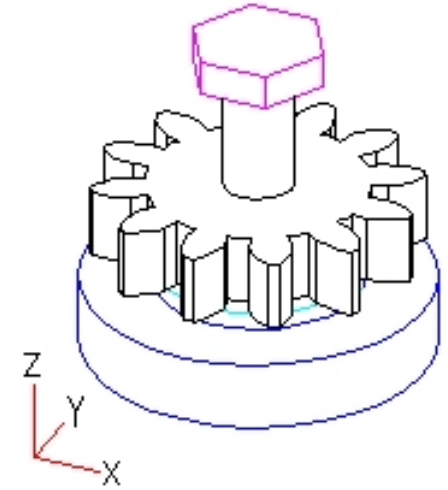
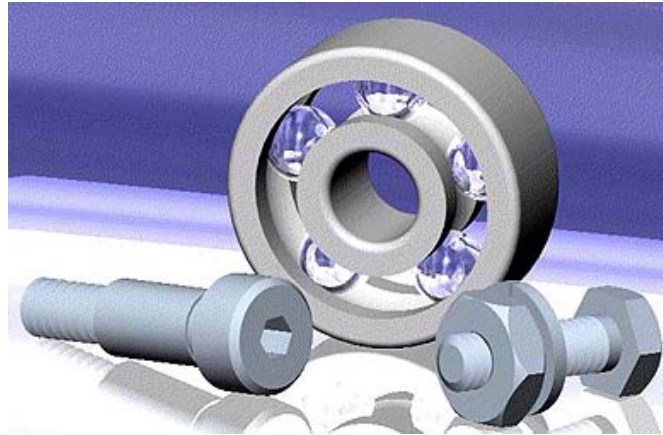
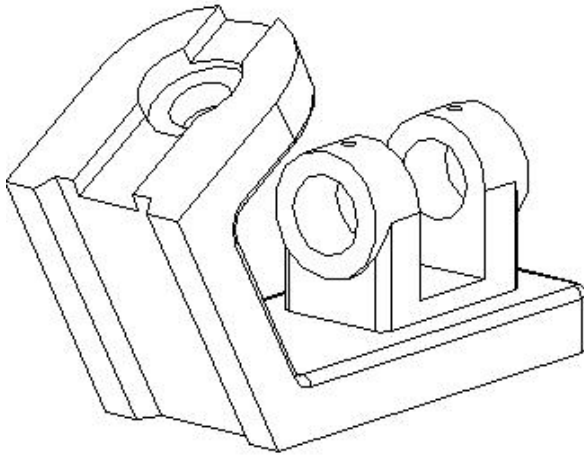
bei technisch-wissenschaftlichen Daten, z.B. bei:

- CAD
- Geowissenschaften
- Desktop Publishing

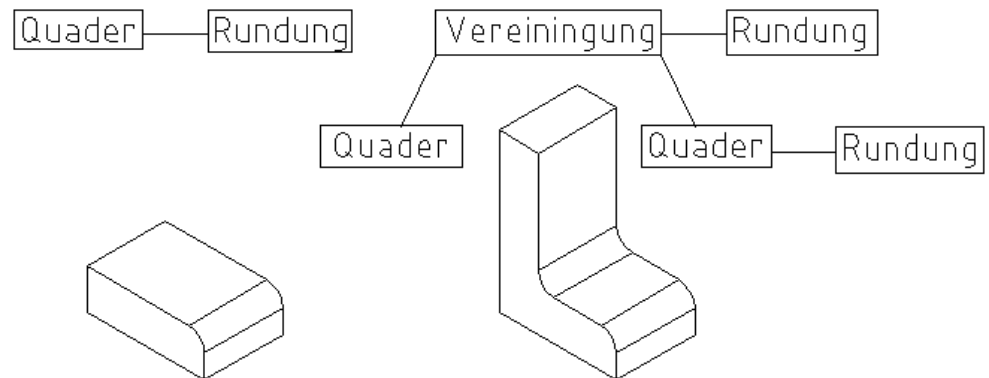
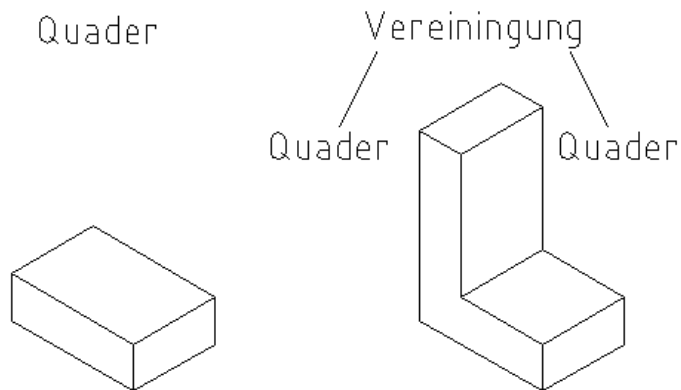
Forderungen an „postrelationale“ DBS:

- Unterstützung komplexer Objektstrukturen
- Erweiterbarkeit des DBS um anwendungsspezifische Methoden
- Wiederverwendbarkeit von Datenschemata und Methoden

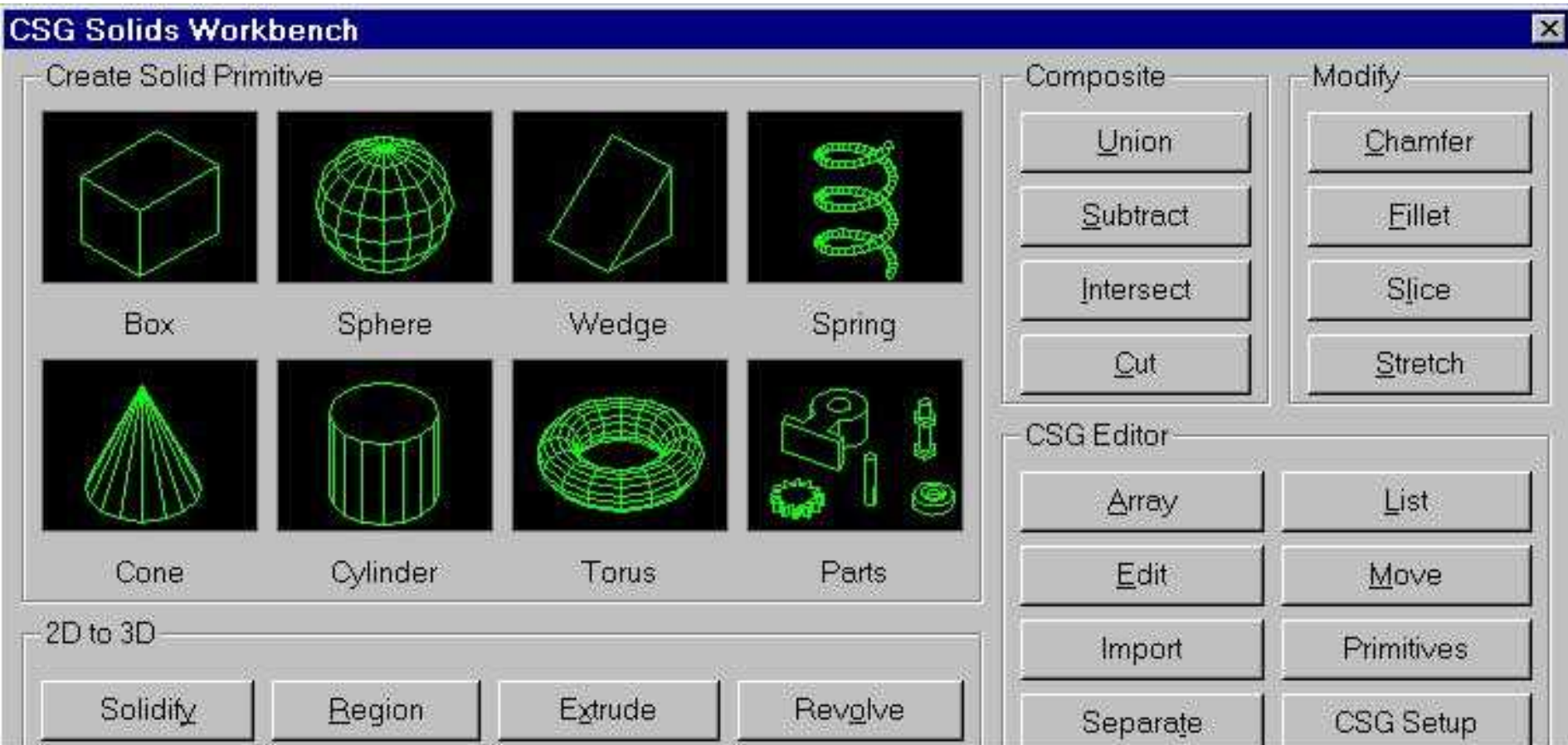
Beispiel 1: CAD (1)



CSG-Modell (Constructive Solid Geometry):

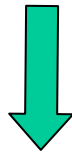
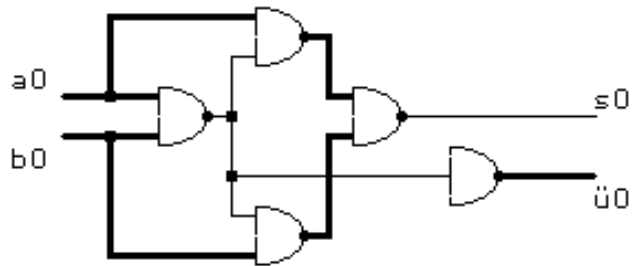


Beispiel 1: CAD (2)

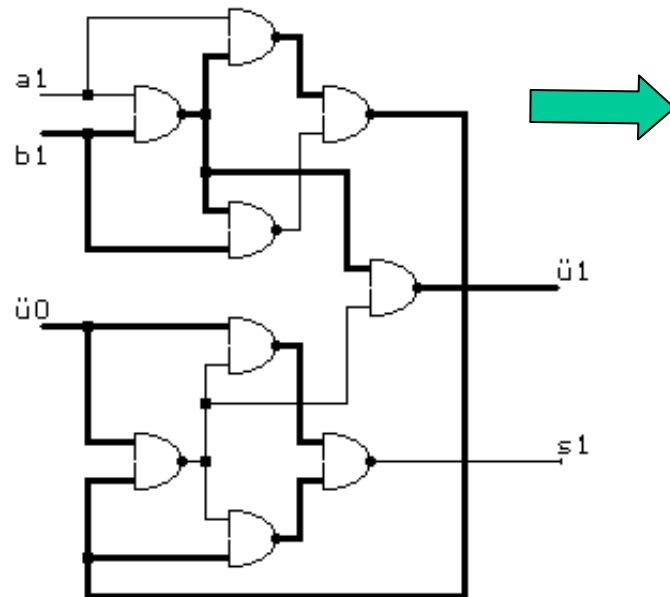


Beispiel 2: Schaltkreisentwurf

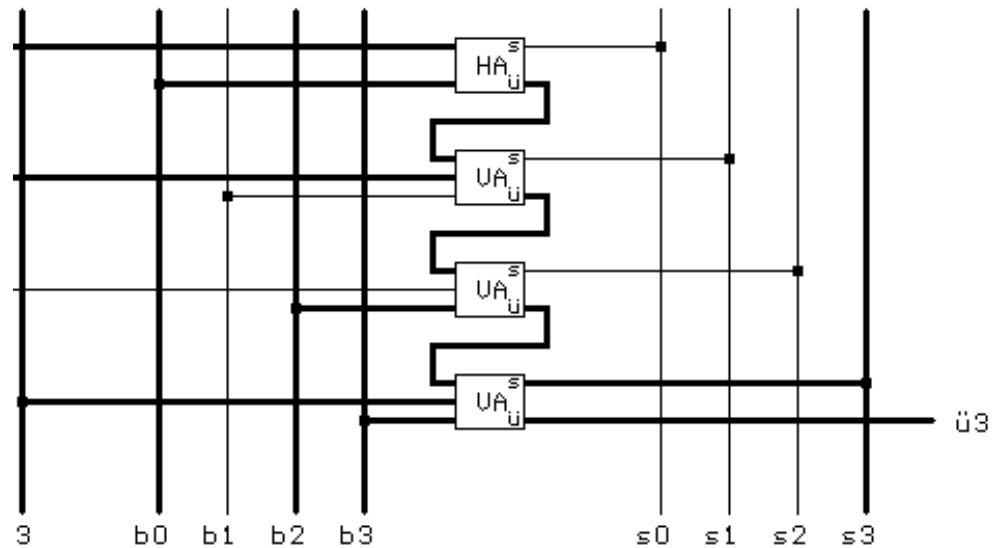
Halbaddierer



Volladdierer



4 Bit Addierer




Beispiel 3: Straßenkarten

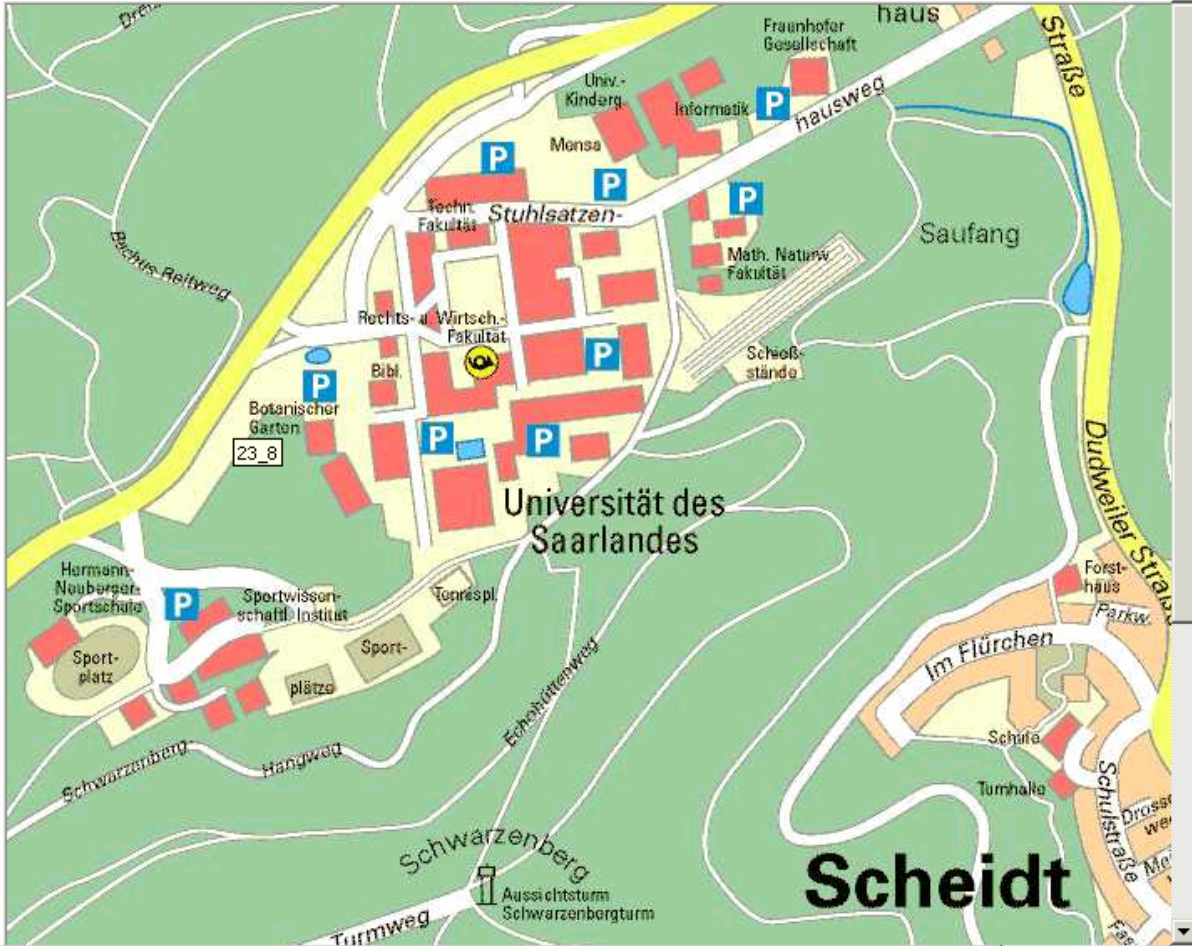
Stadtplan Saarbrücken - Microsoft Internet Explorer

Adresse <http://sbserver.saarbruecken.de:4680/query>

Suche: Suche

Suche: Suche

Größe: Richtung: 



Informationssysteme SS2005

Fertig Internet

Beispiel 4: Topographische Karten

Internet Explorer browser window showing a topographic map of the Grand Canyon area.

Menu: Datei Bearbeiten Ansicht Favoriten Extras ?

Toolbar: Zurück Vorwärts Abbrechen Aktualisieren Startseite Suchen Favoriten Verlauf E-Mail Drucken Bearbeiten Diskussion

Adresse: <http://www.topozone.com/map.asp?z=12&n=3997450&e=396242&size=m&symshow=n>

Links: Channel Guide Customize Links Das Beste im Web Free Hotmail Internet Explorer News Internetstart Links anpassen Windows Kostenlose Hotmail

Map center is UTM 12 396242E 3997450N - GRAND CANYON quad [\[Quad Info\]](#)
[Click here to download a custom topographic map with TopoFactory](#)

Scale: 1:25,000 1:50,000 1:100,000 1:200,000 Small Medium Large

Map features include contour lines, rivers (Colorado River, Phantom River, Snake Creek, etc.), and numerous landmarks such as the Tower of Ra, Tower of Set, Cheops Pyramid, and various temples and buttes. The map is overlaid with a grid.

Left sidebar navigation:

- Get a Map
 - [Place name search](#)
 - [Decimal degrees](#)
 - [Deg/min/sec](#)
 - [UTM coords](#)
- Download Maps
 - [TopoFactory Login](#)
 - [About TopoFactory](#)
 - [Specifications](#)
 - [TopoFactory Store](#)
- How to...
 - [Put topo maps on your Web site](#)
 - [Get digital data](#)
 - [Link to us](#)
- What's New?
 - [Get the TopoTimes](#)
 - [Press releases](#)
 - [New @ TopoZone](#)
 - [Awards](#)
- Help
 - [Map tips](#)
 - [Topo map symbols](#)
 - [FAQ](#)
 - [Support](#)
 - [Privacy policy](#)
 - [About us](#)
- Current Weather for Supai
 - Mostly Clear 74 F
 - [More](#)
 - powered by [AccuWeather.com](#)

Bottom status bar: Cursor is UTM 12 396809E 4001760N Internet

Beispiel 5: Thematische Karten

BofaWeb - Microsoft Internet Explorer

Adresse <http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/bofaweb/xindex.html>

BofaWeb

Bodenschutz in Baden-Württemberg

Neu in BofaWeb

Berichte

XfaWeb-Explorer

DV-Programme

Karten

Fachzugang

Schlagwortsuche

Volltextsuche

Urteilsdatenbank

Startseite

Über BofaWeb

© 1995-2001 [UVM / LFU Baden-Württemberg](#)

Ausschnitt aus:
Bodenbestandsaufnahme
Baden-Württemberg
Auswertung der
Bodenkarte 1 : 25 000
6417 Mannheim-Nordost
(+ Auszug aus Legende)

Wichtige Faktoren des Bodenwasserhaushalts

1. Nutzbare Feldkapazität (nFK) und Feldkapazität (FK) des Bodens bis 1m Tiefe
Flächen mit geringem Wechsel der Kennwertzahlen

	vorherrschende Klassen *	Flächenverteilung der Kennwertklassen **				
		1	2	3	4	5
07	mittel (nFK) mittel (FK)			5		nFK FK
10	mittel u. hoch (nFK) gering u. mittel (FK)			3	3	nFK FK
13	hoch (nFK) mittel (FK)	1		2	4	nFK FK
20	hoch (nFK) mittel u. hoch (FK)				5	nFK FK
26	sehr hoch (nFK) mittel (FK)					5 nFK FK

* Einstufung der Kennwertklassen

Klasse	nutzbare Feldkapazität (nFK) in mm bis 1 m Tiefe	Feldkapazität (FK) in mm bis 1 m Tiefe	Wasserdurchlässigkeit (kf) in cm/d bis 1 m Tiefe
3	mittel 90 - 140	260 - 390	10 - 40
4	hoch 140 - 200	390 - 520	40 - 100
5	sehr hoch > 200	> 520	> 100

** Einstufung der Flächenanteile

Stufe des Flächenanteils	Flächenanteil in %
3	> 40 - 60
4	> 60 - 85
5	> 85

2. Wasserdurchlässigkeit des gesättigten Bodens (kf) bis 1 m Tiefe
Flächen mit geringem Wechsel der kf - Wert - Klassen

	vorherrschende kf - Wert - Klassen *	Flächenverteilung der kf - Wert - Klassen **				
		1	2	3	4	5
01	gering			5		
04	mittel			2	4	

Beispiel 6: Desktop Publishing

The screenshot shows a Microsoft Word 2003 window titled 'Dokument1 - Microsoft Word'. The menu bar includes 'Datei', 'Bearbeiten', 'Ansicht', 'Einfügen', 'Format', 'Extras', 'Tabelle', and 'Fenster'. The toolbar shows standard editing and formatting tools. The document content is as follows:

[Rethinking Database System Architecture: Towards a Self-tuning RISC-style Database System](#)
[Abstract](#)

- [1 The Need for a New Departure](#)
- [2 Crisis Indicators](#)
Observation 1:
[Featurism drives products beyond manageability](#)
- [3 Explanations and Previous Attempts for Architectural Departures](#)
 - [3.1 Explanations](#)
 - [3.2 Previous Attempts](#)
- [4 Towards RISC-style Data Management Components](#)
 - [4.1 Notable Departures from Today's Architectures](#)
 - [4.2 Prerequisites of Success](#)
 - [4.3 Evaluation of Success](#)
- [5 Concluding Remarks](#)

they did not catch on. Section 4 outlines the envisioned architecture with emphasis on RISC-style simplification of data-management components and consequences for the viability of auto-tuning!
[This part needs to be modified as we add new sections.](#)

2 Crisis Indicators

To begin our analysis, let us put together a few important observations on how database systems are perceived by customers, software vendors, and the research community.

Observation 1: Featurism drives products beyond manageability

Database systems offer more and more features, leading to extremely broad and thus complex interfaces. Quite often novel features are more a marketing issue rather than a real application need or technological advance; for example, a database system vendor may decide to support a fancy type of join or spatial index ~~or certain important interfaces for OO-development~~ in the next product release because the major competitors have already announced this feature. As a result, database systems become overburdened with functionality, increasing the complexity of maintaining the system's code base as well as installing and managing the system. The irony of this trend lies in the fact that each individual customer (e.g., a small company or a single department of a large enterprise) only makes use of a tiny fraction of the system's features.

Observation 2: SQL is painful

A big headache that comes with a database system is the SQL language. It is the union of all conceivable features (many of which are rarely used or should be discouraged to use anyway) and is way too complex for the typical application developer. Its core, say projection-selection-join queries plus grouping and aggregation, is undebated extremely useful, but we doubt that there is wide and wise use of all the bells and whistles. ~~We are not aware of any textbook or course notes that give a precise Understanding~~ semantics of SQL (not even of SQL-92), covering all combinations of nested (and correlated) subqueries, null values, triggers, ADT functions, etc. is a nightmare.¹ Teaching SQL typically focuses on the core, and leaves the featurism as a "learning-on-the-job" life experience. Some trade magazines occasionally pose SQL quizzes where the challenge is to express a complicated information request in a single SQL statement. Those statements run over several pages, and are hardly comprehensible. When programmers adopt this style in real applications and given the inherent difficulty of debugging a very high-level "declarative" statement, it is extremely hard if not impossible to gain high confidence that the query is correct in capturing the users' information needs. ~~So~~ In fact, good SQL programming typically in many cases decomposes complex requests into a sequence of smaller simpler SQL statements, and there is no demand for much of the complexity of full-fledged SQL.

¹ Throughout the paper, we prefer somewhat "radical", hopefully thought-provoking statements. We do realize that the world is not just black-and-white and some of our arguments or conclusions are oversimplified, but new departures do require a certain amount of radicalism to achieve an effect.
² By precise semantics we mean a mathematically rigorous and objective description, e.g., a translation into some form of logic, algebraic framework, or even a procedural language like Java (whose semantics is much better defined). English prose or "semantics by example" are ambiguous and typically boil down to handwaving.

Seite 2 Ab 3 3/20 Bei 16 cm Ze 24 Sp 6 MAK ÄND ERW UB Englisch (US)

10.2.1 Komplexe Objekte

Objekt: Menge von Attributen (attribute, property, member)

Typ eines Objekts: Menge der Attribute des Objekts

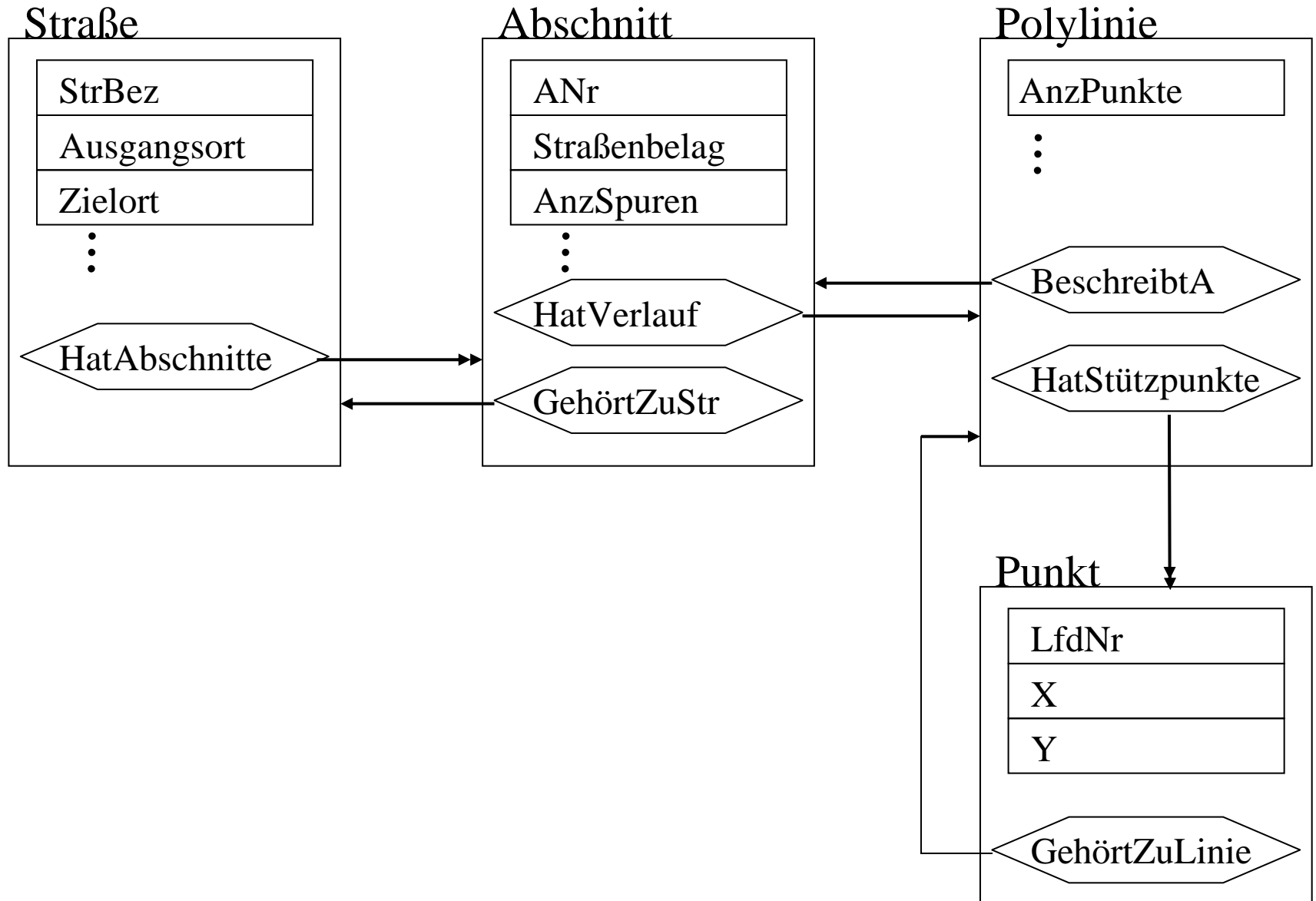
Klasse: Menge von Objekten desselben Typs

OO-DB: Menge von Klassen

Typ eines Attributs:

- elementar (Integer, Real, String, Boolean)
- erzeugt mit Typkonstruktoren (mit Parametertypen):
 - Relationship T: Referenz auf Objekt vom Typ T
 - Struct<T1, ..., Tk>: Tupel von Attributen vom Typ T1, ..., Tk
 - Set<T>: Menge von Elementen des Typs T
 - Bag<T>: Multimenge von Elementen vom Typ T
 - List<T>: Liste von Elementen vom Typ T
 - Array<T>: Abbildung (eines Intervalls) von natürlichen Zahlen auf Elemente vom Typ T

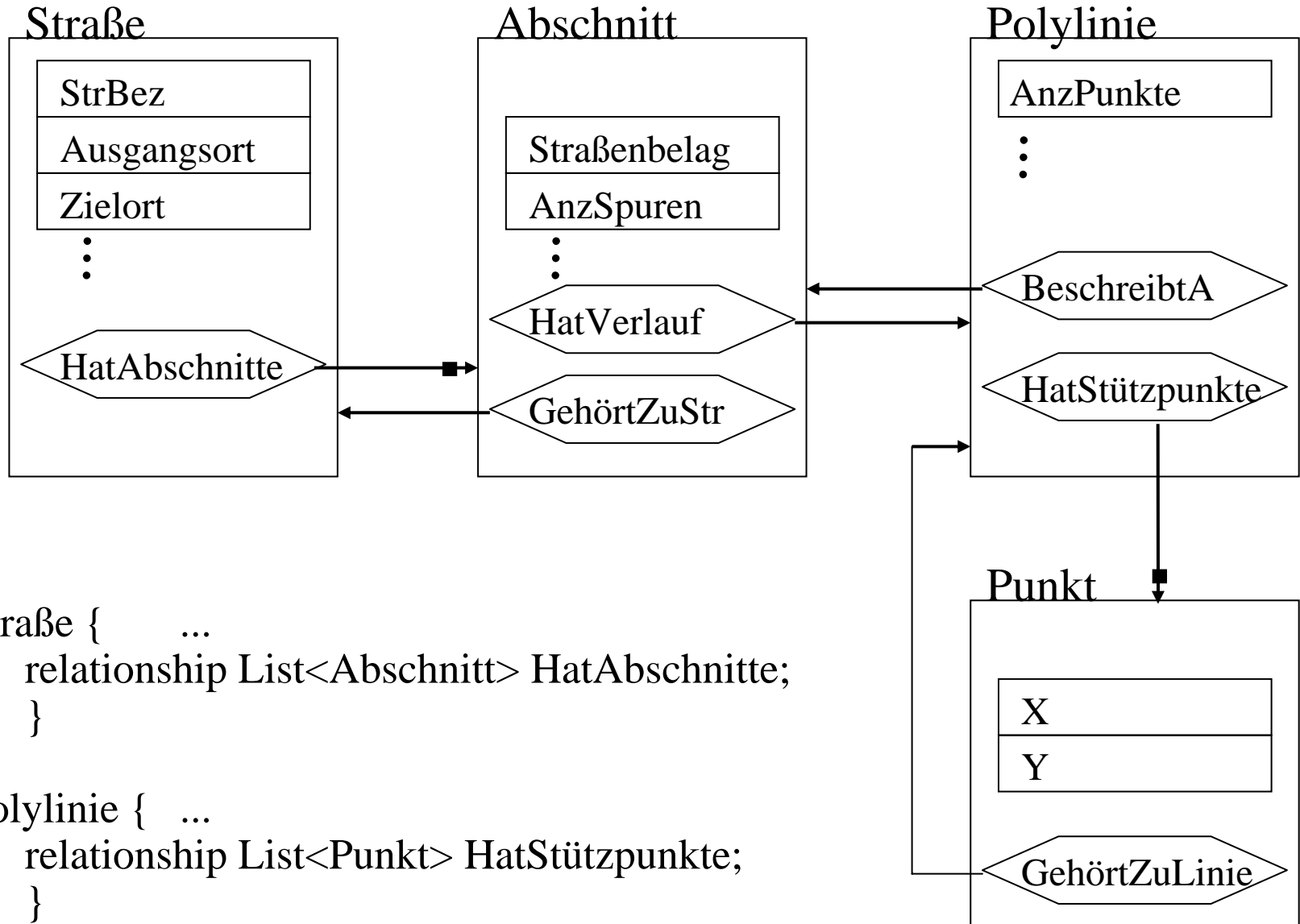
Beispiel – Alternative 1



Beispiel – Alternative 1 (textuell)

```
class Straße { extent Straßen;  
    key StrBez;  
    attribute String StrBez;  
    attribute String Ausgangsort;  
    attribute String Zielort;  
    ...  
    relationship Set<Abschnitt> HatAbschnitte;  
}  
class Abschnitt { extent Abschnitte;  
    key (GehörtZuStr.StrBez, ANr);  
    attribute Integer ANr;  
    attribute String Straßenbelag;  
    attribute Integer AnzSpuren;  
    attribute Integer Tempolimit;  
    ..  
    relationship Polylinie HatVerlauf;  
    relationship Straße GehörtZuStr;  
}
```

Beispiel – Alternative 2

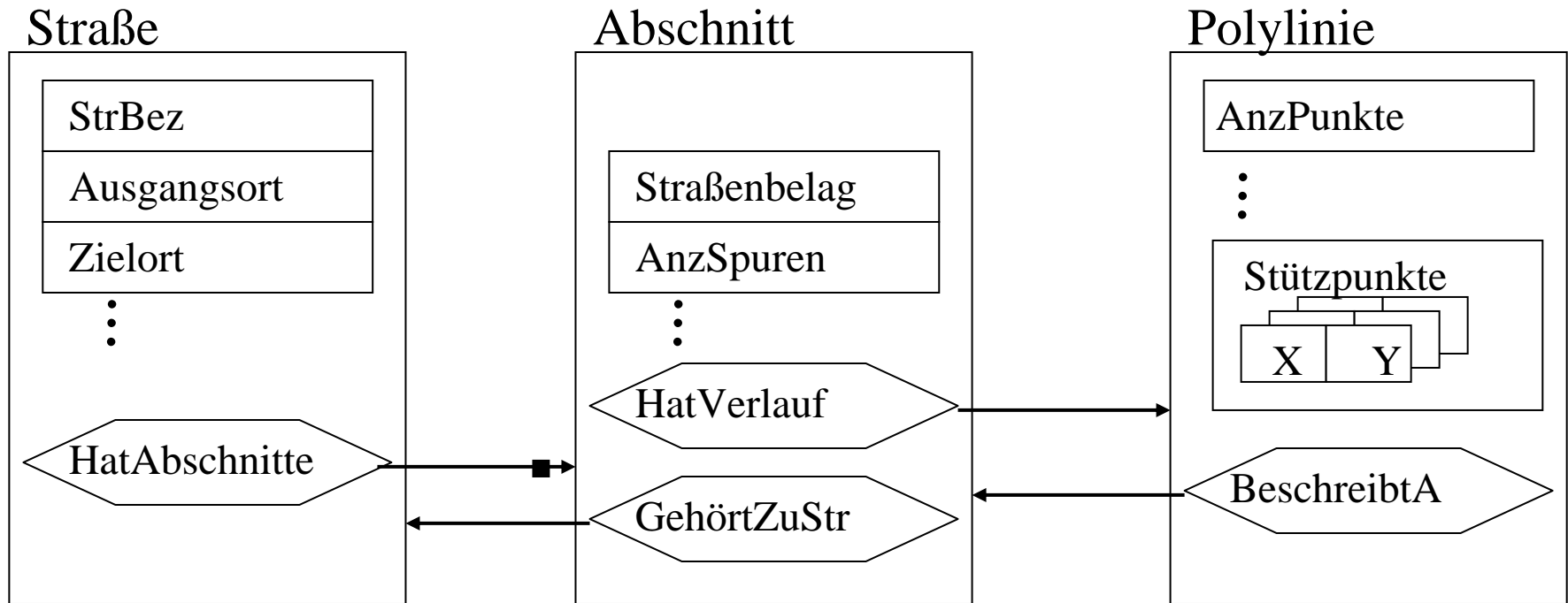


```
class Straße {  
    ...  
    relationship List<Abschnitt> HatAbschnitte;  
}
```

```
...  
class Polylinie {  
    ...  
    relationship List<Punkt> HatStützpunkte;  
}
```

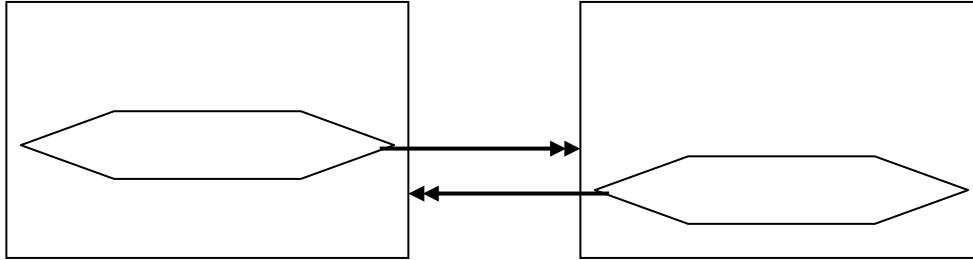
...

Beispiel – Alternative 3

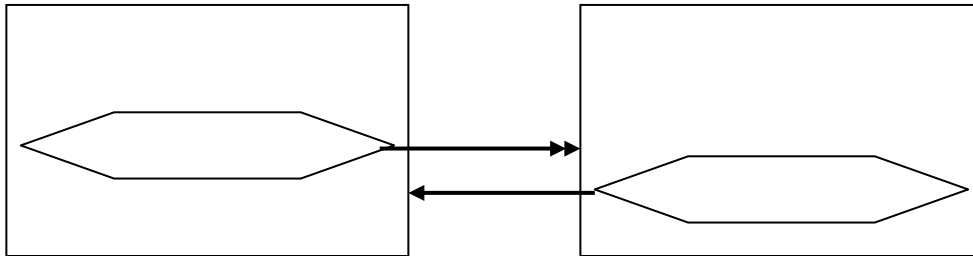


```
...  
class Polylinie { ...  
    attribute Integer AnzPunkte;  
    attribute List<Struct<X: Real; Y: Real>> Stützpunkte;  
}
```

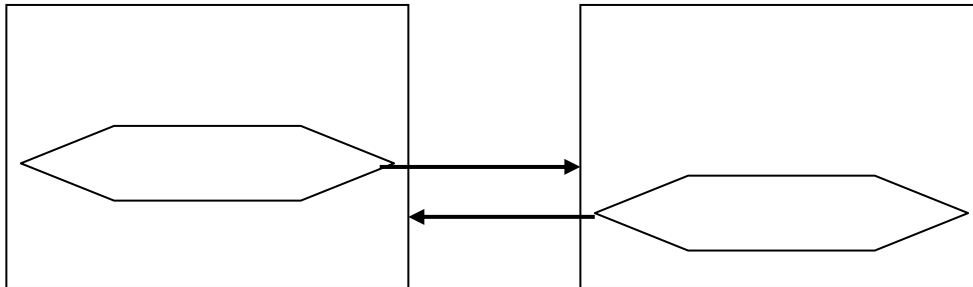

Verschiedene Arten von Relationships



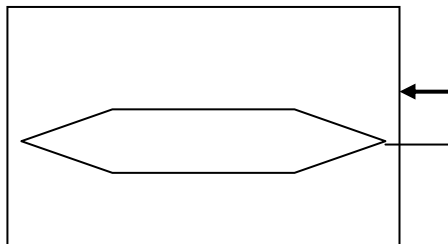
M:N-Relationship



1:N-Relationship
N:1-Relationship



1:1-Relationship



Relationship zwischen
Objekten derselben Klasse

Integritätsbedingungen für Relationships

Sei $R \subseteq A \times B$.

Dies entspricht: $R_A: A \rightarrow 2^B$ und $R_B: B \rightarrow 2^A$.

Die folgende Invariante muß gelten:

$$\forall x \in A: x \in \bigcup_{y \in R_A(x)} R_B(y) \quad \text{und} \quad \forall y \in B: y \in \bigcup_{x \in R_B(y)} R_A(x)$$

bzw.: $R_A(x) = \{y \in B \mid (x,y) \in R\}$ und $R_B(y) = \{x \in A \mid (x,y) \in R\}$

Beispiele:

- 1)

```
class Männer { ...  
    relationship Frauen Ehefrau inverse Frauen::Ehemann; }  
class Frauen { ...  
    relationship Männer Ehemann inverse Männer::Ehefrau; }
```
- 2)

```
class Straße { ...  
    relationship Set<Abschnitt> HatAbschnitte inverse Abschnitt::GehörtZuStr; }  
class Abschnitt { ...  
    relationship Straße GehörtZuStr inverse Straße::HatAbschnitte; ... }
```

Objekt-Identität und Objekt-Sharing

Es kann mehrere Objekten geben, die in allen Attributwerten übereinstimmen, aber verschiedene *Objekt-Ids (OIDs)* haben.

Ein Objekt kann von mehreren Objekten referenziert werden. Damit sind Änderungen auf einem Subobjekt eines Objekts für andere Objekte mit demselben Subobjekt unmittelbar sichtbar („*Objekt-Sharing*“).

Beispiel:

```
class Abschnitt { ...  
    relationship Set<Straße> GehörtZuStr inverse Straße::HatAbschnitte; ... }
```

`Straße [StrBez="Mainzer Str."].HatAbschnitte.first().AnzSpuren = 4`
wirkt sich sofort auf Abschnitt der B51 aus.

10.2.2 Objektmethoden und Kapselung

Zu jeder Klasse kann eine Menge von *Methoden* definiert werden:

Funktionen mit Signatur $T_1 \times T_2 \times \dots \times T_n \rightarrow T_{(n+1)}$ und

Prozeduren mit Seiteneffekten auf den Objektzustand.

Ein Methodenaufruf $x.m(\dots)$ hat das Objekt x als impliziten Parameter.

Die Gesamtheit der zu einer Klasse definierten – öffentlich sichtbaren – Methoden bildet die *Schnittstelle eines Abstrakten Datentyps (ADT)*, und jedes Objekt der Klasse ist dann eine Instanz dieses ADTs.

Attribute (d.h. der konkrete Objektzustand) können als privat definiert werden und sind dann nicht mehr öffentlich sichtbar, sondern „gekapselt“.

Vorteil der Kapselung:

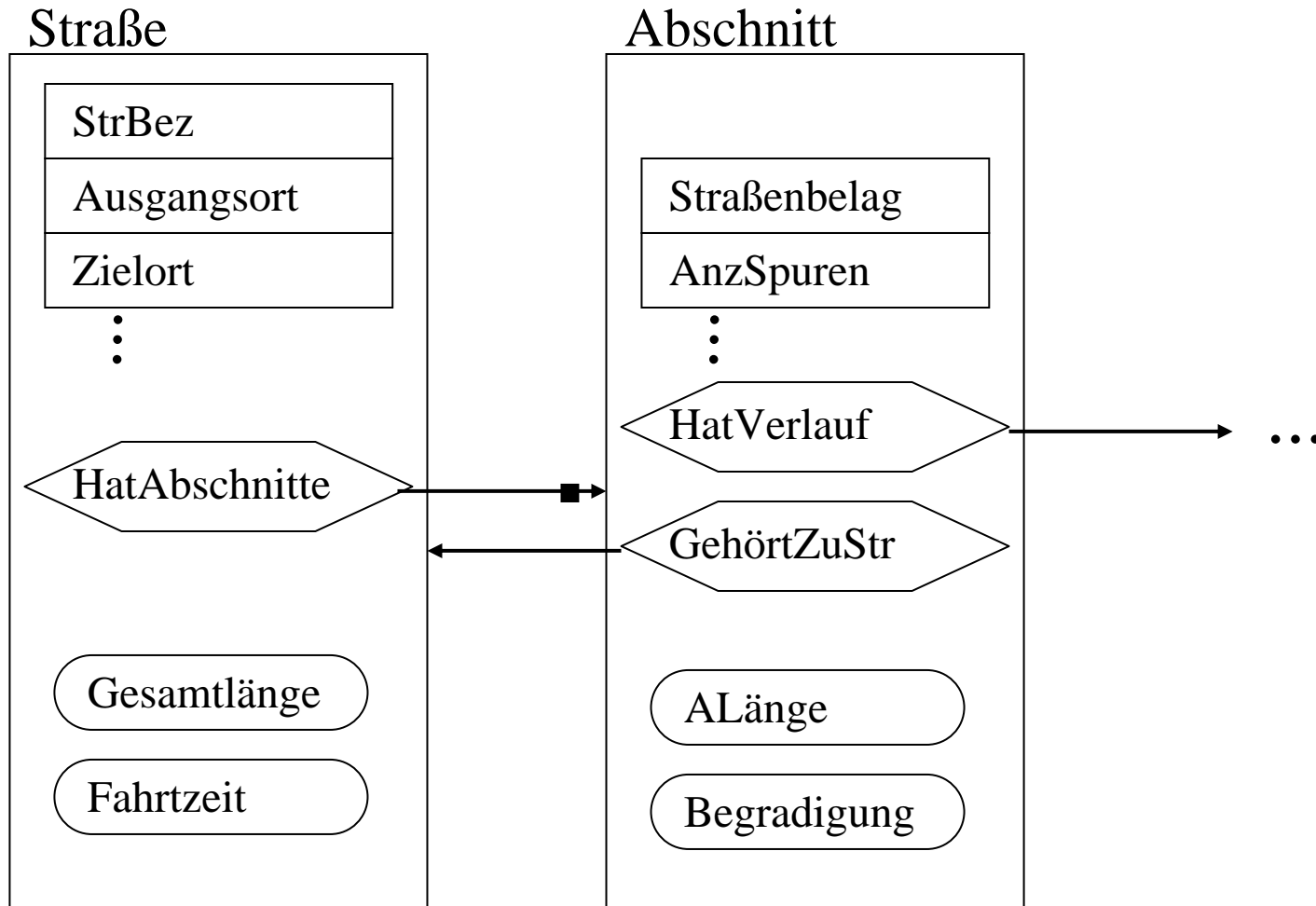
Die Implementierung einer Klasse und seiner Methoden kann geändert werden, ohne dass sich die Schnittstelle der Klasse ändert.

Beispiel: Objektmethoden

```
class Straße { ... private attribute Integer Durchschnittstempo;  
                Real Gesamtlänge ();  
                Integer Fahrtzeit (); }  
class Abschnitt { ... Real ALänge ();  
                   Boolean Begradigung (in Punkt, in Punkt); }
```

```
Straße:: Gesamtlänge () {  
    float l = 0.0;  
    Set<Ref<Abschnitt>> MeineAbschnitte = this->HatAbschnitte;  
    Iterator<Abschnitt> it = MeineAbschnitte->create_iterator();  
    Ref<Abschnitt> a;  
    while (a=it.next()) { l += a->ALänge(); } return l };  
Abschnitt:: ALänge () {  
    float l = 0.0;  
    List<Ref<Punkt>> MeinePunkte = this->HatVerlauf->HatStützpunkte;  
    Iterator<Punkt> it = MeinePunkte->create_iterator();  
    Ref<Punkt> p, q;  
    p = it->next();  
    while (q=it->next()) {  
        l += sqrt ((p->X - q->X) * (p->X - q->X) + (p->Y - q->Y) * (p->Y - q->Y));  
        p = q; };  
    return l };
```

Beispiel: Objektmethoden (Diagramm)

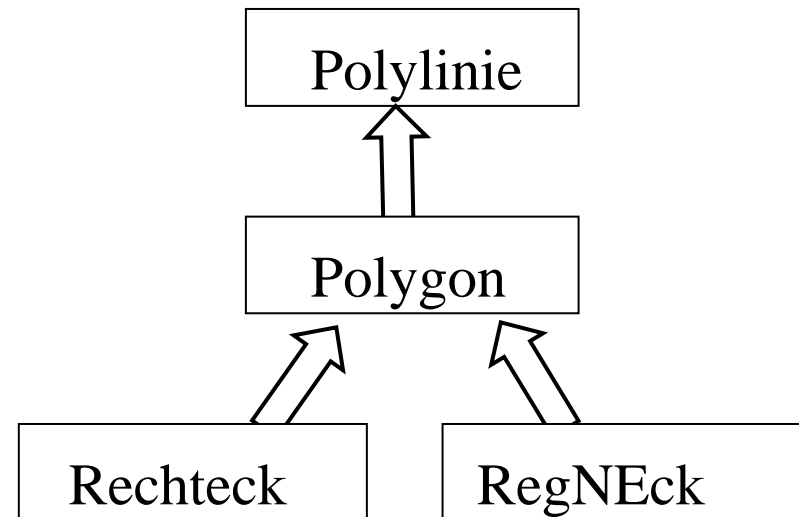
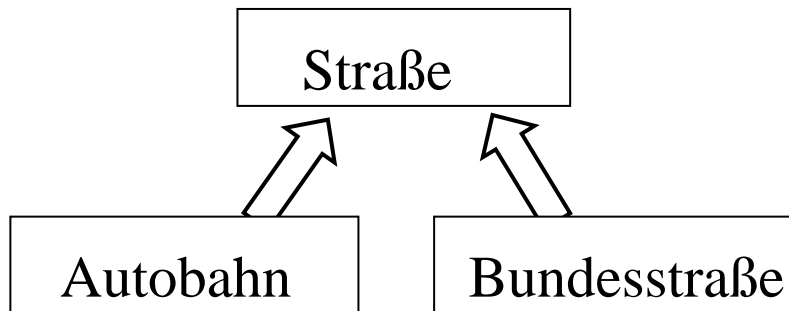


10.2.3 Vererbung

- Klasse B heißt Subklasse von Klasse A (A Superklasse von B), wenn
- Attribute und Methoden von B eine Obermenge der von A bilden und
 - die Objektmenge von B eine Teilmenge der von A ist.

B heißt Spezialisierung von A, und A heißt Generalisierung von B.

Beispiele:



Beispiele: Vererbung

```
class Bundesstraße: Straße { extent Bundesstraßen;  
    attribute Integer Verkehrsdichte; }
```

```
class Autobahn: Straße { extent Autobahnen;  
    attribute Integer Mindesttempo;  
    attribute Array<Integer> VerkehrsdichteProTag;  
    relationship Set<Punkt> Auffahrten; }
```

```
class Polygon: Polylinie { extent Polygone;  
    relationship Punkt Zentrum;  
    relationship Stadt BeschreibtS inverse Stadt::Stadtgrenze;  
    relationship Land BeschreibtL inverse Land::Landesgrenze;  
    Real Fläche ( ); }
```

```
class Rechteck: Polygon { extent Rechtecke;  
    attribute Real Diagonallänge; }
```

```
class RegNEck: Polygon { extent RegNEcke;  
    attribute Integer AnzEcken;  
    Real Inkreisradius ();  
    Real Umkreisradius (); }
```

Umgang mit geerbten Methoden

Überschreiben der Implementierung einer Methode

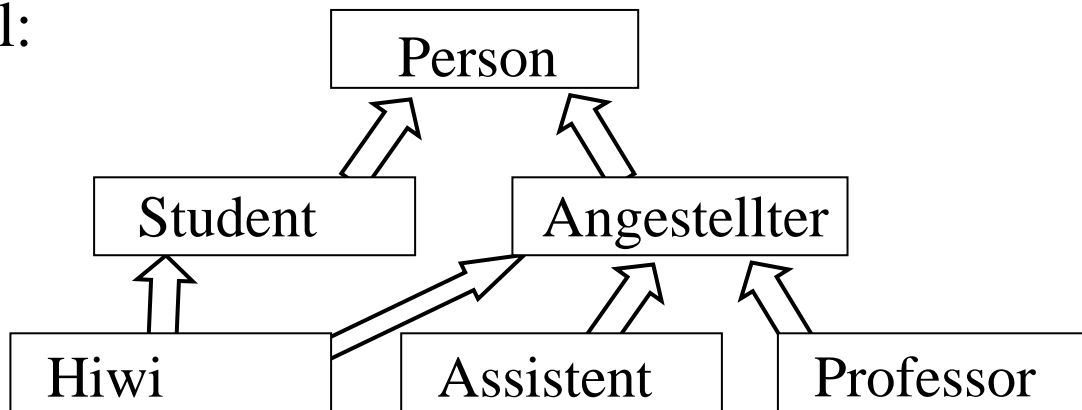
wegen speziellerer Semantik oder Effizienz

Beispiele:

- 1) Fläche () der Subklasse „Polygone mit Löchern“
- 2) Fläche () der Subklassen „Rechtecke“ und „RegNEcke“
- 3) SchneidetBox (in Rechteck) der Subklasse „Polygone“

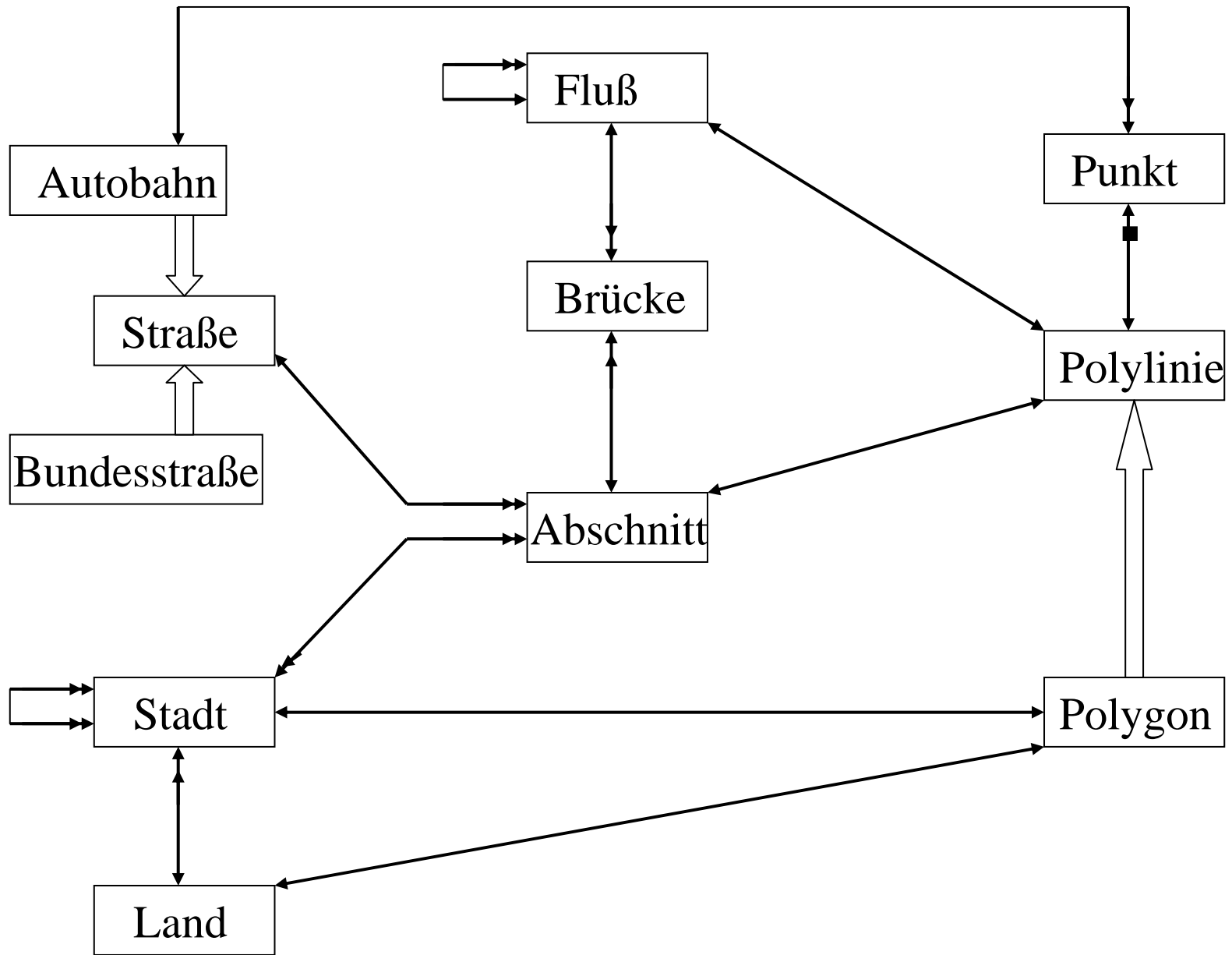
Mehrfachvererbung erfordert ggf. Umbenennung

Beispiel:



Bei der Verarbeitung **polymorpher Objektmengen** (z.B. Polygone) wird die jeweils passende Methodenimplementierung zur Laufzeit bestimmt („late binding“)

10.3 ODMG-Standard: ODL



Beispiel: ODL-Schema (1)

```
class Straße { extent Straßen; key StrBez;
  attribute String StrBez;
  attribute String Ausgangsort; attribute String Zielort;
  relationship Set<Abschnitt> HatAbschnitte inverse Abschnitt::GehörtZuStr;
  Real Gesamtlänge ( ); Integer Fahrtzeit ( ); }
class Bundesstraße: Straße { extent Bundesstraßen;
  attribute Integer Verkehrsdichte; }
class Autobahn: Straße { extent Autobahnen;
  attribute Integer Mindesttempo;
  attribute Array<Integer> VerkehrsdichteProTag;
  relationship Set<Punkt> Auffahrten; }
class Abschnitt { extent Abschnitte; key (GehörtZuStr.StrBez, ANr);
  attribute Integer ANr; attribute String Straßenbelag;
  attribute Integer AnzSpuren; attribute Integer Tempolimit;
  relationship Polylinie HatVerlauf inverse Polylinie::BeschreibtA;
  relationship Straße GehörtZuStr inverse Straße::HatAbschnitte;
  relationship Set<Brücke> HatBrücken inverse Brücke::GehörtZuA;
  relationship Set<Stadt> FührtDurch inverse Stadt::LiegtAn;
  Real ALänge ( ); }
```

Beispiel: ODL-Schema (2)

```
class Polylinie { extent Polylinien;
  attribute Integer AnzPunkte;
  relationship List<Punkt> HatStützpunkte inverse Punkt::GehörtZuLinie;
  relationship BeschreibtA inverse Abschnitt::HatVerlauf;
  relationship BeschreibtF inverse Fluß::HatVerlauf;
  Real Länge ( );
  void Begradigung (in Punkt, in Punkt) Raises (Zu_große_Anschlußkrümmung);
  Boolean Schneidet (in Polylinie);
  Boolean SchneidetBox (in Rechteck);
  Boolean LiegtInBox (in Rechteck); }

class Punkt { extent Punkte;
  attribute Real X; attribute Real Y;
  relationship Polylinie GehörtZuLinie inverse Polylinie::HatStützpunkte
  Boolean LiegtInBox (in Rechteck);
  Boolean LiegtInRegion (in Polygon); }

class Polygon: Polylinie { extent Polygone;
  relationship Punkt Zentrum;
  relationship Stadt BeschreibtS inverse Stadt::Stadtgrenze;
  relationship Land BeschreibtL inverse Land::Landesgrenze;
  Real Fläche ( ); }
```

Beispiel: ODL-Schema (3)

```
class Fluß { extent Flüsse; key Flußbez;
  attribute String Flußbez; attribute Array<Real> Verschmutzungsgrad;
  relationship Punkt Quelle; relationship Punkt Mündung;
  relationship Fluß MündetIn inverse Fluß::HatZuflüsse;
  relationship Set<Fluß> HatZuflüsse inverse Fluß::MündetIn;
  relationship Polylinie HatVerlauf inverse Polylinie::BeschreibtF;
  relationship Set<Brücke> FließtUnter inverse Brücke::ÜberquertF; }
class Brücke { extent Brücken;
  attribute Real Höhe; attribute Real Spannweite;
  relationship Punkt Anfang; relationship Punkt Ende;
  relationship Fluß ÜberquertF inverse Fluß::FließtUnter;
  relationship Abschnitt GehörtZuA inverse Abschnitt::HatBrücken; }
class Stadt { extent Städte;
  attribute String Stadtname; attribute Integer Einwohnerzahl;
  relationship Person Bürgermeister;
  relationship Set<Stadt> Partnerstädte inverse Stadt::Partnerstädte;
  relationship Land GehörtZuL inverse Land::HatStädte;
  relationship Polygon Stadtgrenze inverse Polygon::BeschreibtS;
  relationship Set<Abschnitt> LiegtAn inverse Abschnitt::FührtDurch;
  Real Einwohnerdichte ( ); void Eingemeindung (Inout Stadt); }
class Land { extent Länder; key Landesbez;
  attribute String Landesbez; relationship Person Staatsoberhaupt;
  relationship Set<Stadt> HatStädte inverse Stadt::GehörtZuL;
  relationship Polygon Landesgrenze inverse Polygon::BeschreibtL;
  Integer Bevölkerung ( ); }
```

Generische Typen (“Templates”) in ODL

Collection<T>:

attribute Integer cardinality; attribute Boolean empty?;
Collection<T> create (); void delete ();
void insert_element (in T); void remove_element (in T);
Collection<T> select (in String);
Boolean exists? (in String); Boolean contains_element? (in T);
Iterator create_iterator ();

...

Set<T>:

Set<T> union (in Set<T>); Set<T> intersection (in Set<T>); Set<T> difference (in Set<T>);
Boolean is_subset? (in Set<T>); Boolean is_proper_subset? (in Set<T>);
Boolean is_superset? (in Set<T>); Boolean is_proper_superset? (in Set<T>);

...

List<T>:

T retrieve_first_element (); T retrieve_last_element ();
T retrieve_element_at (in Integer);
void insert_first_element (in T); void insert_last_element (in T);
void insert_element_after (in T, in Integer); void insert_element_before (in T, in Integer);

...

10.4 ODMG-Standard: OQL

- angelehnt an SQL, aber mit signifikanten Abweichungen und OO-Erweiterungen
- Pfadausdrücke zur Traversierung von Relationships („implizite Joins“):
C0.R1.R2.Rn.A in Select-Klausel entspricht
 $\{tn.A, \dots \mid \dots \wedge \exists t_0 \exists t_1 \dots \exists t_{(n-1)} (t_0.R_1 = t_1.OID \wedge t_1.R_2 = t_2.OID \wedge \dots \wedge t_{(n-1)}.R_n = t_n.OID)\}$
C0.R1.R2.Rn.A θ wert in Where-Klausel entspricht
 $\exists t_0 \exists t_1 \dots \exists t_{(n-1)} (t_0.R_1 = t_1.OID \wedge \dots \wedge t_{(n-1)}.R_n = t_n.OID \wedge t_n.A \theta \text{ wert})$
- Subqueries auch in Select- und From-Klausel:
konstruieren geschachtelte Ergebnisse (z.B. vom Typ $\text{Set}\langle\text{Set}\langle T \rangle\rangle$)
- Methodenaufrufe: wie Attribute einer Klasse, z.B. C.F(x,y) oder C.G()
- Automatische Berücksichtigung von Subklassen
- Erweiterte Aggregationen und Gruppierung

Beispiele: Pfadausdrücke in OQL (1)

1) Welche Flüsse überquert die B51?

```
SELECT FLATTEN (S.HatAbschnitte.HatBrücken.ÜberquertF)
FROM Straßen S
WHERE S.StrBez="B51"
```

oder:

```
SELECT B.ÜberquertF
FROM ( SELECT FLATTEN(A.HatBrücken)
      FROM ( SELECT FLATTEN (S.HatAbschnitte)
            FROM S IN Straßen
            WHERE S.StrBez="B51" ) AS A
      ) AS B
```

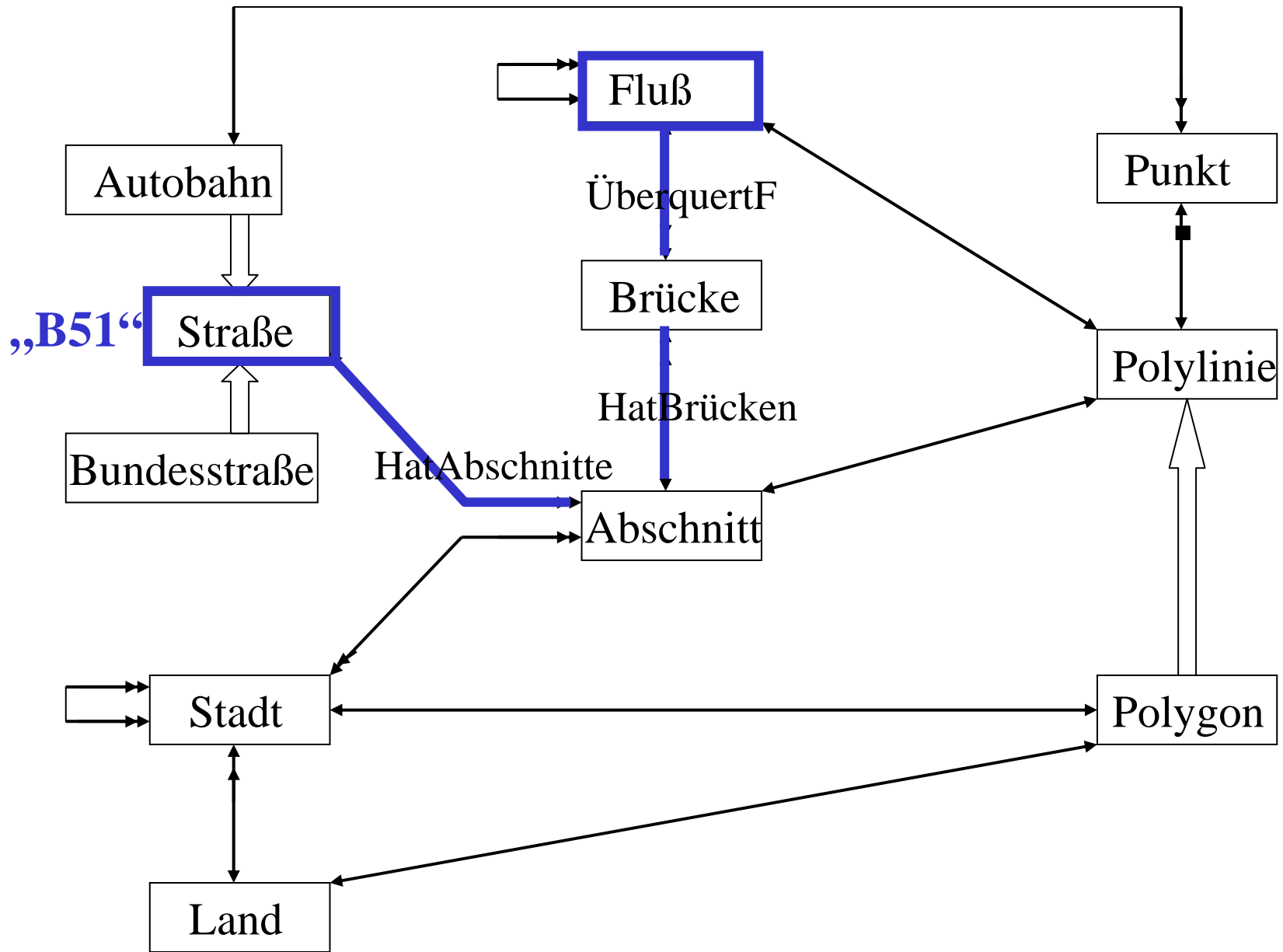
2) Welche Straßen überqueren die Mosel?

```
SELECT S
FROM Straßen S
WHERE S.HatAbschnitte.HatBrücken.ÜberquertF.Flußbez="Mosel"
```

3) Welche Partnerstädte haben die Städte der Elfenbeinküste?

```
SELECT FLATTEN(L.HatStädte.Partnerstädte)
FROM Länder L
WHERE L.Landesbez="Elfenbeinküste"
```

Pfadausdrücke in OQL – Beispiel 1



Beispiele: Pfadausdrücke in OQL (2)

4) In welchen Ländern haben Städte der Elfenbeinküste Partnerstädte?

```
SELECT DISTINCT FLATTEN ( L.HatStädte.Partnerstädte.GehörtZuL )  
FROM Länder L  
WHERE L.Landesbez="Elfenbeinküste"
```

5) Ausgabe des Verlaufs der B51:

```
SELECT S.HatAbschnitte.HatVerlauf.HatStützpunkte  
FROM Straßen S  
WHERE S.StrBez="B51"
```

oder:

```
SELECT A.HatVerlauf.HatStützpunkte  
FROM ( SELECT S.HatAbschnitte  
        FROM Straßen S  
        WHERE S.StrBez="B51"  
        SORT A IN S.HatAbschnitte BY A.ANr ) AS A
```

Beispiele: Methodenaufrufe in OQL (1)

1) Wieviele Kilometer hat das gesamte Straßennetz?

```
SELECT SUM ( S.Gesamtlänge() ) FROM Straßen S
```

2) Welche Städte haben eine Fläche von mehr als 30 Quadratkilometern?

```
SELECT S.Stadtname FROM Städte S  
WHERE S.Stadtgrenze.Fläche() > 30
```

3) In welchen Städten mit einer Fläche von mehr als 30 km² haben alle durch die Stadt führenden Straßenabschnitte ein Tempolimit von max. 80 km/h?

```
SELECT S.Stadtname FROM Städte S  
WHERE S.Stadtgrenze.Fläche() > 30  
AND ( FOR ALL A IN S.LiegtAn : A.Tempolimit <= 80 )
```

4) In welchen Ländern mit mehr als 100 Millionen Einwohnern haben Städte der Elfenbeinküste Partnerstädte?

```
SELECT DISTINCT PL  
FROM ( SELECT FLATTEN (L.HatStädte.Partnerstädte.GehörtZuL)  
FROM L IN Länder  
WHERE L.Landesbez="Elfenbeinküste" ) AS PL  
WHERE PL.Bevölkerung() > 100000000
```

Beispiele: Methodenaufrufe in OQL (2)

- 5) Bestimmung aller Straßen mit einem Stützpunkt innerhalb des Rechtecks mit der linken unteren Ecke (1,2) und der rechten oberen Ecke (5,8)

```
SELECT S.StrBez
FROM Straßen S
WHERE S.HatAbschnitte.Verlauf.HatStützpunkte.LiegtInBox (
    STRUCT(lu:STRUCT(x:1,y:2), ro:STRUCT(x:5,y:8)) )
```

- 6) Bestimmung aller Straßen, die das Rechteck mit der linken unteren Ecke (1,2) und der rechten oberen Ecke (5,8) schneiden

```
SELECT S.StrBez
FROM Straßen S
WHERE S.HatAbschnitte.Verlauf.SchneidetBox (
    STRUCT(lu:STRUCT(x:1,y:2), ro:STRUCT(x:5,y:8)) )
```

Beispiele: Generalisierungshierarchie in OQL

1) Welche Polylinien, inkl. Polygonen, schneiden das Rechteck ... ?

```
SELECT P FROM Polylinien P
WHERE P.SchneidetBox ( STRUCT(lu:STRUCT(x:1,y:2), ro:STRUCT(x:5,y:8)) )
```

2) Das niedrigste Mindesttempo auf einer Straße von mehr als 1000 km Gesamtlänge?

```
SELECT MIN ( ((Autobahn) S).Mindesttempo ) FROM Straßen S
WHERE S.Gesamtlänge() > 1000
```

3) Autobahnen über die Mosel mit einem Abschnitt mit Tempolimit 60 km/h ?

```
SELECT A.GehörtZuStr.StrBez
FROM ( SELECT F.FließtUnter.GehörtZuA FROM Flüsse F
      WHERE F.Flußbez = "Mosel" ) AS A
WHERE ( EXISTS B IN Autobahnen: B.StrBez = A.GehörtZuStr.StrBez )
AND A.Tempolimit = 60
```

oder:

```
SELECT ((Autobahn) A.GehörtZuStr).StrBez
FROM ( SELECT F.FließtUnter.GehörtZuA FROM Flüsse F
      WHERE F.Flußbez = "Mosel" ) AS A
WHERE A.Tempolimit = 60
```


Erweiterte Gruppierung in OQL

Resultat von ... GROUP BY G1: Gruppierungsattribut1, ...
hat den Typ set<struct(G1: type_of(Gruppierungsattribut1), ...),
partition: bag<type_of(Nichtgruppierungsattribute)>>

Beispiel: Gesamteinwohnerzahl aller Städte an der E12 pro Land

SELECT Land,

Gesamteinwohner: SUM(SELECT R.Einwohnerzahl FROM partition),

Stadteinwohner: (SELECT R.Stadtname, R. Einwohnerzahl FROM partition)

FROM (SELECT S FROM Städte S

WHERE S.LiegtAn.GehörtZu.StrBez = "E12") AS R

GROUP BY Land: R.GehörtZuL

<i>Land</i>	<i>Gesamteinwohner</i>	<i>Stadteinwohner</i>	
Deutschland	450 000	<i>Stadtname</i>	<i>Einwohnerzahl</i>
		Kaiserslautern	200 000
		Saarbrücken	250 000
Frankreich	5 350 000	<i>Stadtname</i>	<i>Einwohnerzahl</i>
		Metz	200 000
		Reims	150 000
		Paris	5 000 000

Erweiterte Aggregation in OQL

Anwendungsspezifische Aggregationsfunktionen

Beispiel:

```
class Zahlen { attribute bag<Zahl: real> Zahlenmultimenge;  
                Real mean(); Real median(); Real stddev(); }
```

a) Mittelwert und Standardabweichung der Bestellungssummen

```
SELECT Z.mean(), Z.stddev()  
FROM ( SELECT B.Summe FROM Bestellungen B ) AS Z
```

b) Mittelwert und Standardabweichung der Bestellungssummen
für jedes einzelne Produkt

```
SELECT G.Prod, G.Best.mean(), G.Best.stddev()  
FROM ( SELECT Prod, (SELECT B.Summe FROM partition)  
        AS Best  
FROM Bestellungen B  
GROUP BY Prod: B.PNr ) AS G
```

8.5.1 Komplexe Datentypen in SQL-99

Typkonstruktoren ROW, SET, LIST, MULTISSET
Subklassen UNDER Superklasse

Beispiele:

```
CREATE ROW TYPE Punkt (X FLOAT, Y FLOAT);
```

```
CREATE ROW TYPE Polylinie
```

```
  (AnzPunkte INTEGER, HatStützpunkte LIST OF Punkt);
```

```
CREATE ROW TYPE Straße
```

```
  (StrBez VARCHAR(10), Ausgangsort VARCHAR(30), Zielort VARCHAR(30),  
   HatVerlauf Polylinie);
```

```
CREATE TABLE Straßen OF TYPE Straße;
```

```
CREATE TYPE Autobahn UNDER Straße
```

```
  (Mindesttempo FLOAT);
```

```
CREATE TABLE Autobahnen OF Autobahn;
```

```
SELECT * FROM Autobahnen
```

liefert alle Autobahnen

```
SELECT * FROM Straßen
```

liefert alle Straßen inklusive der Autobahnen

Komplexe Datentypen in Oracle8i

Typkonstruktoren OBJECT, REF, VARRAY (ohne Schachtelung)
TABLE (mit 1 Stufe von NESTED TABLES)

Beispiele:

```
CREATE TYPE Kenntnissetyp AS VARRAY(5) OF VARCHAR(30);  
CREATE TABLE Angestellte  
  (AngNr NUMBER, Name VARCHAR(50), Kenntnisse Kenntnissetyp);  
INSERT INTO Angestellte VALUES (0815, 'Heinz Becker',  
                                Kenntnissetyp ('Oracle', 'Java', 'Urpils') );
```

```
CREATE TYPE Pruefungstyp AS OBJECT  
  (Fach VARCHAR(30), Datum DATE, Note NUMBER);  
CREATE TYPE Pruefungstabellentyp AS TABLE OF Pruefungstyp;  
CREATE TABLE Studenten  
  (MatrNr NUMBER, Name VARCHAR(30),  
   AbgelegtePruefungen Pruefungstabellentyp)  
  NESTED TABLE AbgelegtePruefungen STORE AS Pruefungstabelle;  
INSERT INTO Studenten VALUES (4711, 'Jacques Bistro',  
                               Pruefungstabellentyp (Pruefungstyp ('Praktische Informatik', 11.11.1998, 1.3),  
                                                       Pruefungstyp ('Nebenfach', 24.12.1998, 1.7) ) );
```

Mehrfache Schachtelung in Oracle8i

Beispiel:

```
CREATE TYPE Frageantworttyp AS OBJECT
  (LfdNr NUMBER, Frage VARCHAR(200), Antwort VARCHAR(2000));
CREATE TYPE Protokolltyp AS TABLE OF Frageantworttyp;
CREATE TYPE Pruefungstyp AS OBJECT
  (Fach VARCHAR(30), Datum DATE, Note NUMBER, Protokoll Protokolltyp);
CREATE TYPE Pruefungstabellentyp AS TABLE OF Pruefungstyp;
CREATE TABLE Studenten
  (MatrNr NUMBER, Name VARCHAR(30),
  AbgelegtePruefungen Pruefungstabellentyp)
  NESTED TABLE AbgelegtePruefungen STORE AS Pruefungstabelle;
INSERT INTO Studenten VALUES (4711, 'Jacques Bistro',
  Pruefungstabellentyp
    (Pruefungstyp ('Praktische Informatik', 11.11.1998, 1.3,
      Protokolltyp (
        Frageantworttyp (1, 'Wie baut man ... ?', 'Das macht ... '),
        Frageantworttyp (2, 'Wieso ist ...? ', 'Der Grund ist ... '))),
    Pruefungstyp ('Nebenfach', 24.12.1998, 1.7,
      Protokolltyp (
        Frageantworttyp (1, 'Was ist ... ? ', 'Das ist ... '),
        Frageantworttyp (2, 'Wie funktioniert ...? ', 'Das ... '))) ));
```

Oracle8i: Anfragen auf Nested Tables (1)

Beispiele:

```
CREATE TYPE Namenstyp AS OBJECT
```

```
(Vorname VARCHAR(30), Nachname VARCHAR(30), Spitzname VARCHAR(30))
```

```
CREATE TYPE Pruefungstyp AS OBJECT
```

```
(Fach VARCHAR(30), Datum DATE, Note NUMBER);
```

```
CREATE TYPE Pruefungstabellentyp AS TABLE OF Pruefungstyp;
```

```
CREATE TABLE Studenten
```

```
(MatrNr NUMBER, Name Namenstyp,
```

```
AbgelegtePruefungen Pruefungstabellentyp)
```

```
NESTED TABLE AbgelegtePruefungen STORE AS Pruefungstabelle;
```

Oracle8i: Anfragen auf Nested Tables (2)

1) Vollständige Namen von Studenten mit Spitznamen „Schlumpf“

```
SELECT S.Name.Vorname, S.Name.Nachname FROM Studenten S
WHERE S.Name.Spitzname = 'Schlumpf'
```

2) Gib alle Prüfungen des Studenten mit Matrikelnummer 1234 aus

```
SELECT S.AbelegtePruefungen FROM Studenten S WHERE S.MatrNr = 1234
```

bzw. besser:

```
SELECT * FROM TABLE ( SELECT S.AbelegtePruefungen
                        FROM Studenten S WHERE S.MatrNr = 1234 )
```

3) Note des Studenten mit Matrikelnr. 1234 im Fach Informationssysteme

```
SELECT P.Note
```

```
FROM TABLE ( SELECT S.AbelegtePruefungen FROM Studenten S
              WHERE S.MatrNr = 123456 ) P
```

```
WHERE P.Fach = 'Informationssysteme';
```

Oracle8i: Anfragen auf Nested Tables (3)

4) Gib die Noten aller Studenten in allen Fächern aus.

```
SELECT S.MatrNr, P.Fach, P.Note  
FROM Studenten S, TABLE (S.AbgelegtePruefungen) P
```

5) Gib die Noten aller Studenten im Fach Informationssysteme aus.

```
SELECT S.MatrNr, P.Note  
FROM Studenten S, TABLE (S.AbgelegtePruefungen) P  
WHERE P.Fach = 'Informationssysteme';
```

6) Gib für jeden Studenten das letzte Prüfungsdatum aus
bzw. einen Nullwert für Studenten ohne abgelegte Prüfungen

```
SELECT S.MatrNr, Max(P.Datum)  
FROM Studenten S, TABLE (S.AbgelegtePruefungen) (+) P
```

oder:

```
SELECT S.MatrNr,  
       (SELECT Max(P.Datum) FROM TABLE(S.AbgelegtePruefungen))  
FROM Studenten S
```


Funktionen und ADTs in SQL-99

Beispiele:

```
CREATE TYPE Rechteck (lu Punkt, ro Punkt);
CREATE FUNCTION SchneidetBox (p Polylinie, r Rechteck) RETURNS BOOLEAN
  BEGIN ... END;
CREATE FUNCTION Gesamtlänge (p Polylinie) RETURNS FLOAT
  BEGIN ... END;
```

```
SELECT S.StrBez, Gesamtlänge(S.HatVerlauf) FROM Straßen S
WHERE S.Ausgangsort='Saarbrücken'
AND SchneidetBox (S.HatVerlauf, <lu: <X:5.71, Y:6.24>, ro: <X:17.5, Y:22>>);
```

```
CREATE TYPE Straße
  (StrBez VARCHAR(10), Ausgangsort VARCHAR(30), Zielort VARCHAR(30),
  PRIVATE HatVerlauf Polylinie,
  PUBLIC FUNCTION Gesamtlänge (s Straße) RETURNS FLOAT
  ...
  END FUNCTION );
CREATE TABLE Straßen OF TYPE Straße;
```

Funktionen und ADTs in Oracle8i

Beispiele:

```
CREATE TYPE Kontotyp AS OBJECT
```

```
(Kontonr NUMBER, Inhaber VARCHAR(30), Kontostand MONEY,
```

```
MEMBER FUNCTION Tageszinsen (Zinssatz IN NUMBER) RETURN MONEY,
```

```
MEMBER PROCEDURE Einzahlung (Betrag IN MONEY),
```

```
MEMBER PROCEDURE Auszahlung (Betrag IN MONEY) RETURN Fehlertyp );
```

```
CREATE OR REPLACE TYPE BODY Kontotyp AS
```

```
MEMBER FUNCTION Tageszinsen (Zinssatz IN NUMBER) RETURN MONEY
```

```
IS BEGIN ... RETURN Kontostand*Zinssatz/100; END;
```

```
MEMBER PROCEDURE Einzahlung (...) IS BEGIN ... END; ...
```

```
END;
```

```
CREATE TABLE Konto OF Kontotyp;
```

```
SELECT KontoNr, Tageszinsen (0.05) FROM Konto WHERE Kontostand > 100000;
```

```
SELECT KontoNr FROM Konto WHERE Tageszinsen (0.05) > 1000;
```

```
UPDATE Konto K SET K = K.Einzahlung (100) WHERE KontoNr = 1234;
```