2. Informationsmodellierung mit Entity-Relationship-Modell und UML

- Einführung Modellierung / Abstraktionskonzepte
- Entity-Relationship-Modell
  - Entity-Mengen
  - Attribute und Wertebereiche
  - Primärschlüssel
  - Relationship-Mengen
  - Klassifikation der Beziehungstypen (1:1, n:1, 1:n, n:m)
  - Schwache Entity-Mengen
- Modellierung mit UML (Klassendiagramme)
  - Kardinalitätsrestriktionen (Multiplizitäten)
  - Generalisierung / Spezialisierung
  - Aggregation

Lernziele Kapitel 2

- Kenntnis der Vorgehensweise beim DB-Entwurf
- Grundkonzepte des ER-Modells sowie von UML-Klassendiagrammen
- Kenntnis der Abstraktionskonzepte, insbesondere von Generalisierung und Aggregation
- Fähigkeit zur praktischen Anwendung der Konzepte
  - Erstellung von ER-Modellen und -Diagrammen bzw. UML-Modellen für gegebene Anwendungsszenarien
  - Festlegung der Primärschlüssel, Beziehungstypen, Kardinalitäten, Existenzabhängigkeiten etc.
  - Interpretation gegebener ER- bzw. UML-Modelle

Informations- und Datenmodellierung (DB-Entwurf)

Ziele:

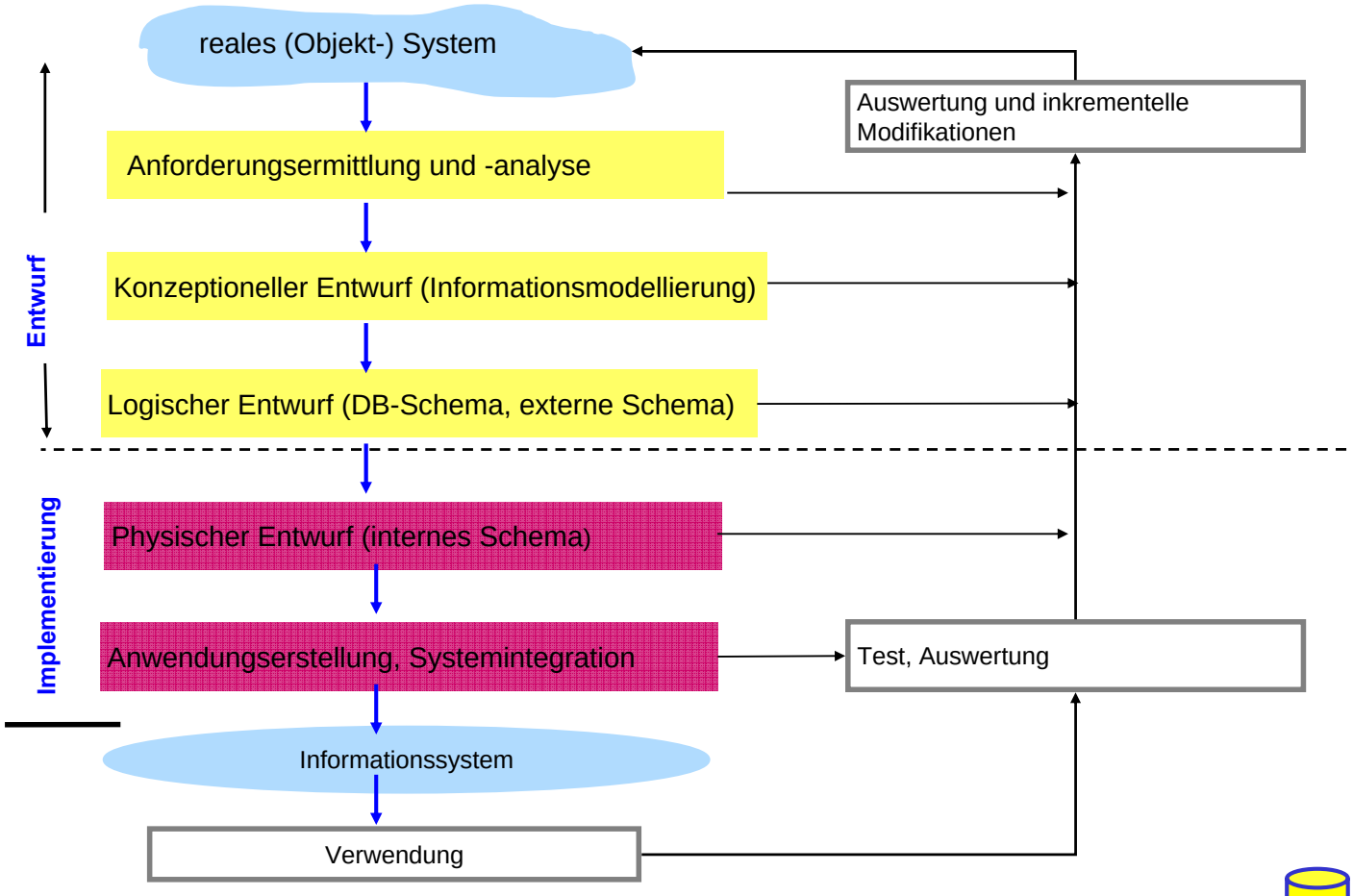
- modellhafte Abbildung eines anwendungsorientierten Ausschnitts der realen Welt (Miniwelt)
- Entwurf der logischen DB-Struktur (DB-Entwurf)

Nebenbedingungen:

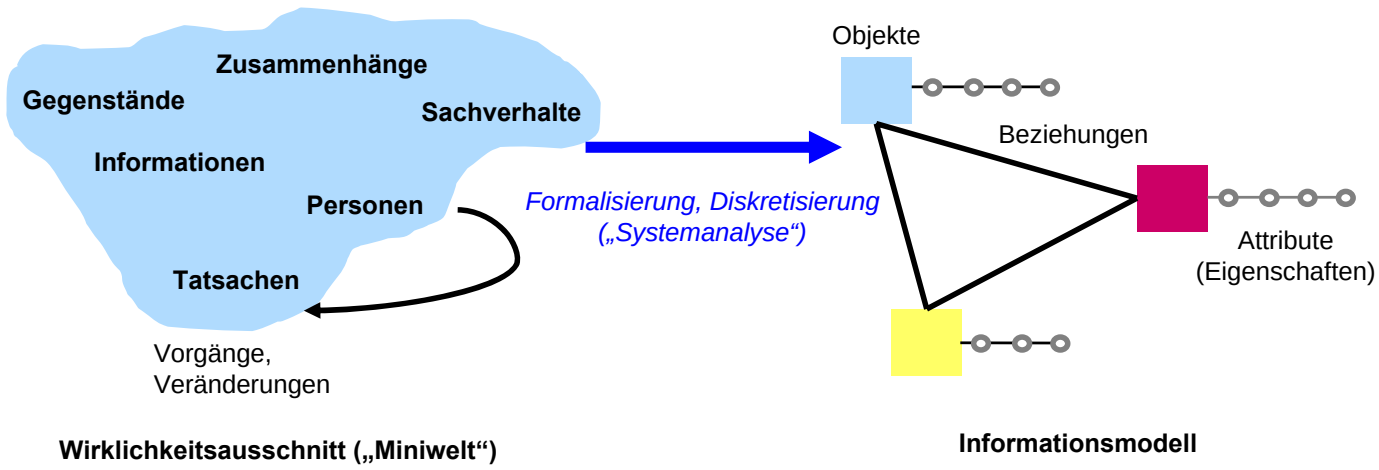
- Vollständigkeit
- Korrektheit
- Minimalität
- Lesbarkeit, Modifizierbarkeit

Schrittweise Ableitung: (Verschiedene Sichten)

1) Information in unserer Vorstellung
2) Informationsstruktur: Organisationsform der Information
3) Logische (zugriffspfadunabhängige) Datenstruktur (Was-Aspekt)
4) Physische Datenstruktur (Was- und Wie-Aspekt)



Informationsmodellierung



- Darstellungselemente + Regeln:
  - Objekte (Entities) und Beziehungen (Relationships)
  - Klassen von Objekten / Beziehungen
  - Eigenschaften (Attribute)
- Informationen über Objekte und Beziehungen nur wenn:
  - relevant
  - unterscheidbar und identifizierbar, selektiv beschreibbar

Abstraktionskonzepte

- Informations- und Datenmodelle basieren auf drei grundlegenden Abstraktionskonzepten
- Klassifikation: fasst Objekte (Entities, Instanzen) mit gemeinsamen Eigenschaften zu einem neuen (Mengen-) Objekt (Entity-Menge, Klasse, Objekttyp) zusammen.
  - Instanzen/Objekten einer Klasse unterliegen gleicher Struktur (Attribute), gleichen Integritätsbedingungen, gleichen Operationen
  - mathematisch: Mengenbildung
- Aggregation: Zusammenfassung potentiell unterschiedlicher Teilobjekte (Komponenten) zu neuem Objekt
  - mathematisch: Bildung von kartesischen Produkten
- Verallgemeinerung / Generalisierung: Teilmengenbeziehungen zwischen Elementen verschiedener Klassen
  - mathematisch: Bildung von Potenzmengen (bzw. Teilmengen)
  - wesentlich: Vererbung von Eigenschaften an Teilmengen

Entity-Relationship-Modell

- entwickelt von P. P. Chen (ACM Transactions on Database Systems 1976)
- Konzepte:
  - Entity-Mengen
  - Beziehungsmengen (Relationship-Mengen)
  - Attribute
  - Wertebereiche
  - Primärschlüssel
- unterstützt die Abstraktionskonzepte der Klassifikation und Aggregation
- graphische Darstellung durch Diagramme
- zahlreiche Erweiterungsvorschläge
- weite Verbreitung über konzeptionellen DB-Entwurf hinaus: Systemanalyse, Unternehmensmodellierung

Entity-Mengen

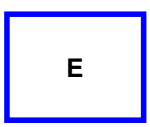
- *Entity* (Entität, Gegenstand): repräsentiert abtraktes oder physisches Objekt der realen Welt
- Gleichartige Entities (d. h. Entities mit gemeinsamen Eigenschaften) werden zu Entity-Mengen (Gegenstandstypen, Objekttypen) zusammengefasst (Klassifikation)

  => Entities sind Elemente einer (homogenen) Menge: $e \in E$

  z. B. Personen, Projekte ...
  Bücher, Autoren ...
  Kunden, Vertreter, Wein, Behälter
- DB enthält endlich viele Entity-Mengen:

  $E_1, E_2, ..., E_n$; nicht notwendigerweise disjunkt

  z. B. E_1 ... Personen, E_2 ... Kunden: $E_2 \subseteq E_1$
- Symbol für Entity-Menge E:



Attribute und Wertebereiche

- Attribute und Attributwerte:
  - Eigenschaften von Entity-Mengen werden durch Attribute bestimmt
  - Eigenschaften einzelner Entities sind durch Attributwerte festgelegt
  - Nullwert: spezieller Attributwert, dessen Wert unbekannt oder nicht möglich ist (z. B. FaxNr)
- Jedem Attribut ist ein Wertebereich (Domain) zugeordnet, der festlegt, welche Attributwerte zulässig sind (Integritätsbedingung !)

  $E\ (A_1: D_1, A_2: D_2, \ldots A_n: D_n)$
  - Attribute ordnen damit jedem Entity einen Attributwert aus dem Domain zu, d. h., ein Attribut A entspricht einer mathematischen Funktion
- Attributsymbol in ER-Diagrammen:

Attributarten

- *einfache* vs. *zusammengesetzte* Attribute
  - Beispiele: NAME [Vorname: char (30), Nachname: char (30)]
    ANSCHRIFT [Strasse: char (30), Ort: char (30), PLZ: char (5)]
  - Domain für zusammengesetztes Attribut A $[A_1, A_2, \ldots A_k]$:
    $W(A_1) \times W(A_2) \times \ldots \times W(A_k)$
- *einwertige* vs. *mehrwertige* Attribute
  - Beispiele: AUTOFARBE: {char (20)}
    KINDER: {[Name: char (30), Alter: int]}
  - Domain für mehrwertiges Attribut A: $2^{W(A)}$
- Symbol für mehrwertige Attribute:

Schlüsselkandidat

- Schlüsselkandidat oder kurz Schlüssel (key)
  - einwertiges Attribut oder Attributkombination, die jedes Entity einer Entity-Menge eindeutig identifiziert
  - keine Nullwerte!
- Definition Schlüsselkandidat

  $A = \{A_1, A_2, ..., A_m\}$ sei Menge der Attribute zu Entity-Menge E

  $\mathbf{K} \subseteq \mathbf{A}$ heißt Schlüsselkandidat von E $\Leftrightarrow$
  1. $\forall\ e_i,\ e_j \in E$ mit $e_i \neq e_j$ ---> $\mathbf{K}(e_i) \neq \mathbf{K}(e_j)$;
  2. **K** minimal

Primärschlüssel

- Primärschlüssel = Schlüsselkandidat
  - ggf. künstlich zu erzeugen (lfd. Nr.)
  - ggf. unter mehreren Kandidaten einen auszuwählen

  Beispiel:

  ```
  Prof (Zi-Nr, Sekr-TelNr, Vorname, Name, PNR)
  ```

- Primärschlüsselattribute werden durch Unterstreichung gekennzeichnet

Relationships

- Relationship-Menge: Zusammenfassung gleichartiger Beziehungen (Relationships) zwischen Entities, die jeweils gleichen Entity-Mengen angehören
- Beispiel: Beziehungen *Vorlesungsbesuch* zwischen *Student* und *Vorlesung*

Relationships (2)

- Relationship-Menge R
  entspricht mathematischer Relation zwischen n Entity-Mengen E_i

  $R \subseteq E_1 \times E_2 \times ... \times E_n$,

  d. h. $R = \{r = [e_1, e_2, ..., e_n] \mid e_1 \in E_1, ..., e_n \in E_n\}$

  gewöhnlich: n=2 oder n=3

- Symbol:

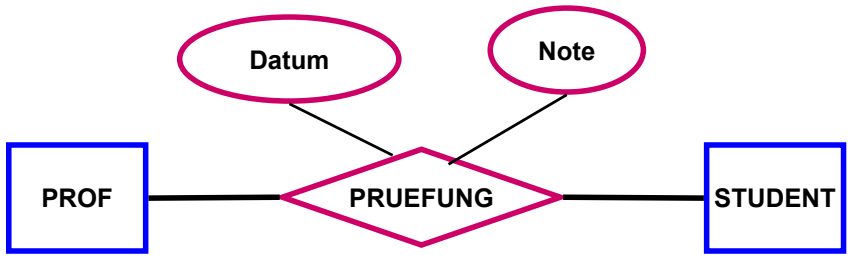
Relationships (3)

- Relationship-Mengen können auch Attribute besitzen

  $R \subseteq E_1 \times E_2 \times ... \times E_n \times W(A_1) \times ... \times W(A_m)$

  d. h. $R = \{r = [e_1, e_2, ..., e_n, a_1, a_2, ... a_m] \mid e_i \in E_i, \quad a_j \in W(A_j)\}$

- Beispiel



  PROF (Pnr, Pname, Fach)

  STUDENT (Matnr, Sname, Immdatum)

  PRUEFUNG (PROF, STUDENT, Datum, Note)

- Entities e_i können durch ihre Primärschlüssel ersetzt werden

Relationships (4)

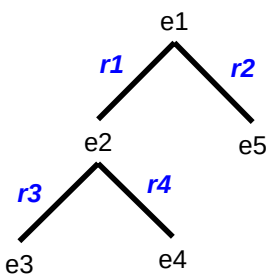
- keine Disjunktheit der beteiligten Entity-Mengen gefordert (rekursive Beziehungen)

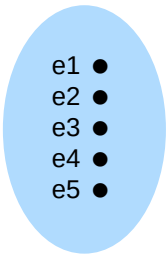
  VERHEIRATET $\subseteq$ PERSON × PERSON

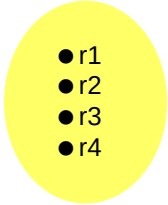
  VORGESETZTER $\subseteq$ PERSON × PERSON

- Einführung von Rollennamen möglich (Reihenfolge !)

  VORGESETZTER (Chef: PERSON, Mitarbeiter: PERSON)

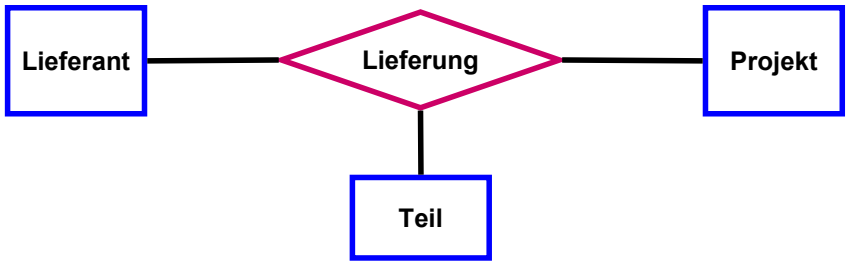




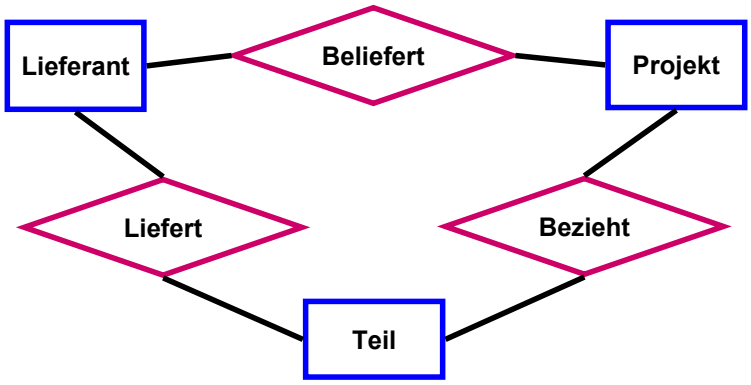


Relationships (5)

- Beispiel einer 3-stelligen Relationship-Menge



- nicht gleichwertig mit drei 2-stelligen (binären) Relationship-Mengen!



Beispiel:

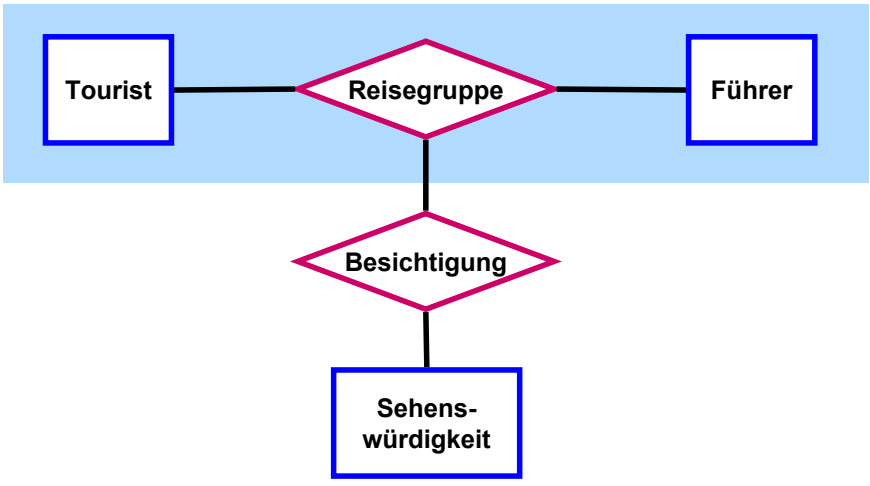
L1 liefert T1,
L1 beliefert P1,
P1 bezieht T1

Impliziert nicht notwendigerweise

Lieferung (L1, P1, T1)

Relationships (6)

- Beziehungen zwischen Relationship-Mengen werden im ERM nicht unterstützt (mangelnde Orthogonalität)
- Beispiel



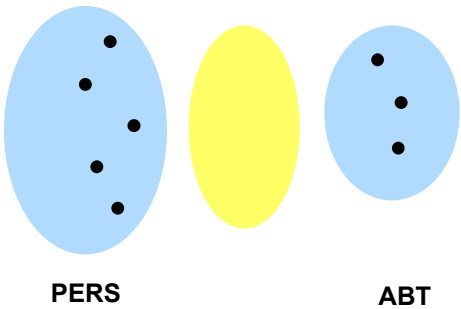
Kardinalität von Beziehungen

- Festlegung wichtiger struktureller Integritätsbedingungen
- Unterschiedliche Abbildungstypen für binäre Beziehung zwischen Entity-Mengen E_i und E_j
  - 1:1 eineindeutige Funktion (injektive Abbildung)
  - n:1 mathematische Funktion (funktionale Abbildung)
  - 1:n invers funktionale Abbildung
  - n:m mathematische Relation (komplexe Abbildung)
- Abbildungstypen implizieren nicht, dass für jedes e $\in E_i$ auch tatsächlich ein e' $\in E_j$ existiert!
  - n:1- sowie 1:1-Beziehungen repräsentieren somit i.a. nur partielle Funktionen
- Präzisierung der Kardinalitätsrestriktionen durch *Min-Max-Notation*

1:1-Beziehungen

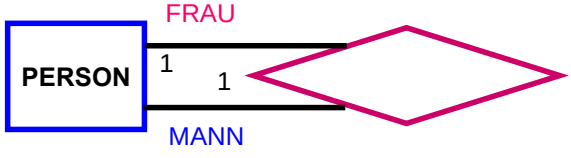
- 1:1-Beziehung zwischen unterschiedlichen Entity-Mengen

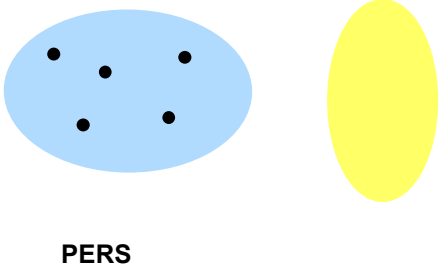
1:1 LEITET/WIRD-GELEITET: PERS ↔ ABT



- rekursive 1:1-Beziehung

1:1 VERHEIRATET: PERS ↔ PERS

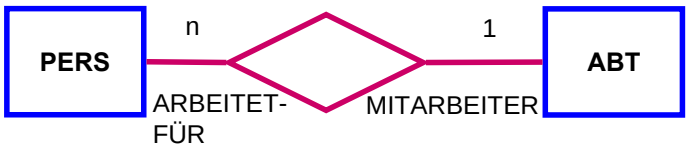


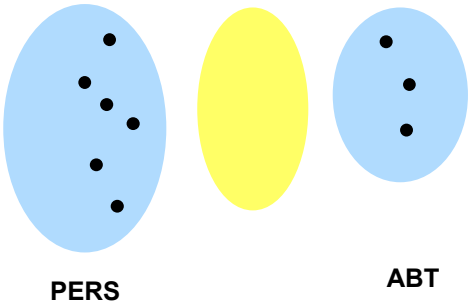


n:1-Beziehung

- n:1-Beziehung zwischen unterschiedlichen Entity-Mengen

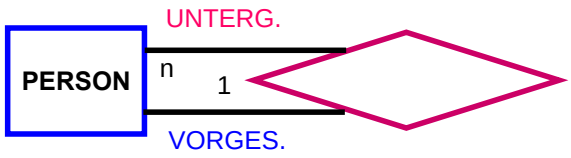
n:1 ARBEITET-FÜR/MITARBEITER: PERS -> ABT

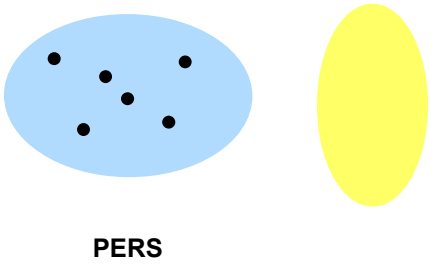




- rekursive n:1-Beziehung

n:1 UNTERGEB./VORGESETZTER_VON: PERS -> PERS

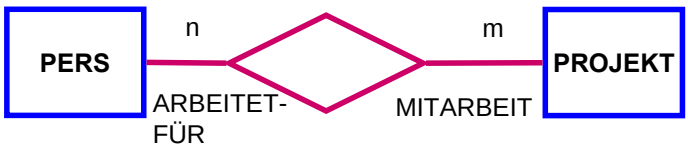


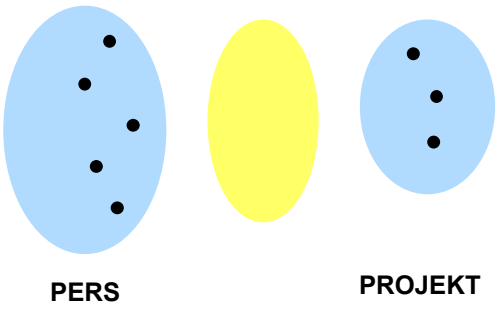


n:m-Beziehung

- n:m-Beziehung zwischen unterschiedlichen Entity-Mengen

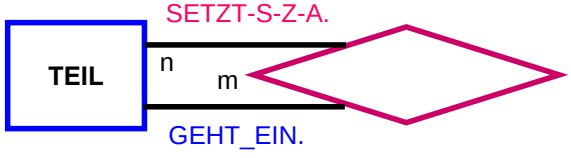
n:m ... ARBEITET_FÜR/MITARBEIT: PERS ---- PROJEKT

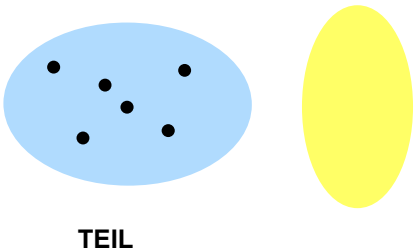




- rekursive n:m-Beziehung

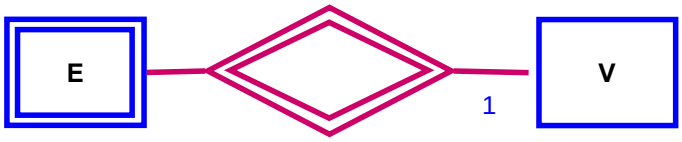
n:m SETZT_SICH_ZUSAMMEN_AUS/GEHT_EIN_IN: TEIL ---- TEIL



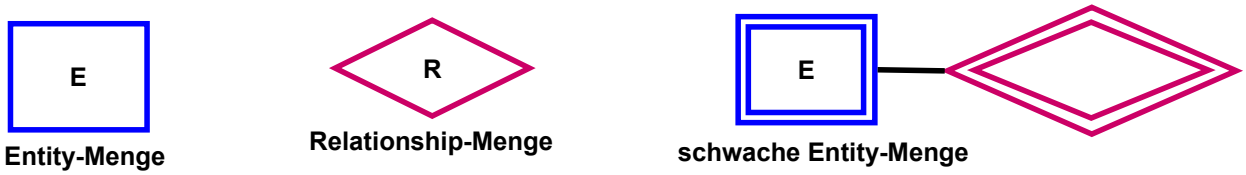


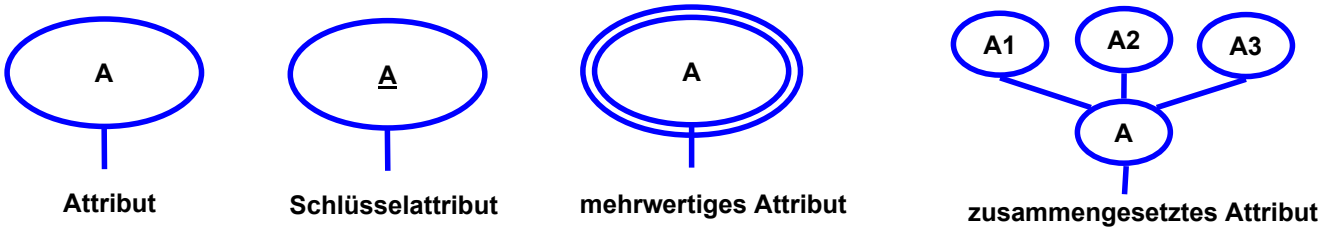
Schwache Entity-Mengen (weak entities)

- Entity-Menge mit Existenzabhängigkeit zu anderer Entity-Menge
  - kein eigener Schlüsselkandidat, sondern Identifikation über Beziehung zur übergeordneten Entity-Menge
  - Bsp.: Entity-Menge *Raum (Nummer, Größe)* abhängig von *Gebäude*
- Konsequenzen
  - i.a. n:1 bzw. 1:1-Beziehung zwischen schwacher Entity-Menge und Vater-Entity-Menge
  - jedes schwache Entity muss in Relationship-Menge mit Vater-Entity-Menge vertreten sein (obligatorische Beziehungsteilnahme)
  - Primärschlüssel ist zumindest teilweise von Vater-Entity-Menge abgeleitet
- ER-Symbole:



Überblick über ER-Diagrammsymbole

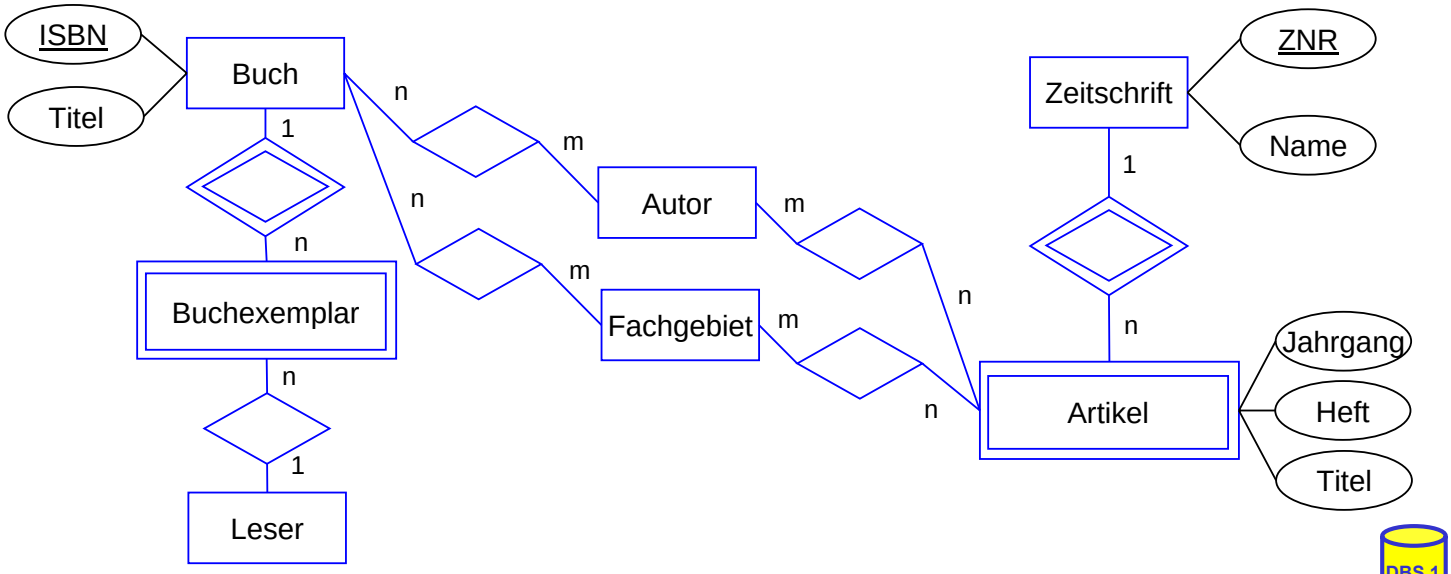




Beziehungstypen (Kardinalitätsangaben)

ERM: Anwendungsbeispiel

Eine Bibliothek besteht aus Büchern und Zeitschriften. Jedes Buch kann ggf. mehrere Autoren haben und ist eindeutig durch seine ISBN gekennzeichnet. Die Bibliothek besitzt teilweise mehrere Exemplare eines Buches. Zeitschriften dagegen sind jeweils nur einmal vorhanden. Sie erscheinen in einzelnen Heften und werden jahrgangsweise gebunden. Die in Zeitschriften publizierten Artikel sind ebenso wie Bücher einem oder mehreren Fachgebieten (z. B. Betriebssysteme, Datenbanksysteme, Programmiersprachen) zugeordnet. Ausgeliehen werden können nur Bücher (keine Zeitschriften).

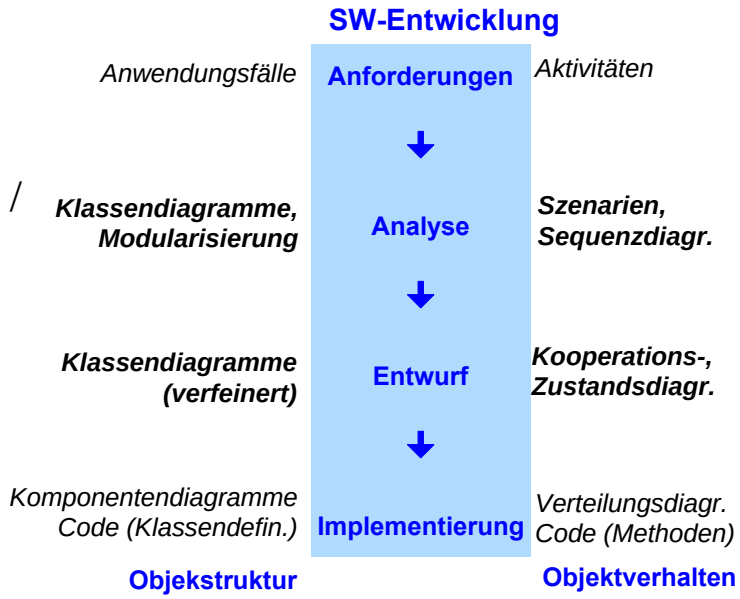


Unified Modeling Language (UML)

- standardisierte graphische Notation/Sprache zur Beschreibung objektorientierter Software-Entwicklung
- Kombination unterschiedlicher Modelle bzw. Notationen, u.a.
  - Booch
  - Rumbaugh (OMT)
  - Jacobson (Use Cases)
- Standardisierung durch Herstellervereinigung OMG (Object Management Group)
  - 1997: UML 1.1
  - 2001: UML 1.4
  - 2003: UML 2.0
- Infos: *www.uml.org*

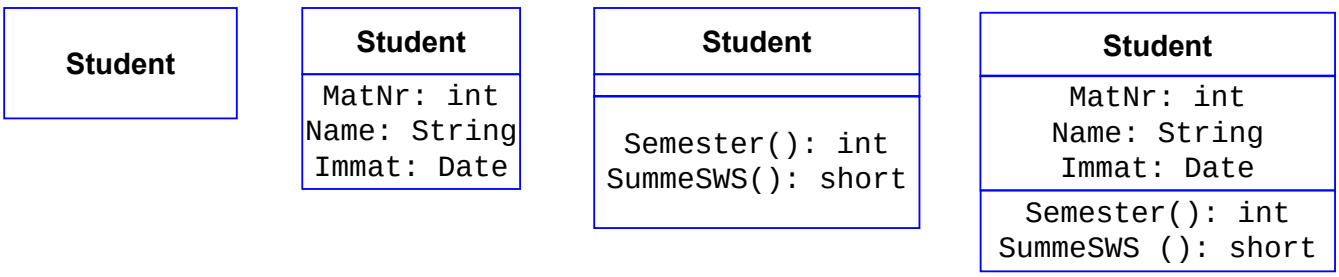
UML-Bestandteile

- UML umfasst *Modellelemente* (Klassen, Interfaces, Anwendungsfälle ...), *Beziehungen* (Assoziationen, Generalisierung, Abhängigkeiten ...) und *Diagramme*
- Generelle Sichtweisen
  - Klassen- vs. Instanzsicht
  - Spezifikations- vs. Implementierungssicht (Interface / Klasse)
  - Analyse- vs. Entwurf- vs. Laufzeit-Sichten
- (Statische) Strukturdiagramme
  - Festlegung von Klassen, Interfaces, ..., deren interne Struktur sowie von Beziehungen
  - Klassendiagramme vs. Objektdiagramme

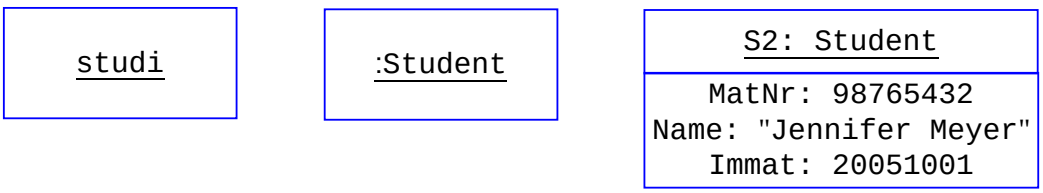


Darstellung von Klassen und Objekten

- Klassensymbol: Angabe von Klassenname, Attribute (optional), Methoden (optional)
  - i. a. werden nur relevante Details gezeigt

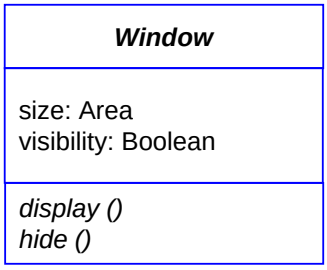


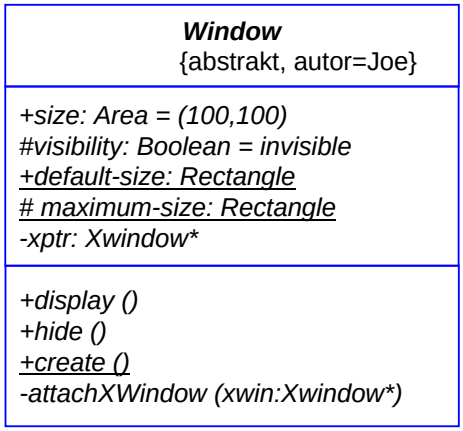
- analoge Darstellung von Klasseninstanzen (Objekten)
  - keine Methodenangabe



Darstellung von Klassen (2)

- Detaildarstellung auf Implementierungsebene
  - Attributspezifikation:
    Sichtbarkeit Name: Typ = Default-Wert { Eigenschaften }
  - Operationen: *Sichtbarkeit Name (Parameterliste) : Rückgabeausdruck { Eigenschaften }*
  - Sichtbarkeit: öffentlich / public (+), geschützt / protected (#), privat (-)
  - unterstrichen: Klassen-Attribute / -Operationen
  - Darstellung von Bedingungen (Constraints) innerhalb geschweifter Klammern { }





Assoziationen

- Repräsentation von Beziehungen (relationships)
- optional: Festlegung eines Assoziationsnamens, seiner Leserichtung (▸ bzw. ◂), von Rollennamen, Sichtbarkeit von Rollen (+, -, #) sowie Kardinalitätsrestriktionen

Kardinalitätsrestriktionen in UML

- Verfeinerung der Semantik eines Beziehungstyps durch Kardinalitätsrestriktionen
  - bisher nur grobe strukturelle Festlegungen (z. B.: 1:1 bedeutet "höchstens eins zu höchstens eins")
  - Festlegung der minimalen Kardinalität
  - Erweiterung auf n-stellige Beziehungen
- Definition: für binäre Assoziation $R \subseteq E_1 \times E_2$
  - Multiplizität min_1 .. max_1 (min_2..max_2) bedeutet, dass zu jedem E2 (E1)-Element wenigstens min1 (min2) und höchstens max1 (max2) Instanzen von E1 (E2) enthalten sein müssen (mit 0 <= min_i <= max_i, max_i >= 1)
  - Bezugnahme zur „gegenüberliegenden" Klasse
- erlaubt Unterscheidung, ob Beziehungsteilnahme *optional (Mindestkardinalität 0)* oder *obligatorisch (Mindestkardinalität >= 1)* ist

e_1 nimmt an [min_2, max_2] Beziehungen von Typ R teil
e_2 nimmt an [min_1, max_1] Beziehungen von Typ R teil

Kardinalitätsrestriktionen in UML (2)

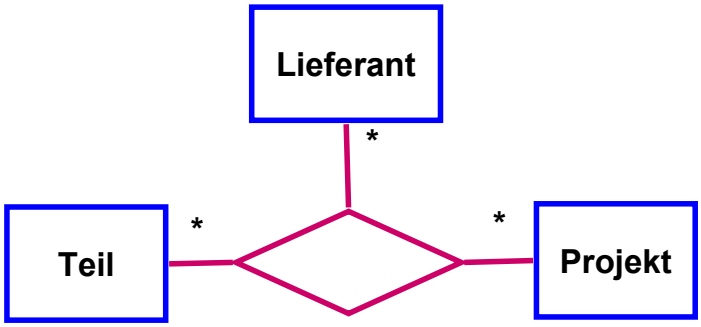
- Zulässige Multiplizitätsfestlegungen

x..y	mindestens x, maximal y Objekte nehmen an der Beziehung teil
0..*	optionale Teilnahme an der Beziehung
1..*	obligatorische Teilnahme an Beziehung
0..1	
1	genau 1
*	„viele"

- Beispiele

R	E_1	E_2	klassischer Beziehungstyp	min1..max1	min2..max2
Abt.Leitung	ABT	PERS			
Parteimitglied	PARTEI	PERS			
Verheiratet	FRAU	MANN			
V.teilname	VORL	STUDENT			
Belegung	PERS	ZIMMER			

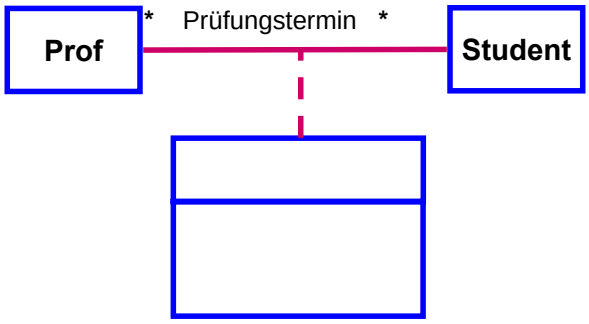
N-stellige Assoziationen



- Multiplizitätsangabe einer Klasse
  - regelt bei n-stelligen Beziehungen die Anzahl möglicher Instanzen (Objekte) zu einer fixen Kombination von je einem Objekt der übrigen n-1 Assoziationsenden

Weitere Assoziationen

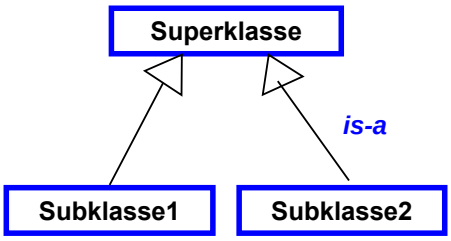
- **Assoziations-Klassen**
  - notwendig für Beziehungen mit eigenen Attributen
  - gestrichelte Linie
  - Name der A.-Klasse entspricht dem der Assoziation

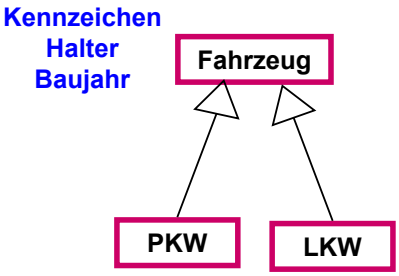


- gerichtete Assoziation
  - Einschränkung der Navigierbarkeit: keine direkte Navigationsmöglichkeit in umgekehrter Richtung (einfachere Implementierung)
  - auf konzeptioneller Ebene nicht notwendigerweise festzulegen

Is-A-Beziehungen

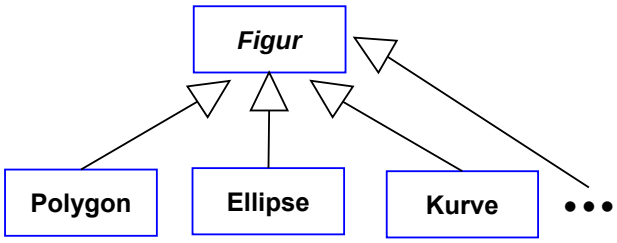
- Is-A-Beziehung zwischen Klassen (Entity-Mengen)
  - E_1 is-a E_2 bedeutet, dass jedes Objekt aus E_1 auch ein Objekt aus E_2 ist, jedoch mit zusätzlichen strukturellen Eigenschaften
  - *Substitutionsprinzip*: alle Instanzen einer Subklasse sind auch Instanzen der Superklasse
- Vererbung von Eigenschaften (Attribute, Integritätsbedingungen, Methoden ...) der Superklasse an alle Subklassen
  - Wiederverwendbarkeit, Erweiterbarkeit
  - keine Wiederholung von Beschreibungsinformation, Fehlervermeidung

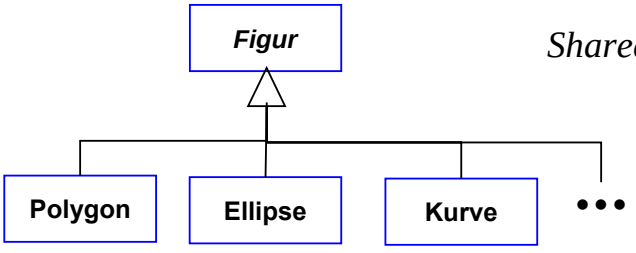




UML-Darstellungsvarianten Generalisierung

Separate Target Style (Pfeil pro Verbindung)





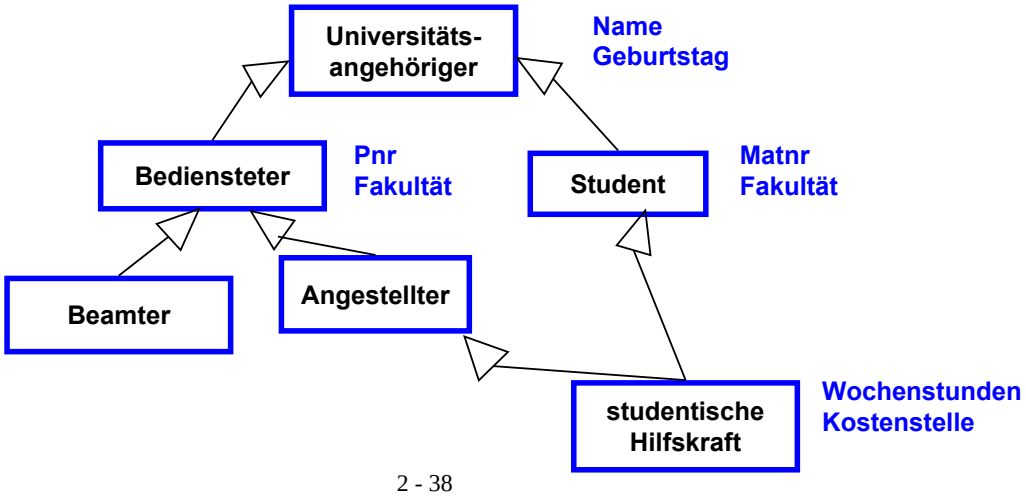
Shared Target Style

Generalisierung/Spezialisierung

- Is-A-Beziehungen realisieren Abstraktionskonzepte der Generalisierung und Spezialisierung
- Generalisierung: Bottom-Up-Vorgehensweise
  - Bildung allgemeinerer Superklassen aus zugrundeliegenden Subklassen
  - Übernahme gemeinsamer Eigenschaften und Unterdrückung spezifischer Unterschiede
  - rekursive Anwendbarkeit => Generalisierungshierarchie
- Spezialisierung: Top-Down-Vorgehensweise
  - zuerst werden die allgemeineren Objekte (Superklassen), dann die spezielleren (Subklassen) beschrieben

Generalisierung/Spezialisierung (2)

- oft keine reine Hierarchien, sondern Netzwerke (n:m)
  - eine Klasse kann Subklasse mehrerer Superklassen sein
  - ein Objekt kann gleichzeitig Instanz verschiedener Klassen sein
  - Zyklen nicht erlaubt/sinnvoll (A is-a B, B is-a A)
- führt zum Problem der Mehrfach-Vererbung
  - Namenskonflikte möglich
  - benutzergesteuerte Auflösung, z. B. durch Umbenennung



Spezialisierung: Definitionen

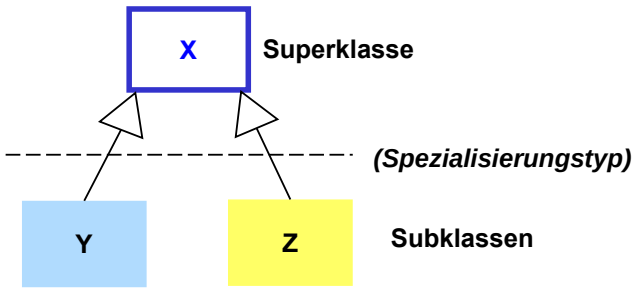
- Klasse: Menge von Entities (Entity-Mengen, Superklassen, Subklassen)
- Subklasse: Klasse S, deren Entities eine Teilmenge einer Superklasse G sind (is-a-Beziehung), d. h. $S \subseteq G$

  d. h. jedes Element (Ausprägung) von S ist auch Element von G.
- *Spezialisierung*: $Z(G) = \{S_1, S_2, \ldots S_n\}$

  Menge von Subklassen S_i mit derselben Superklasse G
- Zusätzliche Integritätsbedingungen: Vollständigkeit (Überdeckung) und Disjunktheit von Spezialisierungen

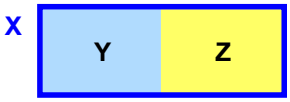
  Z heisst **vollständig (complete)**, falls gilt: $G = \cup\ S_i \quad (i = 1..n)$
  andernfalls **partiell (incomplete)**.
  Z ist **disjunkt (disjoint)**, falls $S_i \cap S_j = \{\ \}$ für $i \neq j$
  andernfalls **überlappend (overlapping)**.

Arten von Spezialisierungen

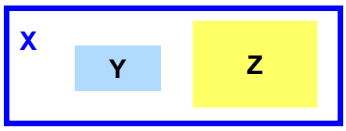


- disjunkte Spezialisierungen (Partitionierung)

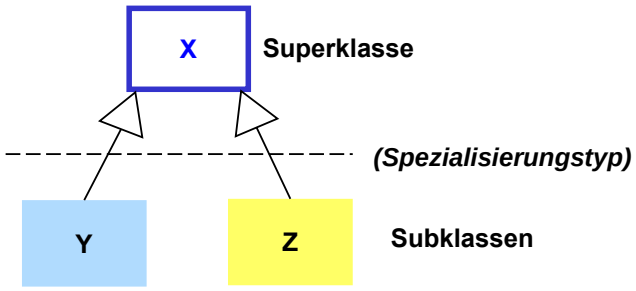
vollständig, disjunkt (*complete*, *disjoint*)



partiell, disjunkt (*incomplete*, *disjoint*)

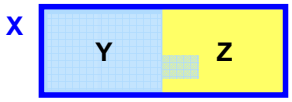


Arten von Spezialisierungen (2)

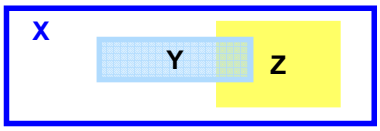


- überlappende Spezialisierungen

vollständig, überlappend (*complete*, *overlapping*)

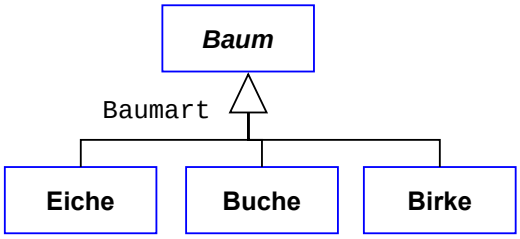


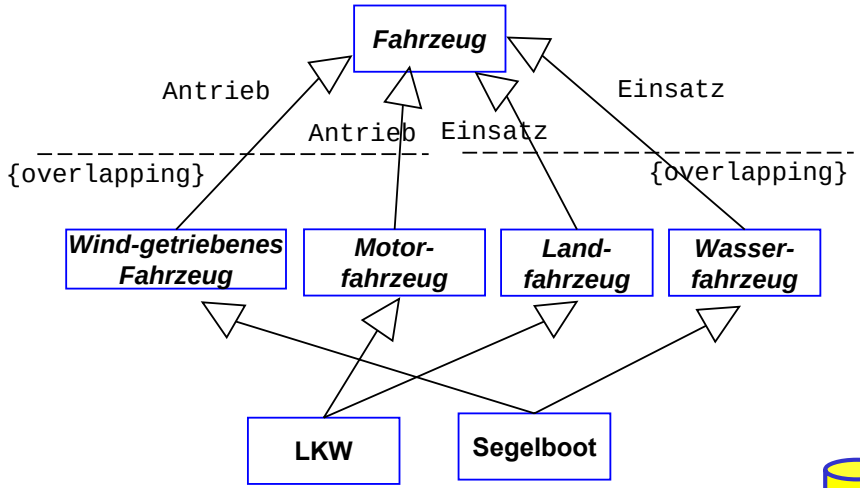
partiell, überlappend (*incomplete*, *overlapping*)



Spezialisierung (3)

- Angabe von Diskriminatoren (zB Attribut der Superklasse, das Zuordnung zu Subklassen bestimmt)



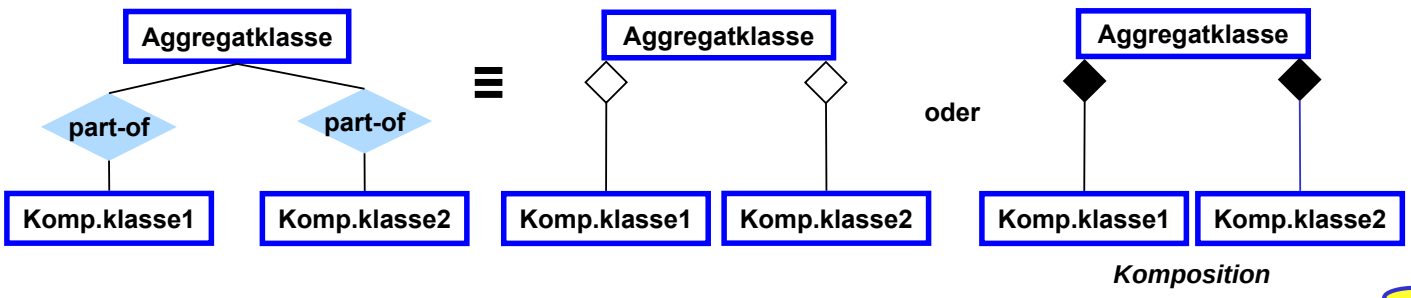


Aggregation

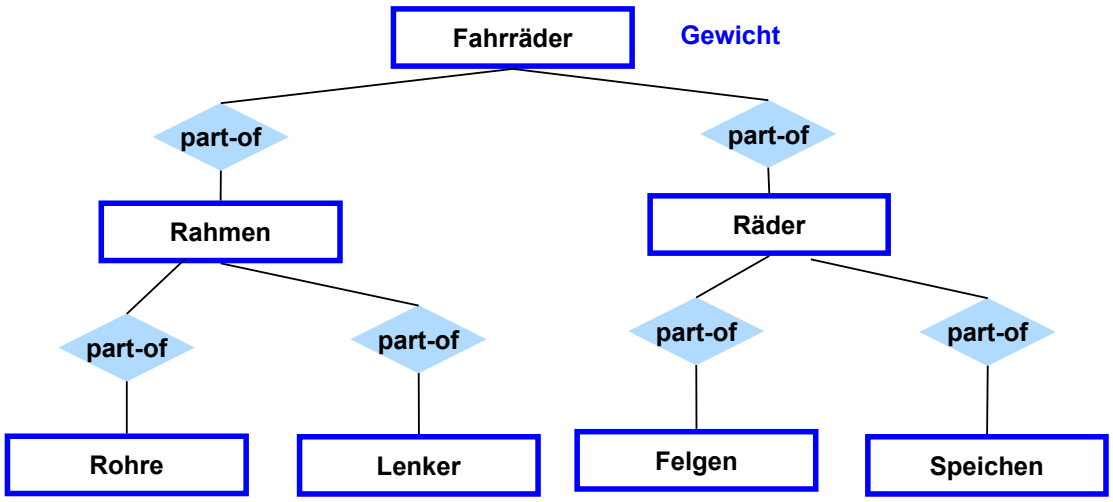
- Objekte werden als Zusammensetzung von anderen Objekten angesehen
  - eine Kombination von einfachen (atomaren, d.h. nicht weiter zerlegbaren) Objekten (Element, **Teil**) wird betrachtet als zusammengesetztes Objekt (**Aggregat**objekt)
  - rekursive Anwendung des Aggregatsprinzips: Aggregationsobjekte mit komplexen Komponenten
- Einfache Formen der Aggregation:
  - zusammengesetzte Attribute
  - Entity-Menge als Aggregation verschiedener Attribute
- Erweiterung auf Part-of-Beziehung zwischen Entity-Mengen / Klassen

Aggregation (2)

- Part-of-Beziehung (Teil-von-Beziehung) zwischen Komponenten- und Aggregatobjekten
  - Elemente einer Subkomponente sind auch Elemente aller Superkomponenten dieser Subkomponente
  - Referenzsemantik ermöglicht, dass ein Objekt gleichzeitig Elemente verschiedener Komponenten bzw. Subkomponente von mehreren Superkomponenten sein -> Netzwerke, (n:m) !
  - Wertesemantik (**Komposition**): Teil-Objekt gehört genau zu einem Aggregat-Objekt; Existenzabhängigkeit!



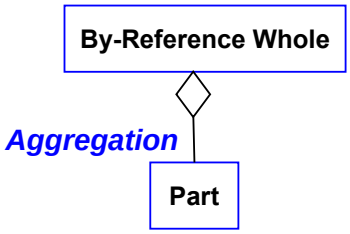
Aggregation (3)

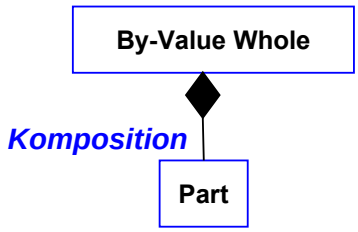


- Unterstützung komplex-strukturierter Objekte
- heterogene Komponenten möglich
- keine Vererbung !

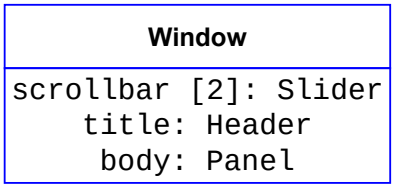
Aggregation (UML)

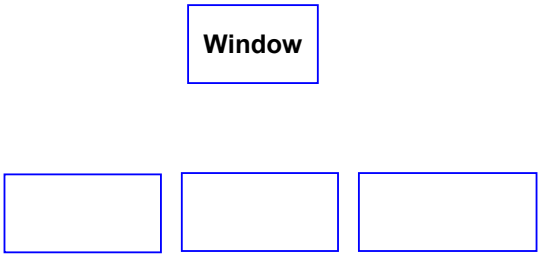
- **Aggregation**: spezielle Assoziation zwischen 2 Klassen, in der eine Klasse eine andere vollständig (whole) enthält



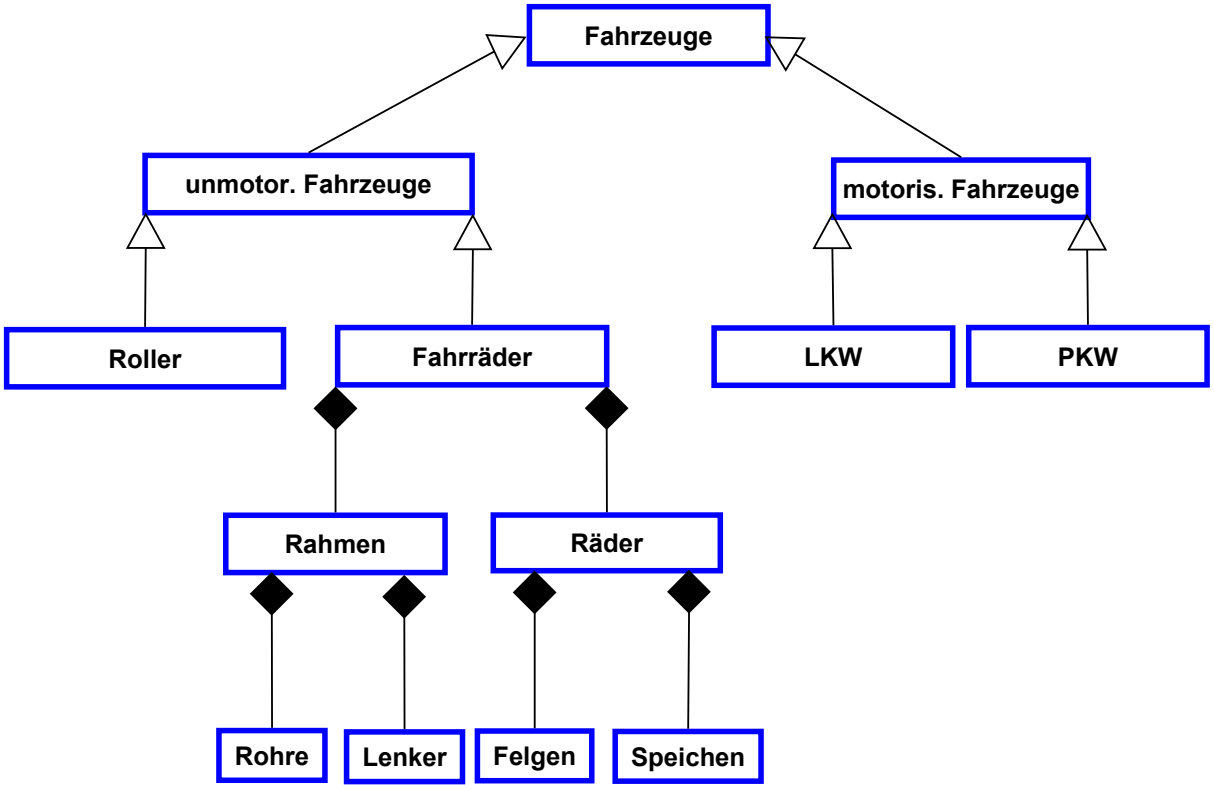


- **Komposition**
  - Komponenten-Klasse einer Aggregatklasse A entspricht einem Attribut von A
  - Äquivalente Repräsentationen:

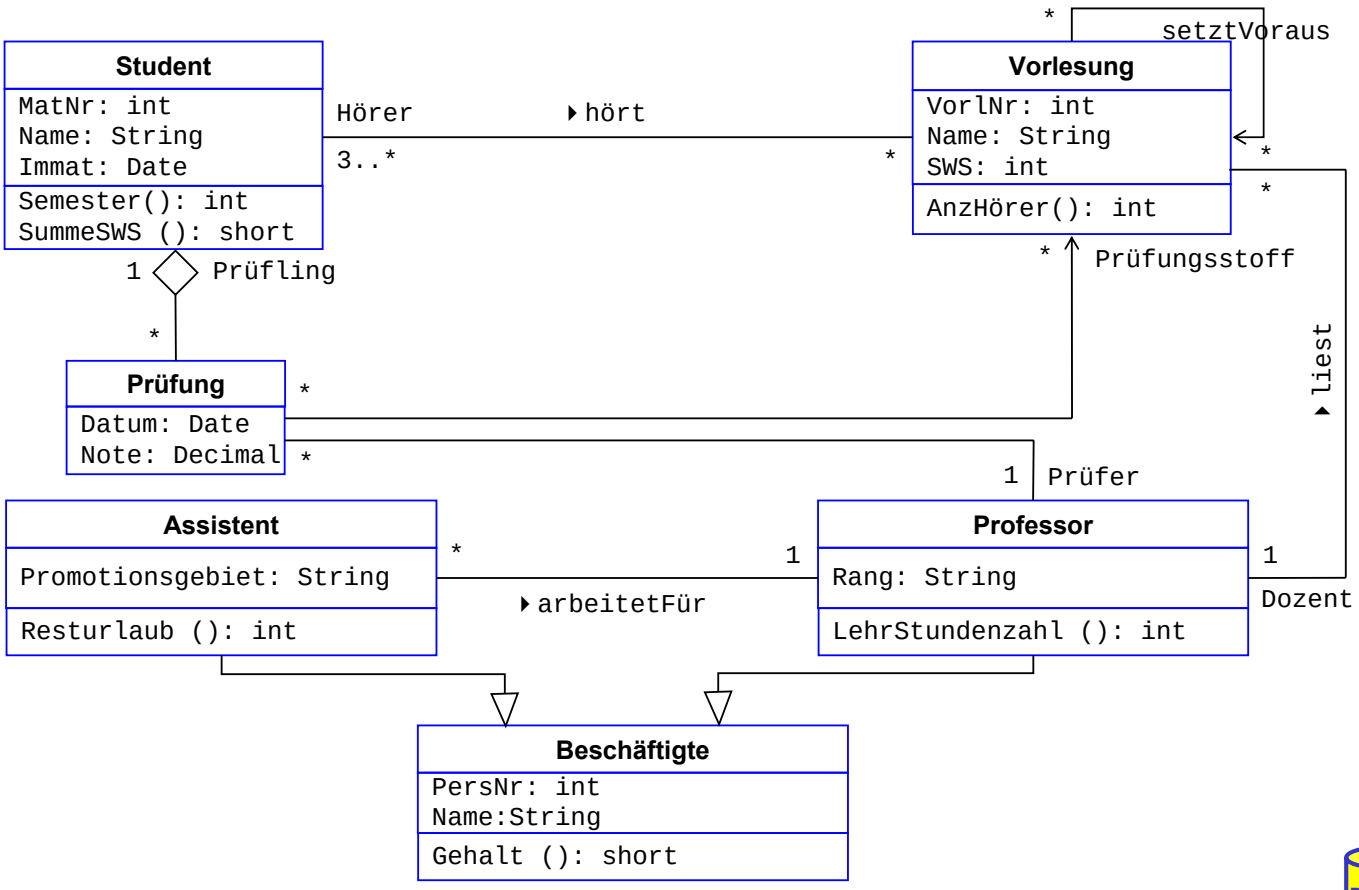




Kombination von Generalisierung und Aggregation



Beispiel UML-Klassendiagramm



Zusammenfassung

- DB-Entwurf umfasst
  - Informationsanalyse
  - konzeptioneller Entwurf (-> Informationsmodell)
  - logischer Entwurf (-> logisches DB-Schema)
  - physischer Entwurf (-> physisches DB-Schema)
- Informationsmodellierung mit dem ER-Modell
  - Entity-Mengen und Relationship-Mengen
  - Attribute, Wertebereiche, Primärschlüssel
  - Beziehungstypen (1:1, n:1, n:m)
  - Diagrammdarstellung
- UML-Klassendiagramme: Unterschiede zu ER-Modell
  - standardisiert
  - Spezifikation von Verhalten (Methoden), nicht nur strukturelle Aspekte
  - genauere Kardinalitätsrestriktionen (Multiplizitäten)
  - Unterstützung der Abstraktionskonzepte der Generalisierung / Spezialisierung, Aggregation / Komposition
- keine festen Regeln zur eigentlichen Informationsmodellierung (i.a. mehrere Modellierungsmöglichkeiten einer bestimmten Miniwelt)