Wegweisende Arbeiten in der Softwaretechnik

Peter P. Chen
Entity Relationship Modellierung

Problemseminarvortrag im SS 2004

von
Madlen Hartmann

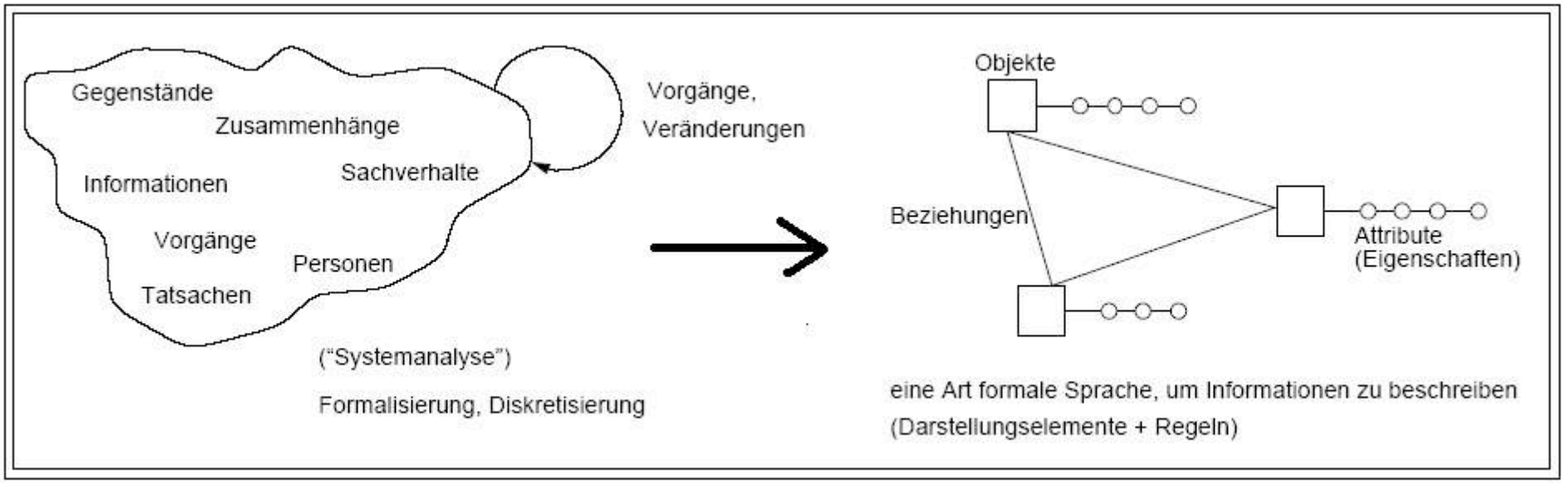
Übersicht

1. Einführung
2. Hintergründe
3. Wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des ERM
4. Entity Relationship - Modell
5. Zusammenfassung und Ausblick

1. Einführung

Datenmodell: Abstraktion zur Beschreibung von Problemen

Abstraktion: Prozess des Auswählens bzw. Weglassens von Eigenschaften zur Problembeschreibung
Wirklichkeitsausschnitt → Informationsmodell



Entity **R**elationship **M**odell: wichtiger Schritt im Design von Informationssystemen

Übersicht

1. Einführung

2. Hintergründe
   - Hierarchiemodell
   - Netzwerkmodell
   - Relationales Datenmodell

3. Wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des ERM

4. Entity Relationship - Modell

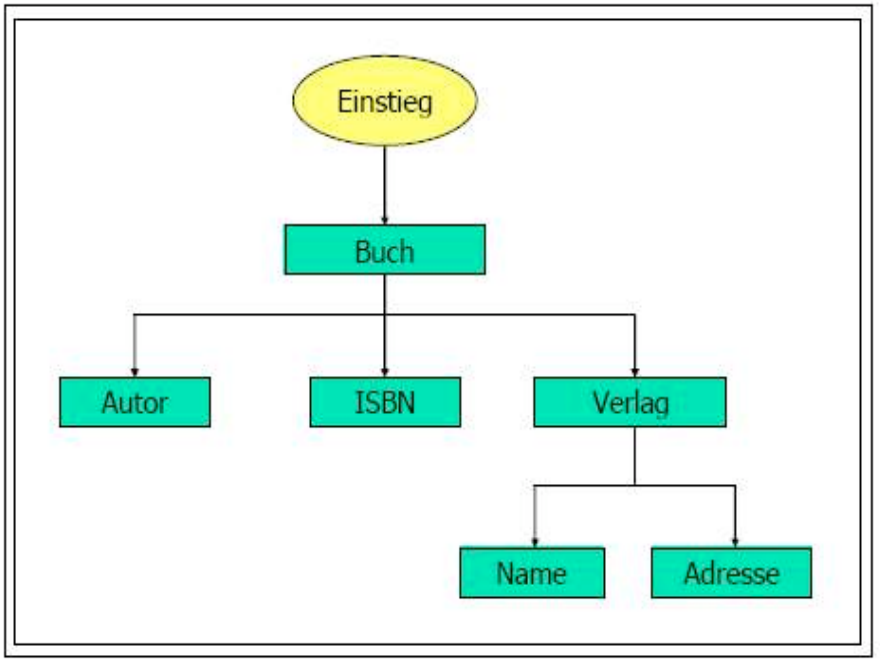
5. Zusammenfassung und Ausblick

2. Hintergründe - Hierarchiemodell

Anfang der 70er Jahre: verschiedene Datenmodelle,
jedoch meist nur Nutzung von File-Systemen

Datenmodelle (1)

- **H**ierarchiemodell: voneinander abhängende Tabellen bzw. Datensätze



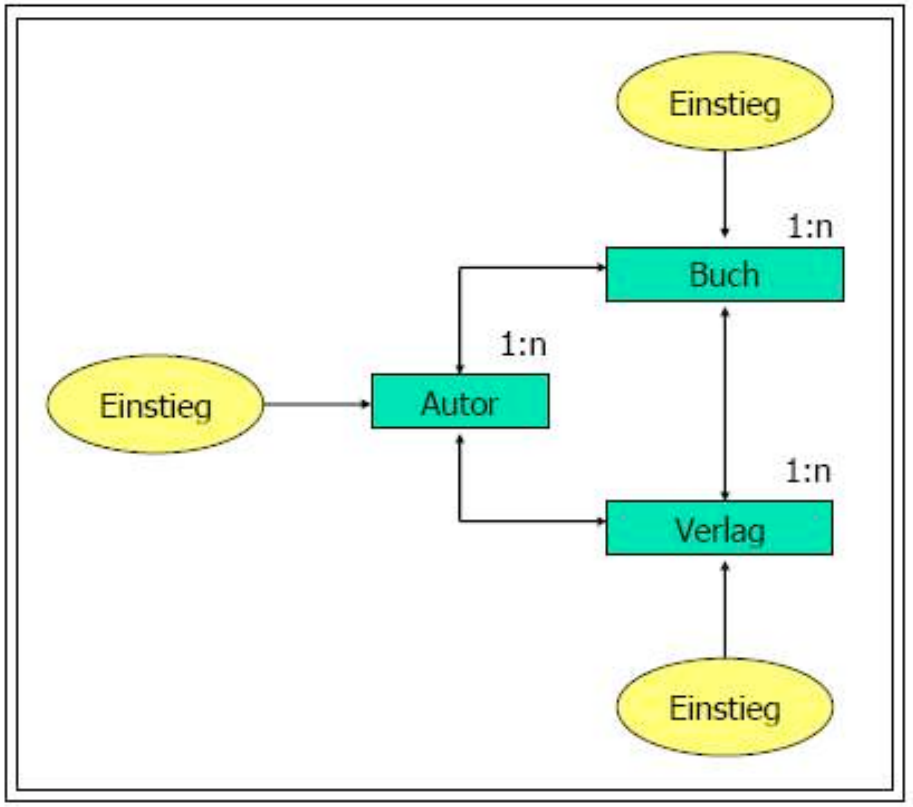
- Darstellung durch Bäume
- Wurzelobjekt und untergeordnete Objekte
- Beziehungen durch Verbindungslinien gekennzeichnet
- Einstieg nur über Wurzelobjekt
- schnelle Suche in Richtung der Hierarchie
- langsame Suche entgegen der Hierarchie

- Vorteile: effiziente, computergerechte Datenorganisation
- Nachteile: geringe Flexibilität (da Monohierarchie)
  Navigation nur bei Kenntnis des kompletten Baumes

2. Hintergründe - Netzwerkmodell

Datenmodelle (2)

- **N**etzwerkmodell: polyhierarchische Darstellung der Informationsstruktur mit Netzwerken

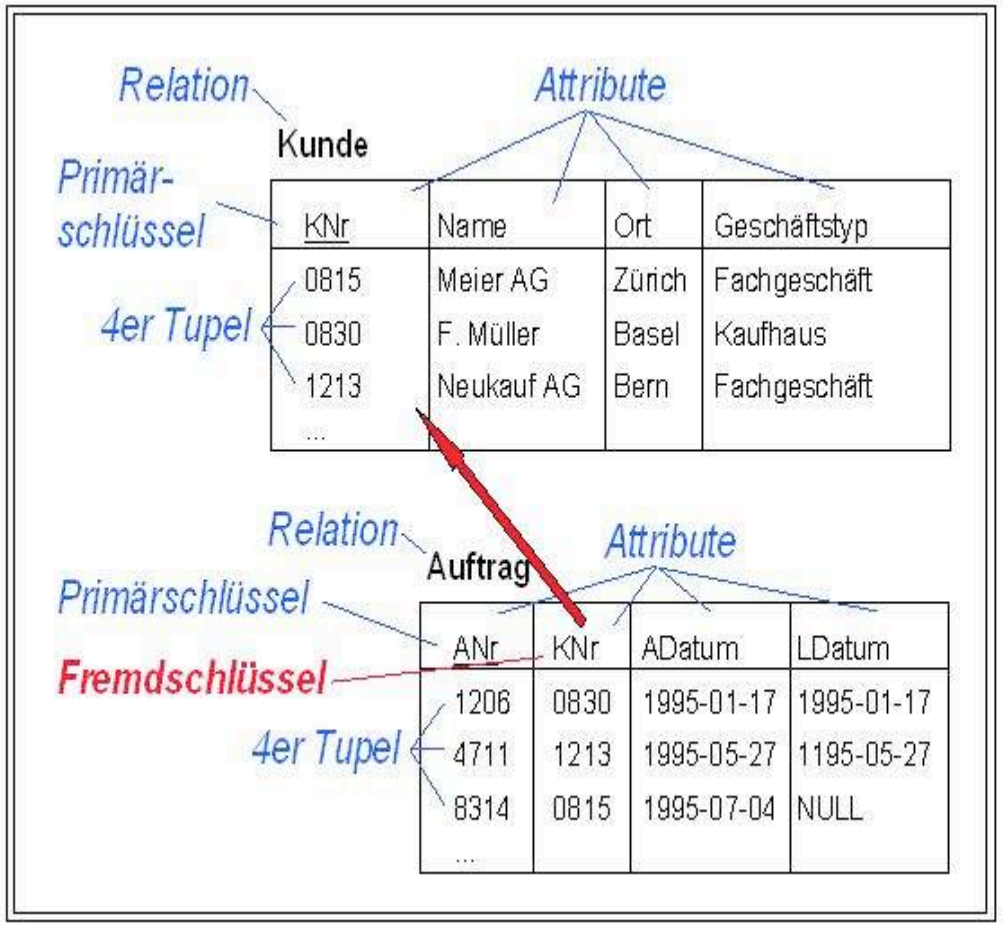


- keine Wurzelelemente
- jeder Objekttyp kann Einstiegspunkt sein
- Vorteile: redundanzfreie Daten
  hohe Flexibilität

2. Hintergründe – Relationales Datenmodell

Datenmodelle (3)

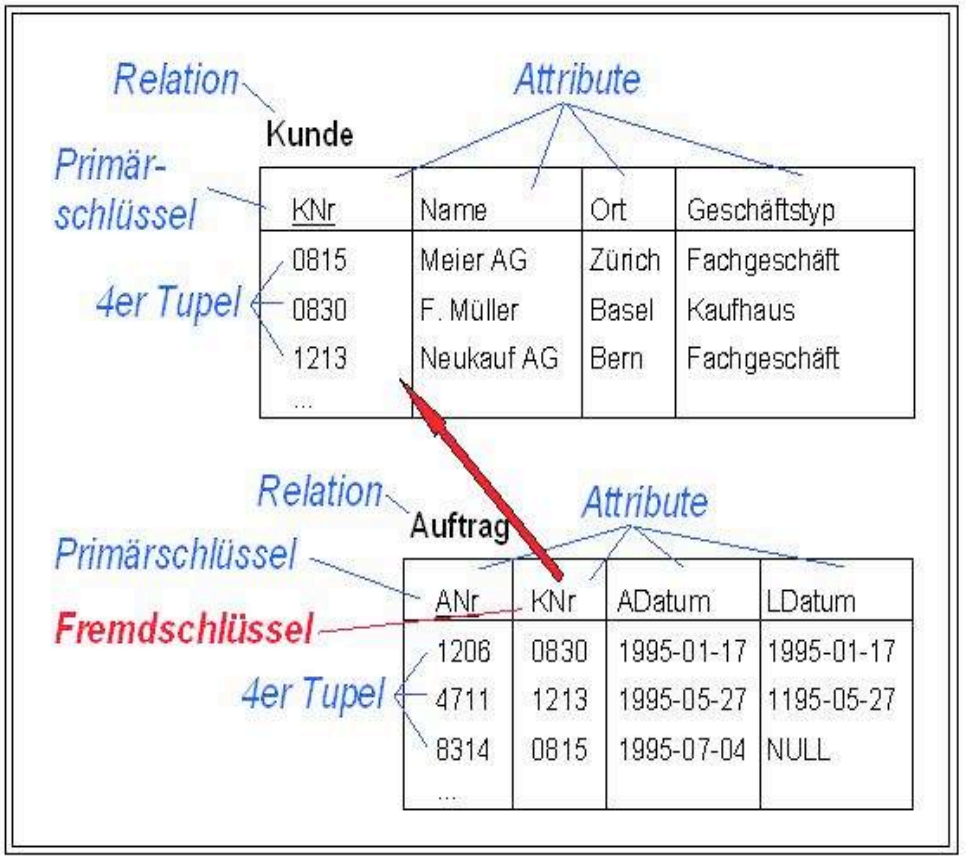
- **R**elationales **D**atenmodell: Abspeicherung der Daten in Tabellen



- Zurückführung der Datenstrukturen des zu modellierenden Sachverhaltes auf Relationen
- Verwaltung der Daten in Form von Tupeln
- Zugriff auf jeden Wert durch Kombination aus Tabellenname, Primärschlüssel und Spaltenname

2. Hintergründe – Definitionen

- **D**efinitionen
  - **R**elation:
    - jede Tabelle ist eine Relation
    - gekennzeichnet durch Namen sowie Attribute, die miteinander in Beziehung stehen
  - **A**ttribut:
    - Eigenschaft einer Relation
    - Spalten der Relation
  - **T**upel:
    - Element der Relation
    - Reihenfolge in Tabelle beliebig
  - **P**rimärschlüssel:
    - eindeutige Identifikation eines Tupels
    - bestehend aus einem oder mehreren Attributen
  - **F**remdschlüssel:
    - Herstellung von Beziehungen zwischen Relationen
    - Attribut oder Attributkombination



Übersicht

1. Einführung

2. Hintergründe

3. Wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des ERM

Chinesische Schriftzeichen
Ägyptische Hieroglyphen

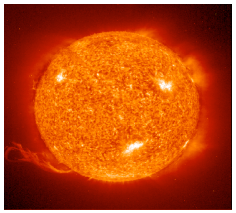
4. Entity Relationship - Modell

5. Zusammenfassung und Ausblick

3. Einflüsse auf die Entwicklung des ER-Modells (1)

Chinesische **S**chriftzeichen

- Konzepte in Entwicklung und Evolution der chinesischen Schriftzeichen beziehen sich nah auf Modellierung von Dingen der realen Welt



ursprüngliche Form	derzeitige Form	Bedeutung
	日	Sonne
	月	Mond
	人	Person

- Komposition verschiedener Schriftzeichen zu neuem Zeichen möglich

日 (Sonne) + 月 (Mond) = 明 (hell / Helligkeit durch Licht)

3. Einflüsse auf die Entwicklung des ER-Modells (2)

Ägyptische **H**ieroglyphen

- ähnlich wie chinesische Schriftzeichen

Hieroglyph		Bedeutung	Hieroglyph		Bedeutung
(a)		langer Arm	(f)		Mann
(b)		Mund	(g)		Frau
(c)		Schlange	(h)		Sonne
(d)		Eule	(i)		Haus
(e)		Sieb	(j)		Wasser

Schlussfolgerungen aus Ähnlichkeit der Schriftzeichen

- trotz fehlender Kommunikation: Entwicklung ähnlicher Schriftzeichen

→ Menschen verfolgen ähnliche Gedanken

→ Darstellung von Dingen der realen Welt unterscheidet sich nicht

- Modellierung möglichst einfach und gut nachvollziehbar

Peter Chen, Bernhard Thalheim...: „Conceptual Modelling“ - Springer Verlag

Übersicht

1. Einführung

2. Hintergründe

3. Wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des ERM

4. Entity Relationship - Modell

- **Definitionen**
- **ER – Diagramm**
- **Tabellarische Darstellung**
- **Wahrung der Datenintegrität**
- **Wahrung der Datenkonsistenz**

5. Zusammenfassung und Ausblick

4. Entity Relationship Modell (1976)

Allgemein

- Formalisierung von Beziehungen zwischen Daten
- Standardmodellierungstechnik im Datenbank - Bereich
- zahlreiche Erweiterungen und grafische Darstellungsformen

Darstellung des Betrachtungsbereiches in 3 Schritten

- Ermittlung von Entities und Relationships und Zuordnung von Attributen
- Klassifikation der Entities und Relationships zu Entitymengen und Relationshipmengen
- Darstellung des Modells als ER-Diagramm

Anschließend Umsetzung des ER-Diagramms in relationalen (tabellarischen) Entwurf

4.1 Einführung wichtiger Begriffe (1)

- Welt besteht aus abgrenzbaren Objekten (= Entities), zwischen denen Beziehungen (= Relationships) bestehen
- oft verschiedene Modellierungsmöglichkeiten eines Sachverhaltes

Entity und **E**ntitymenge

- Zusammenfassung von **Entities** e_i mit gleichen Eigenschaften zu **Entitymenge** E_j
- Datenbank enthält endlich viele Entitymengen $E_1, E_2, E_3 ... E_n$
- *Beispiele:* *Entities* *Informatik, Biologie, Peter Chen*
  Entitymengen *Studienfach, Forscher*
- schwache Entitymenge = Entitymenge mit Existenzabhängigkeit zu anderer

Relationship, **R**olle und **R**elationshipmenge

- Zusammenfassung gleichartiger **Relationships** r_i zwischen Entities zu **Relationshipmengen** R_j
- *Beispiel:* *Relationshipmenge* *Vorlesung*
- R ist mathematische Relation zwischen Entities: $R \subseteq E_1 \times E_2 \times ... \times E_n$
  wobei $R = [r_1, r_2, ..., r_i] \; mit \; r_i = \{[e_1, e_2, \ldots, e_n] | e_1 \in E_1, e_2 \in E_2, \ldots, e_n \in E_n\}$
- Festlegung von **Rollen** für Entities in Relationship möglich
  Beispiel: Ehemann und Ehefrau – Rollen im Rs „HEIRATEN“

4.1 Einführung wichtiger Begriffe (2)

Attribut, **W**ert und **W**ertemenge

- Eigenschaften von Entities werden mit **Attribut-Werte** Paaren ausgedrückt
- Werte werden in verschiedene Mengen eingeteilt (=Attribute)
  → *„rot“ ist ein Wert, „Farbe“ die zugehörige Wertmenge*
- Wert einer Menge kann äquivalent zu Wert einer anderen Menge sein
  → *Wert „1“ der Menge „Byte“ äquivalent zu Wert „8“ der Menge „Bit“*

- Definition eines Attributes a_i als Abbildungsfunktion
  → von Entitymenge in **Wertemenge** $f : E_i \rightarrow V_i$
  → von Relationshipmenge in **kartesisches Produkt von Wertemengen**

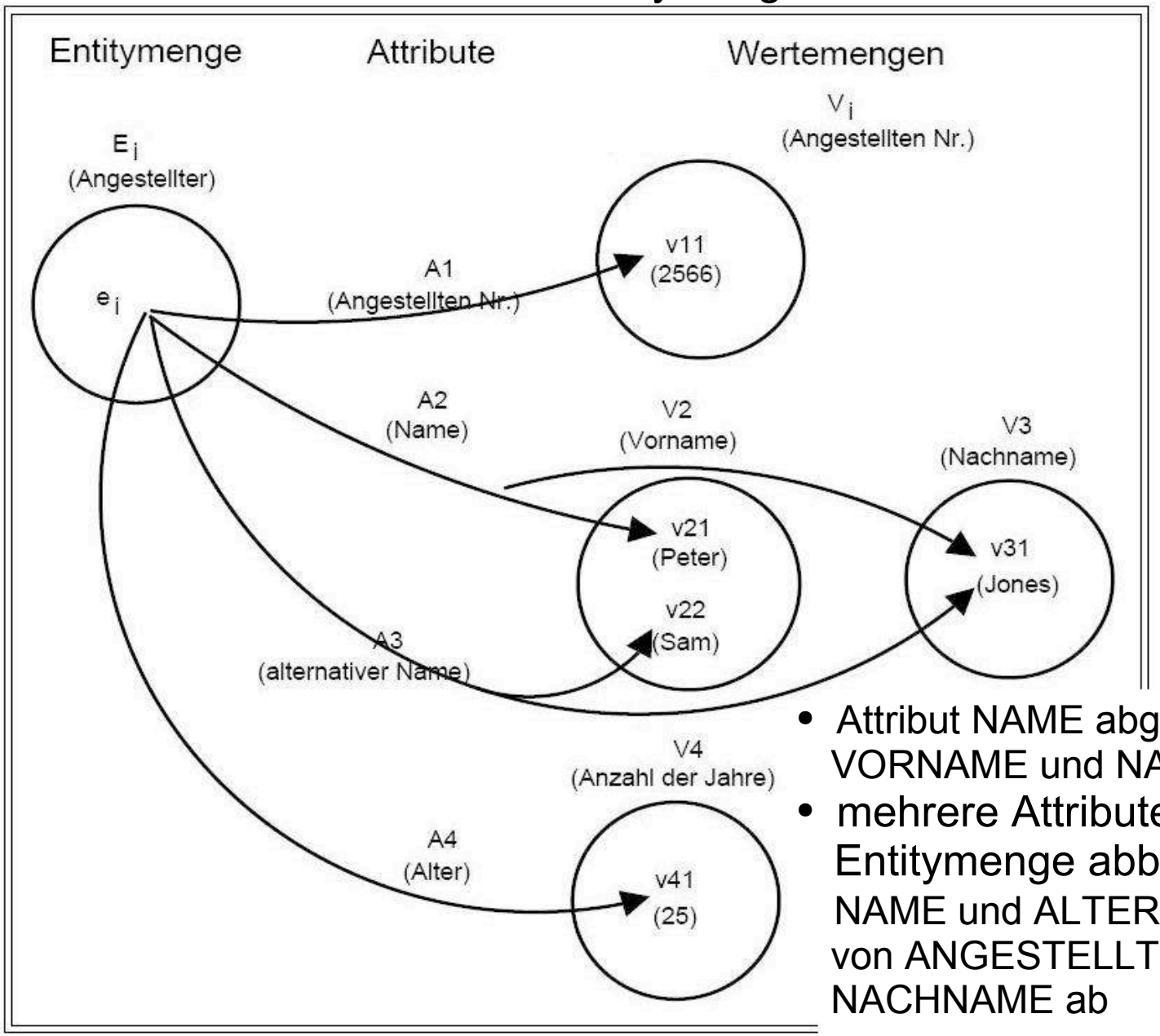
$$f : R_i \rightarrow \left(V_{i1} \times V_{i2} \times \ldots \times V_{in} \right)$$

Primärschlüssel

- Schlüsselkandidaten sind Attribute zur eindeutigen Identifikation von Entities
- bei Existenz mehrerer Schlüsselkandidaten wird semantisch bedeutungsvoller ausgewählt
  → Primärschlüssel
- jeder Wert des Primärschlüssels nur einmal vorhanden

Beispiel

- **A**ttribute definiert auf einer Entitymenge



- Attribut NAME abgebildet in Wertemengen VORNAME und NACHNAME
- mehrere Attribute können von einer Entitymenge abbilden:
  NAME und ALTERNATIVER NAME bilden von ANGESTELLTER in VORNAME und NACHNAME ab

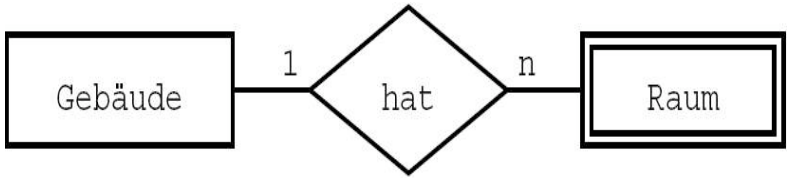
4.2 ER–Diagramm: Symbole (1)

- grafische Dokumentation der Entities und Relationships

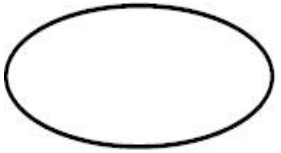
Symbole (1)

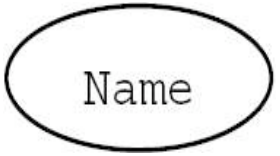
- Entity / Entitymenge

- schwaches Entity / Entitymenge

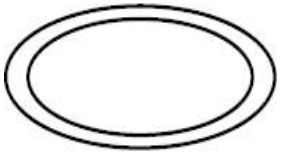


- einfaches/einwertiges Attribut

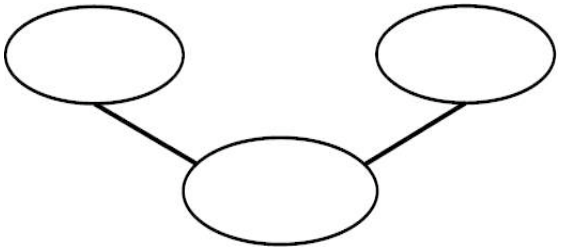


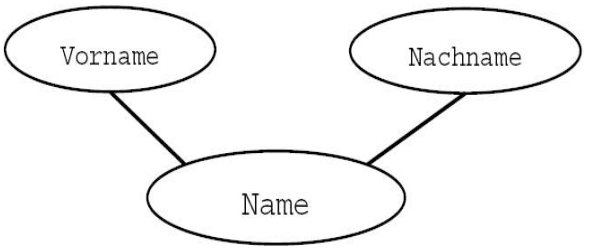


- mehrwertiges Attribut



- zusammengesetztes Attribut

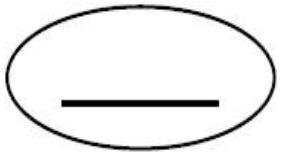




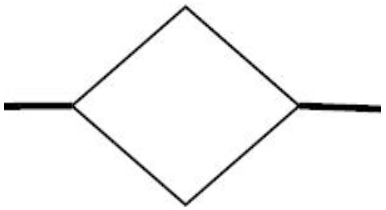
4.2 ER–Diagramm: Symbole (2)

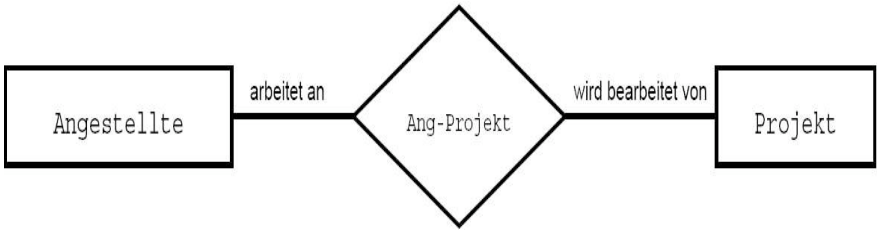
Symbole (2)

- Primärschlüssel

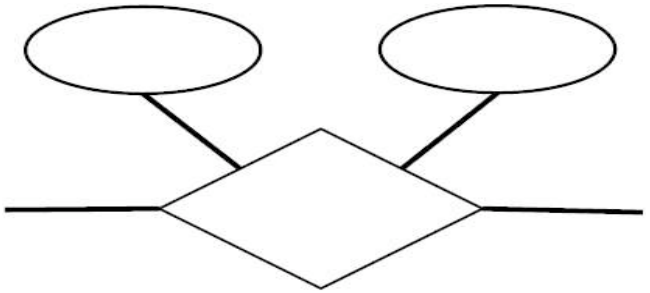


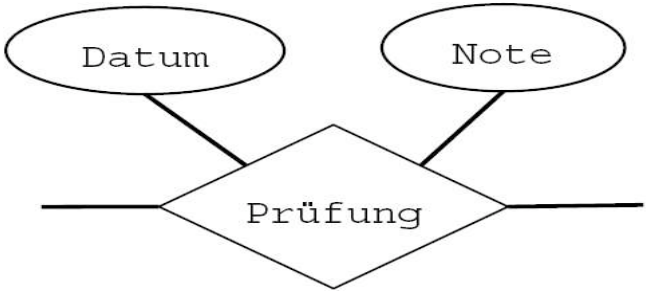
- Relationship-menge



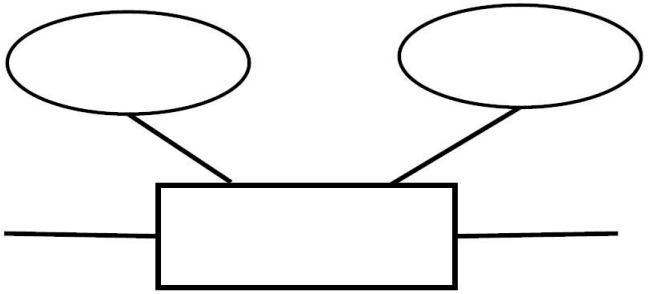


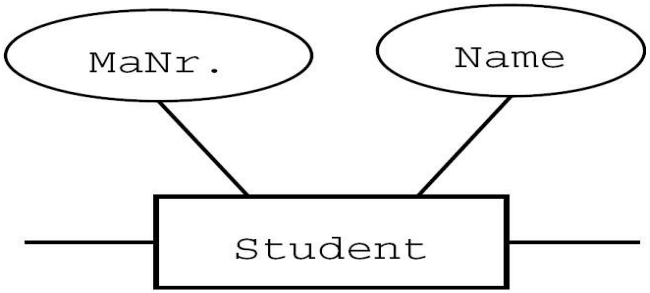
- Attribute von Relationships bzw. Relationshipmengen





- Attribute von Entities bzw. Entitymengen

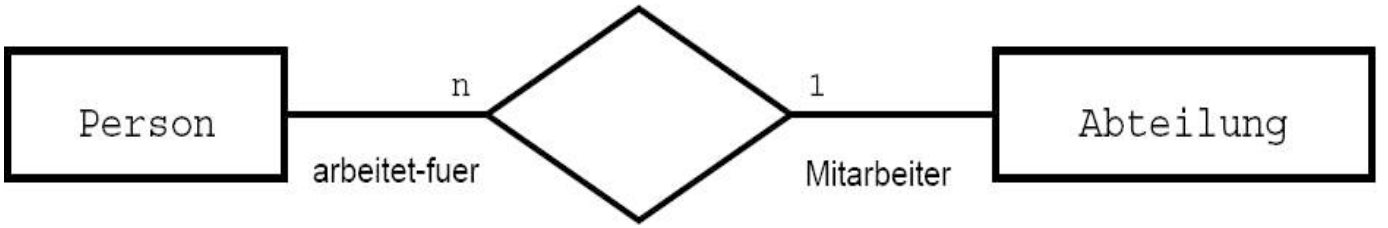




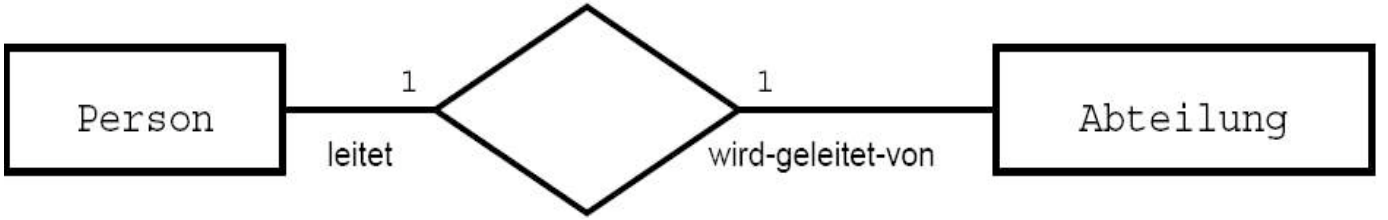
4.2 ER-Diagramm: Kardinalitäten

Kardinalitäten

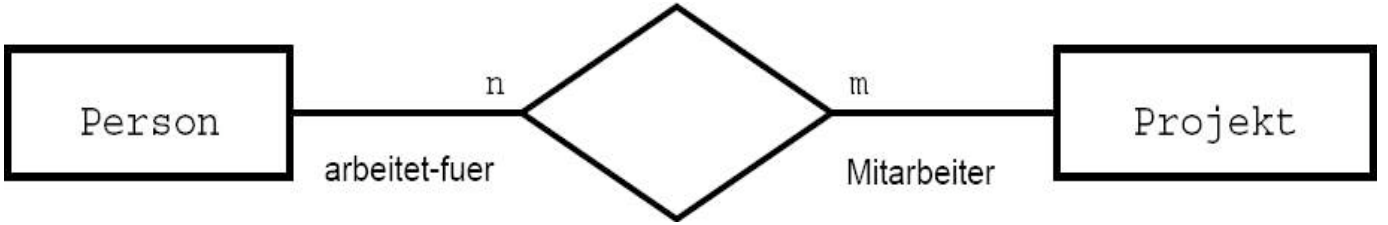
- n:1 – Beziehung



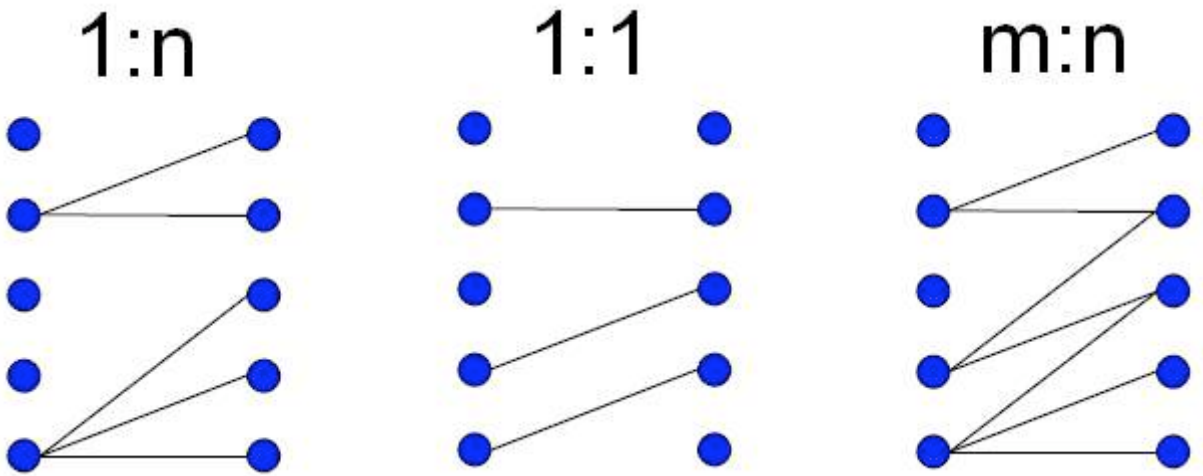
- 1:1 – Beziehung



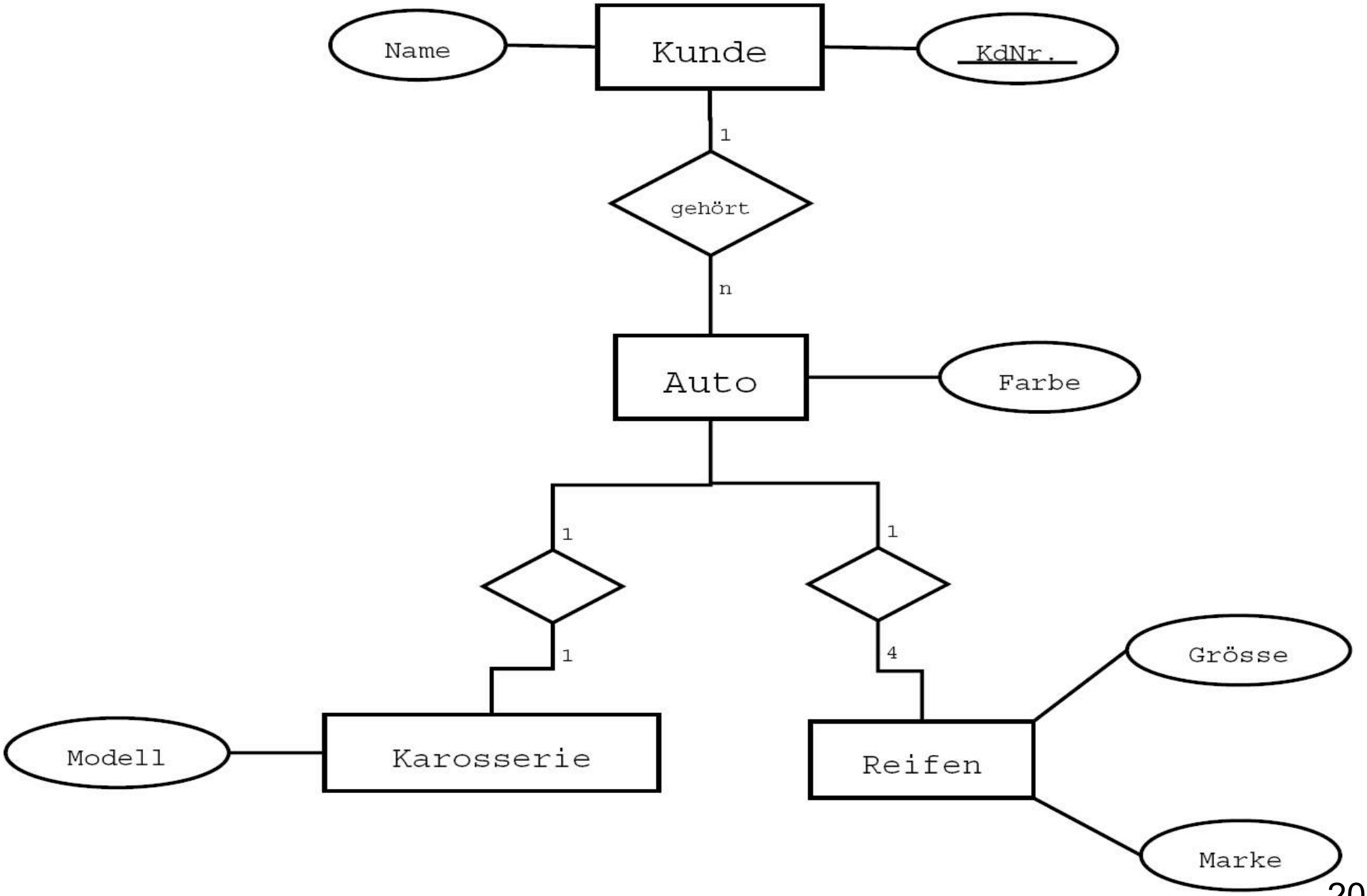
- n:m – Beziehung



Darstellung als Graphen



4.2 ER-Diagramm: Beispiel



4.3 Tabellarische Darstellung (1)

Darstellung von Entities und Entitymengen

E_1
a_1
a_2
a_3

- Entitymenge E_1 , Entities der Entitymenge $a_1(E_1), a_2(E_1), a_3(E_1)$
- Zuordnung der Entites zu den Entitymengen

4.3 Tabellarische Darstellung (2)

Darstellung von Relationships

- binärer Relationshiptyp

R	E_1	E_2
	a_1	b_1
	a_2	b_2
	a_3	a_3
	a_4	a_4

- Relationship R, Entitymengen E_1, E_2 mit Entities a_1, a_2, a_3, a_4 und b_1, b_2

Arbeitet_fuer	Angestellter	Projekt
	Kunze	DB-1
	Heine	DB-2
	Schulze	DB-1
	Bauer	DB-2

- ternärer Relationshiptyp

Liefert_fuer	Lieferant	Teil	Produkt
	Firma_X	Felge_c	Villiger_8
	Firma_Y	Lenker_a	Kettler_b
	Firma_Z	felge_b	BMW_z3

4.3 Tabellarische Darstellung (3)

Darstellung von Entityattributen

E	A_1	A_2	A_3
e_1	w_1	w_5	v_3
e_2	w_2	w_6	v_1
e_3	w_3	w_1	v_2
e_4	w_4	w_2	v_1

- Entitymenge E, Attribute A_1, A_2, A_3 mit Werten $w_1, \ldots, w_6$ bzw. $v_1, \ldots, v_3$ für Entities $e_1, \ldots, e_4$

Fahrrad	Farbe	Rahmengröße	Radgröße
Fahrrad_1	Rot	50cm	24"
Fahrrad_2	Blau	60cm	28"
pauls_Fahrrad	Grün	58cm	28"
sams_Fahrrad	Pink	64cm	28"

4.3 Tabellarische Darstellung (4)

Darstellung von Primärschlüsselattributen

E	$\underline{A_1}$	A_2	A_3
	w_1	w_5	v_3
	w_2	w_6	v_1
	w_3	w_1	v_2
	w_4	w_2	v_1

- eindeutige Identifizierung von Entities
- Bezeichnung der Entities nicht mehr nötig

Mitarbeiter	Pnr	Name	Abteilung
	1234	Meier	12
	1256	Müller	15
	1278	Meier	13
	1290	Kurze	14

4.3 Tabellarische Darstellung (5)

Darstellung von Relationshipattributen

R	E_1	E_2	$R-A_1$	$R-A_2$	...	$R-A_n$
	e_{11}	e_{21}	w_{11}	w_{21}	...	w_{n1}
	e_{12}	e_{22}	w_{12}	w_{22}	...	w_{n2}
	e_{13}	e_{23}	w_{13}	w_{23}	...	w_{n3}
	e_{14}	e_{24}	w_{14}	w_{24}	---	w_{n4}

- Doppellinie zur Abgrenzung der Relationshipattribute von den Entities

Arbeitet_an	*Mitarbeiter*	*Projekt*	*Zeitumfang*	*Ort*
	Hans	DBMS	Vollzeit	Leipzig
	Paul	DBMS	Teilzeit	Leipzig
	Karl	DBMS2	Teilzeit	Berlin
	Ursula	DBMS	Vollzeit	Leipzig

4.4 Wahrung der Datenintegrität

- wichtig bei DB-Entwurf: Wahrung der Konsistenz und Integrität von Daten

Datenintegrität
- logische Korrektheit, Gültigkeit und Genauigkeit von Daten in Datenbanken
  - korrekte Beziehungen von Datenobjekten untereinander
  - korrekte Wertebereiche von Daten
    - Einschränkungen auf zulässige Werte der Wertmengen.
      z.B.: negative Altersangabe nicht zulässig
    - Einschränkungen auf erlaubte Werte der Wertmengen.
      z.B.: Einschränkung des Alters von Angestellten (20 bis 65)
  - keine redundanten Daten gespeichert
  - spezifische Integritätsformen
    - Entitätenintegrität
      → Definition von PS, die nur einmal in Tabelle vorkommen dürfen
    - referentielle Integrität
      → Fremdschlüssel einer Tabelle muss in anderer Tabelle PS sein

4.5 Wahrung der Datenkonsistenz

Datenkonsistenz

- auch Transaktionskonsistenz
- konsistente Daten sind in sich stimmig und widerspruchsfrei
- Gewährleistung, dass alle Manipulationsschritte einer Transaktion entweder ganz oder gar nicht durchgeführt werden
- Manipulationsschritte

  - Einfügen
    - → Einfügen eines Entities ohne Probleme
    - → Einfügen eines Relationship erzwingt Überpüfung der in Verbindung stehenden Entities
    - → Einfügen von Attributen erzwingt die Überprüfung der Zulässigkeit der Werte
  - Löschen
    - → Löschen eines Entity bedingt das Löschen aller abhängenden Entities, Relationships an denen das Entity beteiligt ist und Attribute des gelöschten Entity
    - → Löschen eines Relationships bedingt das Löschen der Attribute des Relationship
  - Aktualisieren
    - → Änderungen von Werten bedingt das Überprüfen der Zulässigkeit der geänderten Werte

Übersicht

1. Einführung

2. Hintergründe

3. Wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des ERM

4. Entity Relationship - Modell

5. Zusammenfassung und Ausblick

- **Erweitertes ER-Modell (EERM)**
- **UML**
- **Von ERM zu UML**

Zusammenfassung und Ausblick

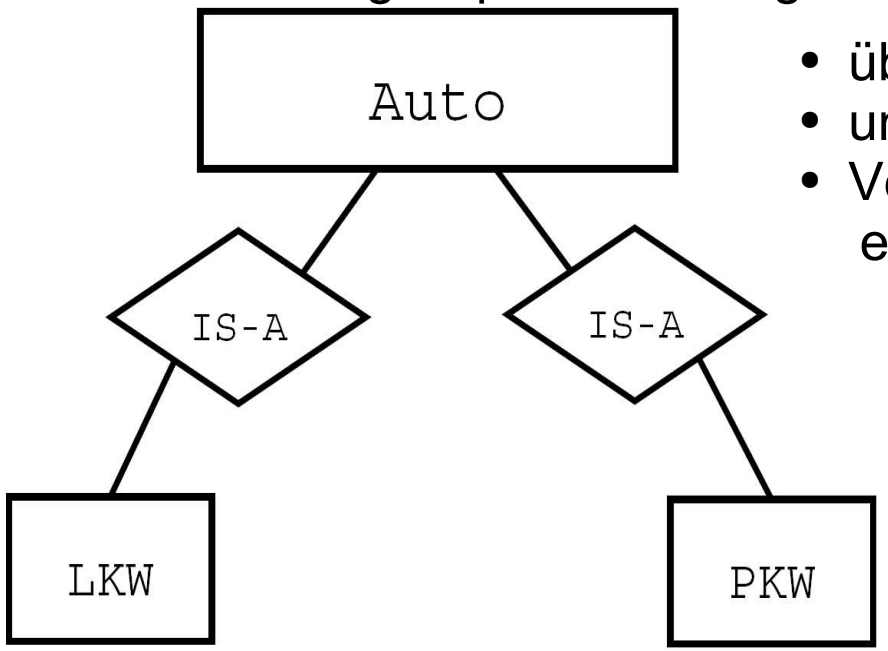
- ER-Modell heute Standard in DB-Modellierung
- Anfang eines konzeptionellen Entwurfs einer DB
  → Erfassung der grundlegenden Objekte und Beziehungen zwischen diesen
- einfacher Zeichenvorrat
  → ermöglicht Kommunikation mit Nicht-Fachleuten
  → schafft allgemeine Verständnisbasis zwischen Aufftraggeber und Entwickler
- Überführung des ER-Modells in relationales DB-Modell

- verschiedene **W**eiterentwicklungen des ER-Modells
  - das Extended Entity Relationshipmodel (EER) von Atzeni und Chen,
    → beeinhaltet Aggregation sowie Generalisierung/Spezialisierung
  - das Entity-Category-Relationship-Modell (ECR) von Elmasri,
  - das Strukturierte Entity-Relationship-Modell (SERM) von Sinz,
  - das ER+ Model von Hull und King,
  - das IDEFIX der US Air Force, sowie
  - das Semantically Enriched Extended Entity Relationship Model (E^3R) von Jeckle

Erweitertes ER-Modell

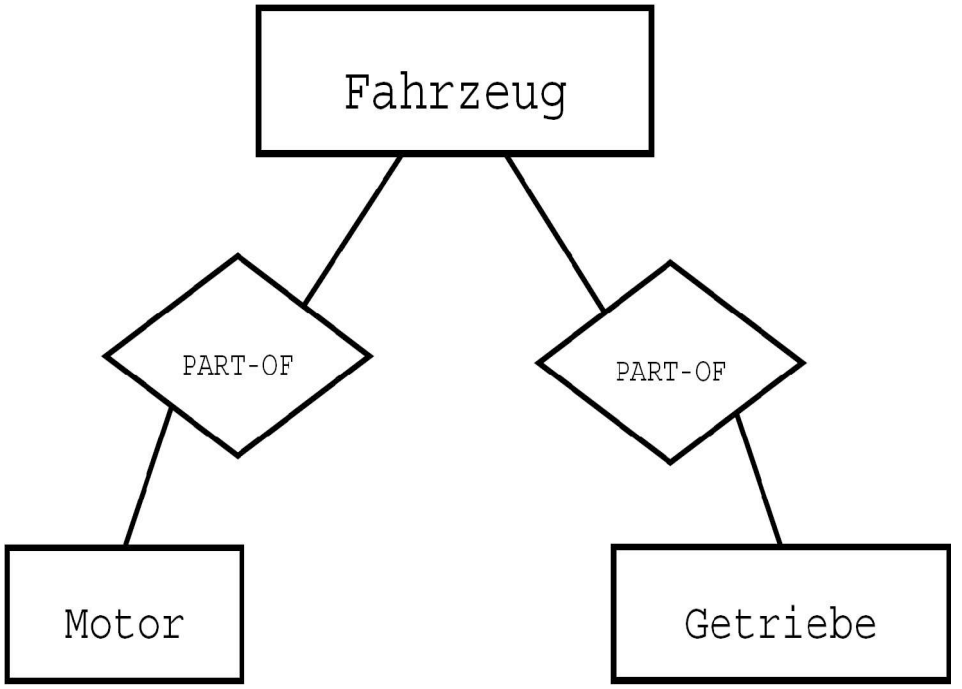
- ER-Modell wurde von Atzteni und Chen erweitert um
  - Generalisierung/Spezialisierung
  - Aggregation

Generalisierung / **S**pezialisierung



- übergeordnete Menge: Generalisierungstyp
- untergeordnete Menge: Spezialisierungstyp
- Vererbungskonzept: alle Spezialisierungstypen erben Attribute von Generalisierungsgtyp

Aggregation



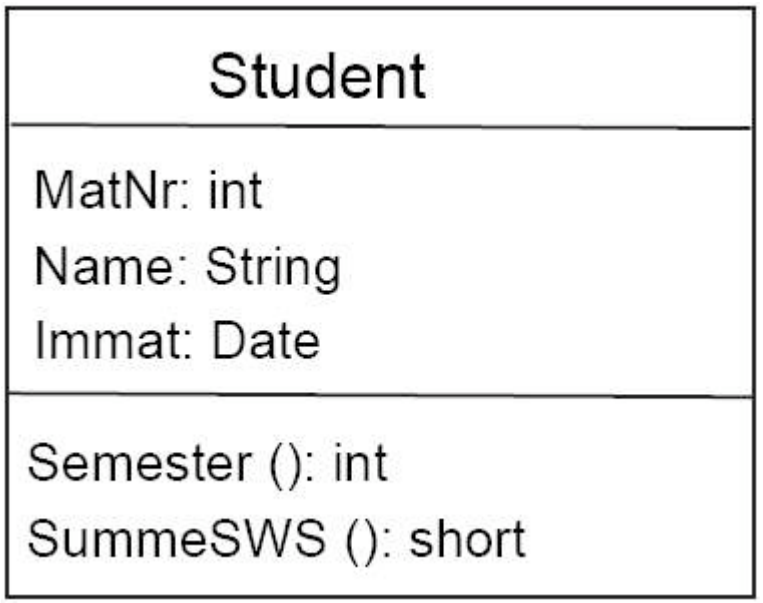
- Entitymenge ist aus einzelnen Entities anderer Entitymengen zusammengesetzt

Vom ERM zu UML

- Ansätze zu objektorientierter Modellierung und Entwurf zu Beginn der 90er Jahre
  → OMT (Object Modelling Technique) von Rumbaugh
- Vereinheitlichung zu UML (Unified Modeling Language) durch Booch, Jacobson, R.
  → Erweiterung der Grundkonzepte der Objektorientierung (Klassen, Vererbung ...) um Konzepte des EERM

UML

- Klasse: Definition der grundlegenden Eigenschaften von Methoden sowie Attribute des Objekts
  → UML - KLassendiagramm



Vom ERM zu UML (2)

- Assoziation von ER-Modell übernommen (Relationships)
  UML-Diagramm: einfache Linie

- Aggregation von EER-Modell übernommen („PART-OF“-Beziehung)
  UML-Diagramm: unausgefüllte Raute

- Komposition: Form der Aggregation, Teilobjekte gehören nur zu einem Ganzen
  UML-Diagramm: gefüllte Raute

- Vererbung
  UML-Diagramm: unausgefüllter Pfeil

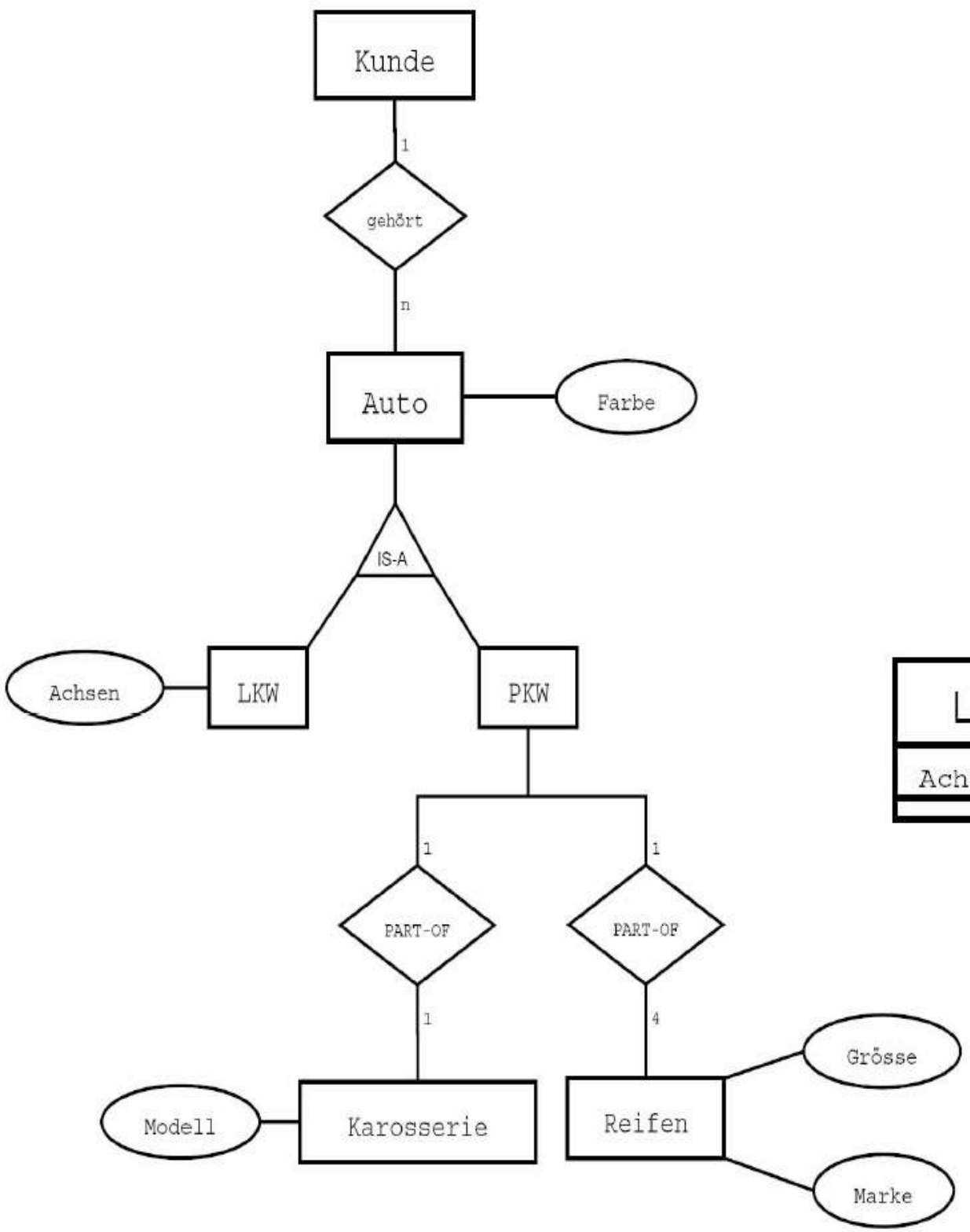
Einfachvererbung: aus EER-Modell übernommen („IS-A“-Beziehung)
→ eine Oberklasse vererbt mehreren Unterklassen Attribute und Methoden

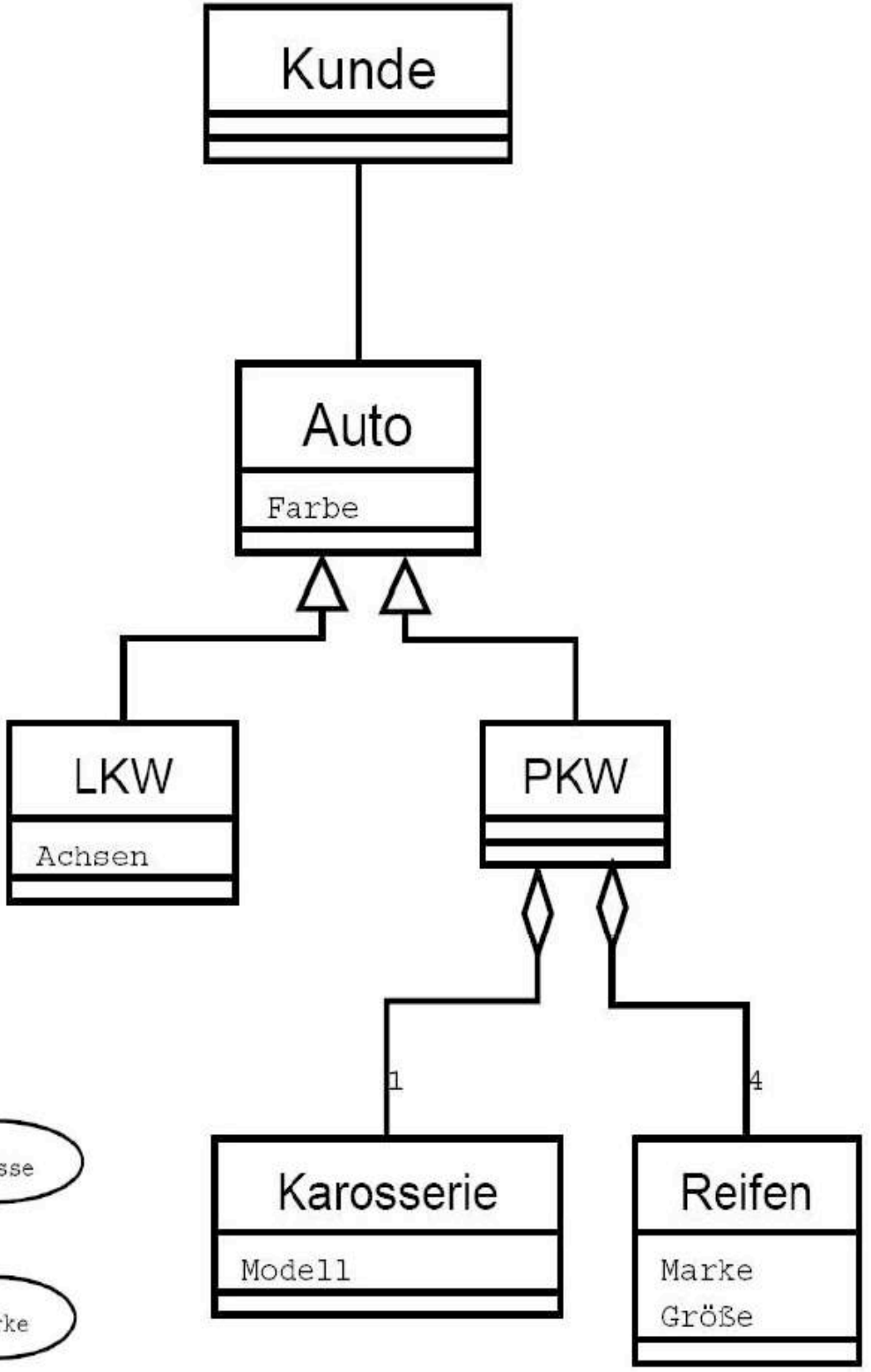
Mehrfachvererbung: nicht im ER-Modell
→ mehrere Oberklassen vererben einer Unterklasse Attribute und Methoden

Vom ERM zu UML - Beispiel

Überführung ER - Modell in UML – Diagramm

- Umwandlung aller Entities und Entitymengen in Klassen
- Attribute in Klassendefinition aufnehmen
- Darstellung der Relationships als Assoziation in UML – Notation
- Umwandlung der Generalisierungen / Spezialisierungen in UML – Notation
- Umwandlung der Aggregationen in UML - Notation


Kunde
1
gehört
n
Auto
Farbe
IS-A
Achsen
LKW
PKW
1
1
PART-OF
PART-OF
1
4
Modell
Karosserie
Reifen
Grösse
Marke


Kunde
Auto
Farbe
LKW
Achsen
PKW
1
4
Karosserie
Modell
Reifen
Marke
Größe

ENDE

ER–Modell

Literatur

- Broy, Manfred; Denert, Ernst:
  Software Pioneers - Contributions to Software Engeenering. Springer, 2002

- Prof. Dr. E. Rahm, Vorlesung: „Datenbankysteme 1“ (Kapitel 2), Universität Leipzig (gehalten im Sommersemester 2003)

- Peter P. Chen, Bernhard Thalheim ...:
  Conceptual Modelling, Springer Verlag 1999

- verschiedene Internetseiten, u.a.:
  - www-inf.fh-reutlingen.de/dbweb/content/DBWI/VORLES/KAP21.pdf
  - www.informatik.uni-stuttgart.de/ipvr/as/ lehre/skripte/DBISWS0203/kapitel03.pdf