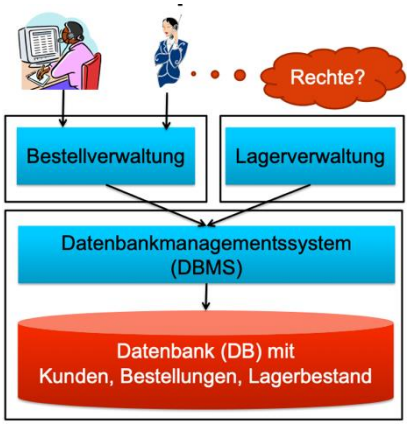
Kapitel 1: Einleitung



Daten dauerhaft speichern

1. Operationen - (lesen, schreiben, verändern, abfragen…)
2. Konsistenzüberwachung - (Prüft Bed. z.B. Kunde existiert)
3. Synchronisation - (mehrere Benutzer haben Zugriff)
4. Datensicherung - (ohne Datensalat)
5. Integration - (mehre unt. Prg. haben Zugriff auf die DB)
6. Benutzersichten - (nur Teilansicht auf die DB)
7. Transaktionen - (Komplexe Prg Stücke)
8. Katalog - (Selbstbeschreibung der DB)
9. Zugriffskontrolle - (Benutzergruppen mit eigeschränkten Rechten)

Begriffsklärungen

Datenbank (DB) / Datenbasis

• Strukturierter Datenbestand, der von einem Datenbankmanagementsystem verwaltet wird.

- *Datenbankschema*
  - Legt die Struktur der Datenobjekte in der Datenbank fest (Metadaten)
- *Datenbankausprägung (Instanz)*
  - Konkreter Inhalt / Zustand der Daten in einer Datenbank

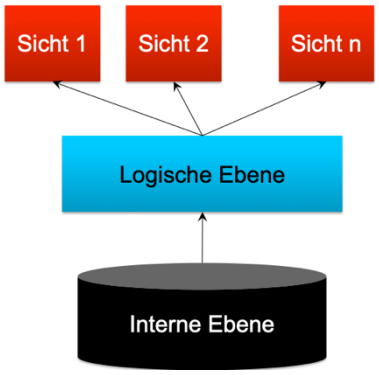
Datenbankmanagementsystem (DBMS)

• Software zur Verwaltung von Datenbanken (Daten definieren, Daten speichern/ändern/löschen, Anfragen implementieren, Sicherheit)

Datenbanksystem (DBS)

• DBMS und Datenbank(en)

ANSI / SPARC - Modell



Externe Ebene: (Users sicht)

Teilmenge an Informationen, die für eine Anwendung erforderlich sind.

Logische Ebene:

In einem Schema wird festgelegt, welche Daten gespeichert werden.

Interne Ebene: (Speicher)

Legt fest, wie Daten auf den Speichermedien organisiert, codiert und abgelegt werden. (Auch: physische Ebene)

VL02_Konzeptionelles_Modell

Phasen des Datenbankentwurfs

1. Das **Fachproblem** liegt normalerweise vor.
2. **Anforderungsanalyse**: Welche Informationen werden in der Datenbank gespeichert, welche Operationen werden auf den Daten ausgeführt werden, usw.
3. **Konzeptioneller Entwurf**: Beschreibe das Schema der Daten unabhängig von der späteren Implementierung
4. **Logischer Entwurf**: Übersetzen des konzeptionellen Schemas in ein Implementierungsmodell, z.B. das relationale Modell. Verbesserung des Modells durch z.B. Normalisierung.
5. **Physischer Entwurf:** Schema-Entwicklung für ein spezielles DBMS, Deklaration der Daten, Festlegung der (Speicher-)Zugriffstrukturen
6. **Implementierung und Wartung:** Installation des Datenbanksystems, Anpassung an neue Anforderungen.

Entity Relationship Modell (ER Modell)

- Basiert auf den Grundkonzepten **Entity** (Informationseinheit), **Attribut** (Eigenschaft eins Entitys) und **Relation** (Beziehung zwischen Entities)

Miniwelt

- relevanter Ausschnitt der Realität besteht aus "Objekten" die bestimmten Eigenschaften haben.

Konzeptionelle Modelle

- Strukturieren die Miniwelt und beschreiben die relevanten Daten unabhängig von Implementierung oder einzelnen Anwendungen
- Integritätsbedingungen verbessern Übereinstimmung zwischen Realität und Modell

Entity: „etwas“ aus der realen Welt, physisch oder konzeptionell existierendes Objekt
Entity-Typ:

- definiert eine Menge von gleichartigen Entities mit gleichen Attributen, also gemeinsamen Eigenschaften (diese Menge wird auch als **Entitymenge** bezeichnet)

Attribute

- Eigenschaft, die alle Elemente desselben Entitytyps besitzen (gemeinsame Eigenschaften).
- Die zulässigen Werte eines Attributes nennt man Wertebereich oder Domäne (engl. Domain).

Beziehung

- Ein Beziehungstyp deklariert eine Beziehung zwischen Entity-Typen.
- (**Stelligkeit**) Es kann eine beliebige Anzahl von Entity-Typen an einem Beziehungstyp teilhaben
- (**Kardinalität**) 1:1, 1:n, n:m Notation modelliert die Anzahl der beteiligten Entities an einer Beziehung
- **(min, max)** Notation modelliert, wie oft ein Entity in der Beziehung vorkommen kann.
- **Rekursive Beziehungstypen**: Ein Entity-Typ kann auch mehrfach an dem gleichen Beziehungstyp teilnehmen.
- **Beziehungstypen** sind abstrahierte Beziehungen zwischen Entity-Typen

Schlüssel

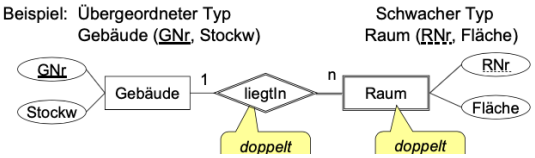
- **Schlüssel** sind **Teilmengen** von Attributen, die ein Objekt **eindeutig identifizieren**
- **Schlüssel müssen eindeutig und unveränderlich sein!**

Erweiterte Konzepte

- Mengenwertige und zusammengesetzte Attribute

Schwache Entity-Typen

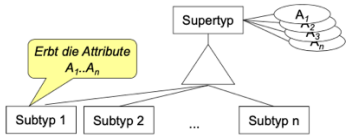
- sind von der **Existenz eines übergeordneten** Entities **abhängig**
- nur in Kombination mit dem **Schlüssel** des übergeordneten Entities eindeutig identifizierbar.
- **Doppelt umrandet und Schlüssel gestrichelt!**



Generalisierung/(Spezialisierung)

- Gemeinsame Attribute werden "**herausfaktorisiert**" und dem Supertypen (Obertypen) **zugeordnet**
- **Subtypen** (Untertypen) erben die **Attribute** ihrer Supertypen *(vom Speziellen zum Allgemeinen)*

Klassenhierarchien Vorgehensweise beim Modellentwurf



Top-down – Strategie

- beginnen mit einem Schema, das hohe Abstraktionen enthält
- Sukzessive Verfeinerungen

Benennungskonflikte

- **Synonyme** - Mehrere Bezeichnungen für das gleiche Konzept: Chef / Vorgesetzer
- **Homonyme** - Gleiche Bezeichnung für unterschiedliche Konzepte Blatt (Papier, am Baum), -> Projektglossar anlegen!

Typkonflikte

- das gleiche Konzept in zwei Schemas unterschiedlich modelliert
  (Abteilung in einem Schema als ET und in einem anderen Schema als Attribut)

Konflikte zwischen Wertemengen

- verschieden Wertemengen eines Attributs

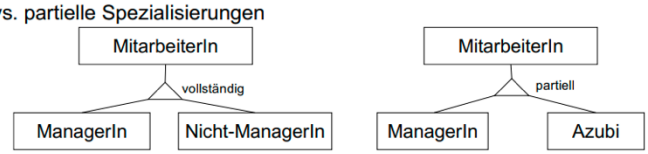
Konflikte zwischen Einschränkungen

- verschiedene Schlüssel, verschiedene Kardinalitäten

Vererbungshierarchien

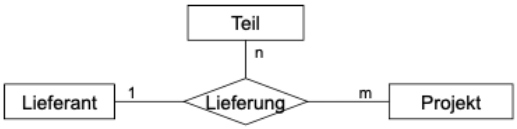
Überlappende vs. disjunkte Spezialisierungen

Totale vs. partielle Spezialisierungen

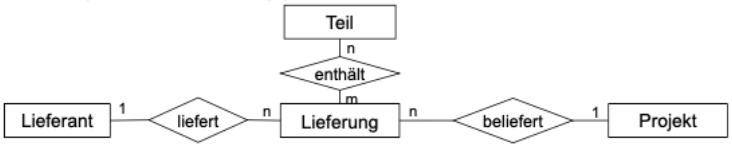


Mehrstellige Beziehungen

Als Beziehungstyp einfach zu modellieren



Beziehung kann aber als Entitytyp modelliert werden



Kapitel 3 Implementierungsmodell

Relationenschema Personen(Name, Straße, TelNummer)
dom(Name) = dom(Strasse) = {Zeichenkette}
dom(TelNummer) = {8 - stellige Zahl}

Relationenmodell:

- Relationen mit Attributen (Tabellen)
- jedes Attribut hat einen Datentyp (atomare Werte - Zeichenketten (Strings), Zahlen)

Relationale Algebra:

- Anfragen lassen sich in Relationenalgebra ausdrücken
  - Relationale Operatoren arbeiten auf Relationen (Tabellen)
- Operationen, um Daten aus den Tabellen abzufragen.
- Zentrale Operationen:
  - **Selektion** *(Einträge mit bestimmten Eigenschaften)*, **Projektion** *(bestimmte Spalten einer Relation)*
    $\sigma_P(R)$ - $\pi_{Name}(Kunde)$
    Bsp. $\sigma_{Gehalt > 50000}(\pi_{Name, Gehalt, Alter}(Person))$
  - Kreuzprodukt -> **Verbund** *(Vergleichsoperator $\theta \in \{<, =, >, \leq, \neq, \geq\}$)*
    $\sigma_{Kunde.Kdnr = Telefon.Kdnr}(Kunde \times Telefon)$, entspricht $Kunde \bowtie_{Kunde.Kdnr = Telefon.Kdnr} Telefon$
  - Left Outer Join: $R \ ⟕_{Bedingung} \ S$ *(Alle R-Tupel plus ggf. passende von S)*
  - Right Outer Join: $R \ ⟖_{Bedingung} \ S$ *(Alle S-Tupel plus ggf. passende von R)*
  - Full Outer Join: $R \ ⟗_{Bedingung} \ S$ *(Alle von R und S)*
  - Umbenennung $\rho_{NeuerName}(AlterName)$
    $\sigma_{V2.Nachfolger="Java-Projekt" \ \wedge \ V1.Nachfolger=V2.Vorgänger}(\rho_{V1}(Voraus) \times \rho_{V2}(Voraus))$

$\pi_{PNR, ALT, ANAME}(\sigma_{AORT='H'}(ABT) \bowtie_{ABT.ANR=PERS.ANR} \sigma_{ALT > 30 \wedge ALT < 34}(PERS))$

Super-Schlüssel

- Es sind auch mehrere Elemente erlaubt: (Menge aller Attribute)
- (Eine Attributmenge, über die alle Tupel einer Relation eindeutig identifiziert werden)

Schlüssel zur Identifikation von Tupeln

Primärschlüssel

- **Dauerhaft eindeutig**: Es gibt jede Ausprägung nur einmal (Schlüsseleigenschaft), auch in Zukunft!
- **Unveränderlich**: Die Attribute des PK einer Zeile ändern sich nicht
- Ein Primärschlüssel entsteht indem man einen Superschlüssel verkleinert!

Integritätsbedingungen (Fremdschlüssel)

- Integritätsbedingungen sind Bestimmungen, die eingehalten werden müssen, um die Korrektheit und die logische Richtigkeit der Daten zu sichern.

Wahrheitsanforderungen:

- Können nur durch Vergleich mit der Realität überprüft werden

Logische Integritätsanforderungen:

- Betreffen die Gestalt der einzelnen Tabellen bzw. Relationen und die Beziehungen zwischen den verschiedenen Relationen

VL06/07_SQL

Wichtige Befehle:

```
CREATE TABLE ANG_PRO(
    PNR INTEGER, ANGNR INTEGER, [...]
    PRIMARY KEY (ANGNR, PNR),
    FOREIGN KEY (ANGNR) REFERENCES ANGEST(ANGNR)
);

INSTER INTO ANGEST values (112, m, k, p, 4500, 3);

ALTER TABLE PROJEKT ADD CONSTRAINT check_name CHECK(P_LEITER is NOT NULL);

ALTER TABLE ANGEST ADD EINSTELLUNGSDATUM DATE DEFAULT '01.01.1000';

ALTER TABLE ANG_PRO DROP COLUMN PROZ_ARB;

DELETE FROM PROJEKT WHERE P_NAME = 'Datawarehouse';

SELECT to_number(to_char(e1.hire_date, 'YYYY')) as year

SELECT SUBSTR(z,INSTR(z, '.')+1, INSTR(z, '.',2) -1) AS d

SELECT lpad(last_name,25) || ' ' || TO_CHAR(salary,'99G999')

CASE WHEN e1.manager_id IS NULL then NULL ELSE e2.first_name END as Chefin

WHERE e1.employee_id = ANY/ALL(SELECT manager_id
                                FROM HR.employees) and salary > 12000;

WHERE not EXISTS (SELECT * FROM HR.employees e3 );
```

DBS_VL10_Zugriff auf Daten in RDBS aus Programmiersprachen

Probleme: Konzeptionelle Unterschiede zwischen Programmiersprache

- SQL: **deklarativ, mengenorientiert**; Ergebnis einer Anfrage ist eine Relation
- Programmiersprache: **imperativ und/oder objekt-orientiert; satz-orientiert**
- Unterschiede zwischen den **Datentypen**

- JDBC-Nutzung nicht nur für Anfragen (**Data Query Language**) möglich
- Es können auch Daten verändert (**Data Manipulation Language**) werden
- Es kann auch das DB-Schema bearbeitet werden (**Data Definition Language**)

JDBC (Java Database Connectivity)

- Dynamisches SQL: SQL wird als String in Java "zusammengebaut"

```
private static Connection conn;

public static void main(String[] args) throws SQLException {
   conn = DriverManager.getConnection("jdbc:oracle:thin:@localho", "name", "pw");
   conn.close();
}
```

DDL-Befehl

```
public static void tabelleerstellen() throws SQLException {
   String createOrderItems =
         "CREATE TABLE order_items(" +
               "    order_id NUMBER(8), " +
               "    name VARCHAR2(100),"
               "    PRIMARY KEY (order_id, name))";
   try (Statement stmt = conn.createStatement()) {
      stmt.executeUpdate(createOrderItems);
   }
}
```

DML-Befehl

- *Wichtig: Rückgabewert von `executeUpdate()` : Anzahl der geänderten Datensätze*

```
public static void prepareStatement (int id, String name) throws SQLException {
   String insertItem = "INSERT INTO rezept VALUES (?, ?)";
   try (PreparedStatement stmt = conn.prepareStatement(insertItem)) {
      stmt.setInt(1, id);
      stmt.setString(2, name);
      stmt.executeUpdate();
   } catch (SQLException e) {
      e.printStackTrace();
   }
}
public static void createStatement () throws SQLException {
   String insertItem1 = "INSERT INTO order_items VALUES (123,12,'SampleItem1',48.32,12)";
   try (Statement stmt = conn.createStatement()) {
      int num = stmt.executeUpdate(insertItem1);
      System.out.println("Tabelle orderItems "+num+" Zeilen eingefügt!");
   }
}
```

DQL im Detail

```
public static void rezeptAusgeben(int id) throws SQLException {
  try (Statement stmt = conn.createStatement()) {
     String query = "SELECT first_name, last_name, salary "
           + " FROM hr.employees WHERE salary > 5000";
     try (ResultSet rs = stmt.executeQuery(query)) {
        while (rs.next()){
           String last_name = rs.getString("last_name");
           double sal = rs.getDouble(3);
```

```
            System.out.println(last_name + "\t" + sal);
        }
      }
    } catch(SQLException e) {
      e.printStackTrace();
    }
}
```

Metadaten aus der DB in JDBC

- **Metadaten** sind Daten, die Datenbankstrukturen und deren Eigenschaften beschreiben
- **Metadaten** ermöglichen es allgemeinen Zugriffsschichten oder Werkzeugen, mit beliebigen **Datenbankstrukturen zu arbeiten**

JDBC verfügt über 2 Klassen für Metadaten

- **ResultSetMetaData** liefert Informationen zu **ResultSet**
- **DatabaseMetaData** liefert Informationen zu **Datenbanksystem und DB-Schema**

Metadaten des Result-Set

Methoden von `ResultSetMetaData`

Typinformationen über Spalten im `ResultSet`

- Name einer Spalte: String `getColumnName(int column)`

```
for (int i = 1; i <= numberOfColumns; i++) {
    System.out.print(rsmd.getColumnName(i) + "\t");
}
```

Metadaten zum DB-Schema

Beispielmethoden der Klasse DatabaseMetaData (Details und Weiteres siehe JDBC-API):

Signatur	**Beschreibung**
`ResultSet getCatalogs()`	Gibt verfügbare Katalognamen zurück
`ResultSet getSchemas()`	Gibt verfügbare Schemanamen zurück
`ResultSet getTables(String catalog, String schemaPattern, String tableNamePattern, String[] types)`	Gibt eine Beschreibung der passenden Tabellen zurück (Ergebnis hat 10 Spalten mit Details zu den Tabellen)
`boolean supportsX()` `Beispiel: supportsFullOuterJoins()`	Gibt zurück, ob die DB eine spezifische Funktionalität X besitzt
`ResultSet getPrimaryKeys(String catalog, String schema, String table)`	Gibt eine Beschreibung der Primärschlüssel passender Tabellen zurück

Kapitel 06_Normalisierung

Negative Eigenschaften eines Relationenschemata

Einfügeanomalie
- entsteht, wenn man Informationen zweier Entitätstypen miteinander verknüpft
- *Kunden eintragen, der noch nichts abonniert hat (Eintragen von Nullwerten)*

Änderungsanomalie
- entsteht, wenn man zwei verschiedene Entitätstypen miteinander verknüpft
- Aktualisieren eines Entities erfordert viel mehr Aktionen / Operationen als man sinnvoll benötigt.
- *Preisänderungen oder Adressänderungen in allen betroffenen Datensätzen notwendig*

Löschanomalie
- entsteht, wenn man zwei verschiedene Entitätstypen miteinander verknüpft
- Löschen eines Entities löscht möglicherweise auch Informationen eines anderen Entities
- *Keine Information mehr über Zeitschrift, wenn kein Kunde sie abonniert hat*

Redundanz:
- Änderungsoperationen müssen auf allen Kopien ausgeführt werden, d.h. sie sind ineffizient
- Speicherplatz wird verschwendet
- Wenn die Änderungen fehlerhaft durchgeführt werden, sind die Kopien ggf. inkonsistent

Es gibt gute und schlechte Datenbankentwürfe, gute Datenbankentwürfe sind **frei von Anomalien**

Funktionale Abhängigkeiten

- sind **Integritätsbedingungen**.
- Funktionale Abhängigkeiten: X → Y
- ***Fd*-Menge** = (Menge der funktionalen Abhängigkeiten) *und wird mit $\boldsymbol{F}$ bezeichnet*
- Die Menge $\boldsymbol{F}$+ aller funktionalen Abhängigkeiten, die von F abgeleitet werden können, heißt **Hülle** von $\boldsymbol{F}$
- Für eine Fd-Menge F und eine funktionale Abhängigkeit $X \rightarrow Y \in F$+ heißt Y **voll funktional abhängig** von X genau dann, wenn es keine echte Teilmenge $X' \subsetneq X$ gibt, so dass $X' \rightarrow Y \in F$+.

Beispiele:
- $ANBAUGEBIET$ ist voll funktional abhängig von $LIEFERANT, ARTIKEL$
- $QUALITÄT$ ist voll funktional abhängig von $ANBAUGEBIET$
- $QUALITÄT$ ist nicht voll funktional abhängig von $ANBAUGEBIET, \underline{LIEFERANT}$

Regeln für die Ableitung von neuen funktionalen Abhängigkeiten

Reflexivität (triviale Abhängigkeiten)
aus $X \supseteq Y$ folgt $X \rightarrow Y$, insbes. $A \rightarrow A$

Links können beliebige Attribute hinzugefügt werden:
aus $X \rightarrow Y$ folgt $X \cup Z \rightarrow Y$

beliebige Attribute können gleichzeitig links und rechts hinzugefügt werden:
aus $X \rightarrow Y$ folgt $X \cup Z \rightarrow Y \cup Z$

Transitivität und Pseudotransitivität:
aus $X \rightarrow Y$ und $Y \rightarrow Z$ folgt $X \rightarrow Z$
aus $X \rightarrow Y$ und $W \cup Y \rightarrow Z$ folgt $W \cup X \rightarrow Z$

Rechte Seite Aufteilen und Zerlegen:
aus $X \rightarrow Y \cup Z$ folgt $X \rightarrow Y$ und $X \rightarrow Z$
aus $X \rightarrow Y$ und $X \rightarrow Z$ folgt $X \rightarrow Y \cup Z$

Normalformen

1. **erste Normalform (1NF),** wenn alle Attribute von R einen atomaren (unteilbaren) Wertebereich haben.
   Herstellung der ersten Normalform:
   - **Zusammengesetzte Attribute: in mehrere Attribute aufteilen**

2. **zweite Normalform (2NF),** wenn jedes Nichtschlüsselattribut voll funktional abhängig ist von jedem Schlüssel. Ist immer dann verletzt, wenn der Wert eines Nichtschlüsselattributs funktional von einer Teilmenge eines Schlüssels abhängt.
   - **Redundanzen kommen auf**

3. **dritte Normalform (3NF),** wenn für jede Funktionale Abhängigkeit $X \rightarrow A \in F^+$, $A \notin X$ gilt:
   - X enthält einen Schlüssel

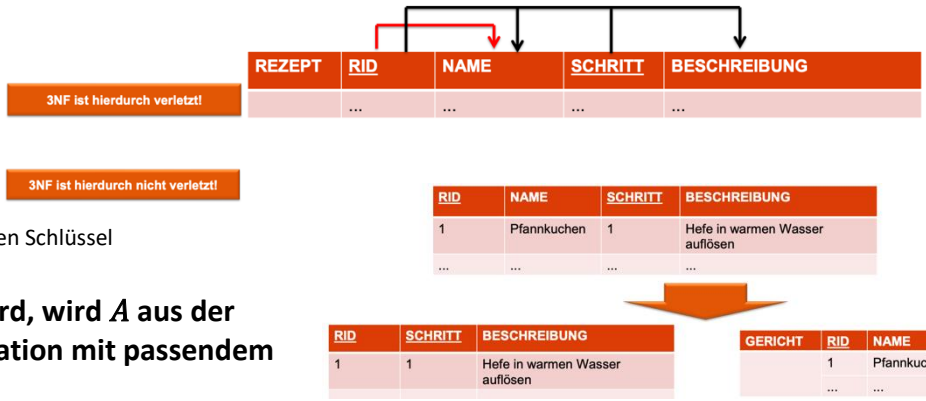
   oder
   - Entweder A ist Schlüsselattribut

(ist **nicht** in **(3NF),** wenn X kein Schlüssel enthält und A Nichtschlüsselattribut ist)
(keine Abhängigkeit eines Nichtschlüsselattributs von einer Attributmenge, die keinen Schlüssel enthält)

Erstes Beispiel:

RID → NAME ∈ F+:
- $NAME$ ist kein Schlüsselattribut und
- RID enthält keinen Schlüssel

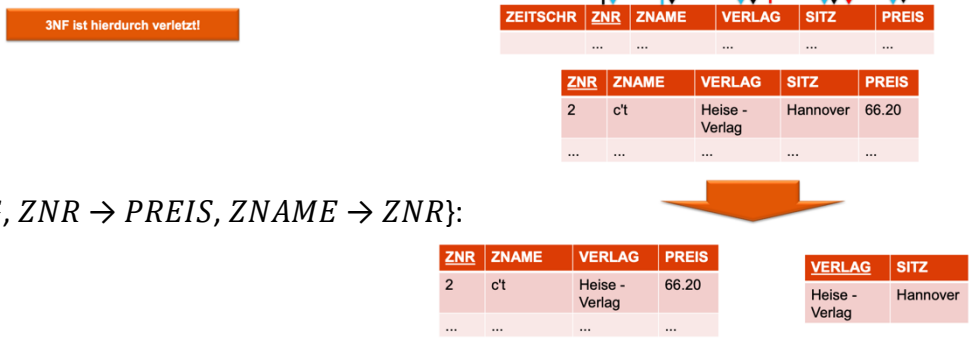
RID, SCHRITT → BESCHREIBUNG ∈ F+:
- $BESCHREIBUNG$ ist kein Schlüsselattribut
- $RID, SCHRITT$ ist (und damit enthält) aber einen Schlüssel



Wenn durch $X \rightarrow A$ die 3NF verletzt wird, wird A aus der Relation entfernt und in eine neue Relation mit passendem Schlüssel verschoben.

Zweites Beispiel

VERLAG → SITZ ∈ F+:
- $SITZ$ ist kein Schlüsselattribut und
- $\{VERLAG\}$ enthält keinen Schlüssel



Test auf 3NF

$F = \{ZNR \rightarrow ZNAME, ZNR \rightarrow VERLAG, ZNR \rightarrow PREIS, ZNAME \rightarrow ZNR\}$:

Man kann folgendes beweisen:

- Wenn keine der Fds in F die 3NF verletzt, dann verletzt auch keine der Fds in F+ die 3NF.

→ Daraus folgt: es reicht, F zu betrachten (statt F+)!

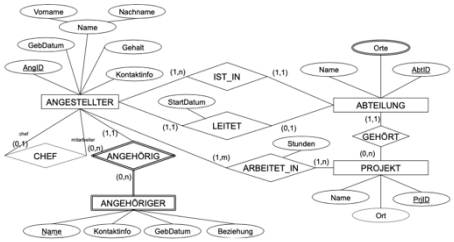
Kapitel 7: Transformation von ER- Modellen ins Relationen Modell

Schritt 1: Aus allen Entity-Typen wird eine Relation

ANGESTELLTER	AngID	GebDatum	Vorname	Nachname	Gehalt	Kontaktinfo

ABTEILUNG	Name	AbtID

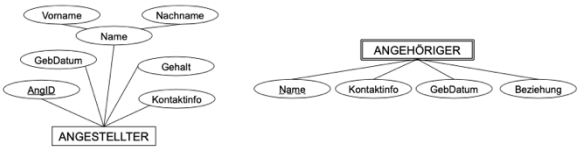
PROJEKT	Name	Ort	PrjID



Schritt 2: Relationen für schwache Entity-Typen

ANGEHÖRIGER	AngID	Name	Kontaktinfo	GebDatum	Beziehung

ANGESTELLTER	AngID	GebDatum	Vorname	Nachname	Gehalt	Kontaktinfo



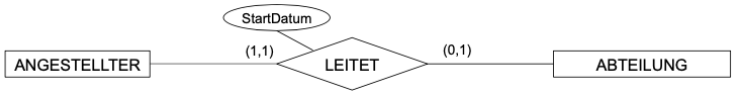
Primärschlüssel des besitzenden Entity-Typs wird mitgenommen (AngID) und als Fremdschlüssel deklariert

Schritt 3: Binäre 1:1 Beziehungen

ANGESTELLTER	AngID	GebDatum	Vorname	Nachname	Gehalt	Kontaktinfo

LEITET	AngID	AbtID	StartDatum

ABTEILUNG	Name	AbtID



2 Fremdschlüssel, einer davon wird Primärschlüssel (einer mit totaler Beteiligung, sofern vorhanden)

Schritt 4: Binäre 1:n Beziehungen

ANGESTELLTER	AngID	GebDatum	Vorname	Nachname	Gehalt	Kontaktinfo

IST_IN	AngID	AbtID

ABTEILUNG	Name	AbtID

Schritt 5: Binäre n:m Beziehungen

ANGESTELLTER	AngID	GebDatum	Vorname	Nachname	Gehalt	Kontaktinfo

ARBEITET_IN	AngID	PrjID	Stunden

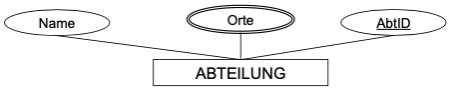
PROJEKT	Name	Ort	PrjID

Die Primärschlüssel der beiden beteiligten Relationen werden eingefügt und gemeinsam der Primärschlüssel der neuen Relation

Schritt 6: Mehrwertige Attribute Weitere Aspekte:

ABTEILUNG	Name	AbtID

Orte	AbtID	Ort



Mehrstellige Relationen