# Datenbanken 1

## Das Relationale Modell

Nikolaus Augsten
nikolaus.augsten@sbg.ac.at
FB Computerwissenschaften
Universität Salzburg


http://dbresearch.uni-salzburg.at

Sommersemester 2015

Version: 23. März 2015

# Inhalt

# Literatur und Quellen

Lektüre zum Thema "Relationales Modell":

- Kapitel 3 (außer 3.5, 3.6) aus Kemper und Eickler: Datenbanksysteme: Eine Einführung. 8. Auflage, Oldenbourg Verlag, 2011.

Literaturquellen

- Elmasri and Navathe: Fundamentals of Database Systems. Fourth Edition, Pearson Addison Wesley, 2004.
- Silberschatz, Korth, and Sudarashan: Database System Concepts, McGraw Hill, 2006.

Danksagung Die Vorlage zu diesen Folien wurde entwickelt von:

- Michael Böhlen, Universität Zürich, Schweiz
- Johann Gamper, Freie Universität Bozen, Italien

# Inhalt

# Das Relationale Modell/1

- Relationale Modell:
  - logisches Datenmodell
  - basiert auf Relationen
- Relation: mathematisches Konzept, das auf Mengen basiert.
- Die Stärke des relationalen Modells ist die formale Grundlage durch Relationen (und Mengen).
- In der Praxis wird der SQL Standard verwendet. Der SQL Standard unterscheidet sich vom formalen Modell in einigen Punkten (wir gehen später auf diese Unterschiede ein).

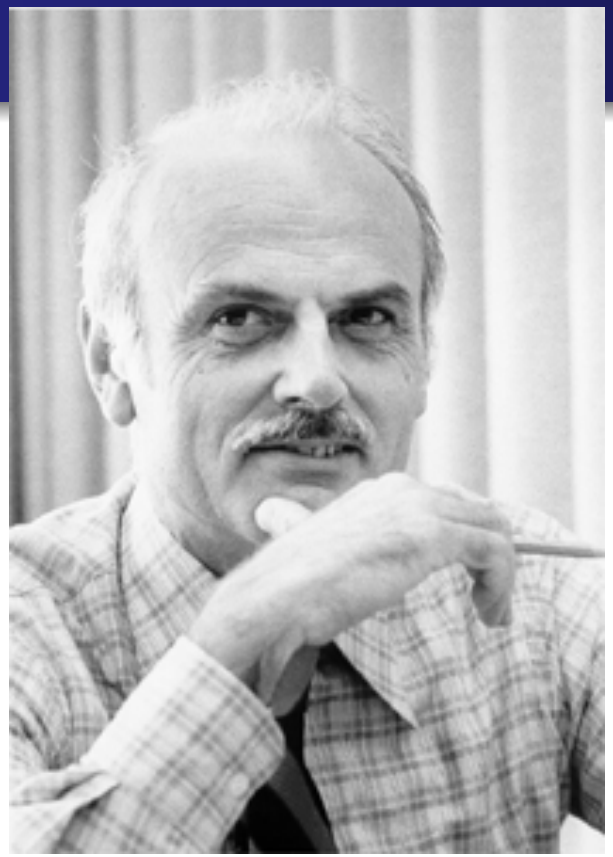
# Das Relationale Modell/2

- Das relationale Modell wurde von E. Codd von IBM Research in folgendem Artikel eingeführt:

  *A Relational Model for Large Shared Data Banks*, Communications of the ACM, June 1970

- Dieser Artikel hat das Feld der Datenbanksysteme revolutioniert.
- Codd erhielt hierfür den ACM Turing Award.

# Das Relationale Modell/3



- Edgar Codd, a mathematician and IBM Fellow, is best known for creating the relational model for representing data that led to today's 12 billion database industry.
- Codd's basic idea was that relationships between data items should be based on the item's values, and not on separately specified linking or nesting.
- The idea of relying only on value-based relationships was quite a radical concept at that time, and many people were skeptical. They didn't believe that machine-made relational queries would be able to perform as well as hand-tuned programs written by expert human navigators.

`http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/builders/builders_codd.html`

# Schema

- $sch(R) = [A_1, A_2, \ldots, A_n]$ ist das Schema der Relation.
- Eckige Klammern [...] werden für eine Liste von Werten verwendet; eine Liste ist geordnet.
- $R$ ist der Name der Relation.
- $A_1, A_2, \ldots, A_n$ sind die Attribute.
- Kurzschreibweise: Für die Definition einer Relation $R$ mit Schema $sch(R) = [A_1, A_2, \ldots, A_n]$ schreiben wir kurz:

$$R[A_1, A_2, \ldots, A_n]$$

- Beispiel: Für die Relation $Kunden[KundenName, KundenStrasse, KundenOrt]$ gilt $sch(Kunden) = [KundenName, KundenStrasse, KundenOrt]$

# Die Relation Kunden

- Schema: $sch(Kunden) = [KundenName, KundenStrasse, KundenOrt]$

Kunden

| **KundenName** | **KundenStrasse** | **KundenOrt** |
|---|---|---|
| Meier | Zeltweg | Brugg |
| Steger | Ringstr | Aarau |
| Marti | Seeweg | Brugg |
| Kurz | Marktplatz | Luzern |
| Egger | Weststr | Brugg |
| Staub | Bahnhofstr | Brugg |
| Gamper | Bahnhofstr | Chur |
| Ludwig | Baugasse | Brugg |
| Wolf | Bahnhofstr | Brugg |
| Koster | Magnolienweg | Brugg |
| Kunz | Fliedergasse | Brugg |
| Pauli | Murtenstr | Biel |

# Domäne

- Eine Domäne ist eine Menge von atomaren Werten.
  - Beispiel: Alter einer Person ist eine positive Ganzzahl.
- Zu jeder Domäne gehört ein Datentyp (oder Format):
  - Telefonnummer hat Format: 0dd ddd dd dd, wobei d eine Ziffer ist.
  - Für ein Datum existieren verschiedene Formate: z.B. yyyy-mm-dd oder dd.mm.yyyy
- Der reservierte Wert `null` gehört zu jeder Domäne:
  - wird für fehlende Werte verwendet
  - Nullwerte machen die Definition von Operationen komplexer

# Attribute

- Attributwert: Attribut nimmt für jedes Tupel einen Wert an
  - mögliche Werte durch Domäne bestimmt
  - $dom(A)$ ist die Domäne von Attribut $A$
- Atomar: Attributwerte müssen atomar sein
  - also "einfach" im Sinne des ER-Modells
  - zusammengesetzte oder mehrwertige Attribute sind nicht erlaubt
  - "Pink Floyd" ist atomar, "Pink Floyd – Wish you were here" ist nicht atomar
- Attributname: spezifizieren Rolle der entsprechenden Domäne in Relation:
  - Name ist eindeutig innerhalb einer Relation
  - wird verwendet, um die Werte dieses Attributs zu interpretieren
- Beispiel: Die Domäne *Datum* wird für die Attribute *Rechnungsdatum* und *Zahlungstermin* mit unterschiedlichen Bedeutungen verwendet.
  - $dom(Rechnungsdatum) = Datum$
  - $dom(Zahlungstermin) = Datum$

# Tupel

- Ein Tupel ist eine geordnete Menge (d.h. eine Liste) von Werten
- Eckige Klammern [...] werden verwendet um Tupel darzustellen
- Jeder Wert eines Tupels muss aus der entsprechenden Domäne stammen
- Beispiel: Tupel der Relation *Kunden*
  - Schema: $sch(Kunden) = [KundenName, KundenStrasse, KundenOrt]$
  - Tupel: $[Meier, Zeltweg, Brugg]$

# Instanz (Ausprägung)

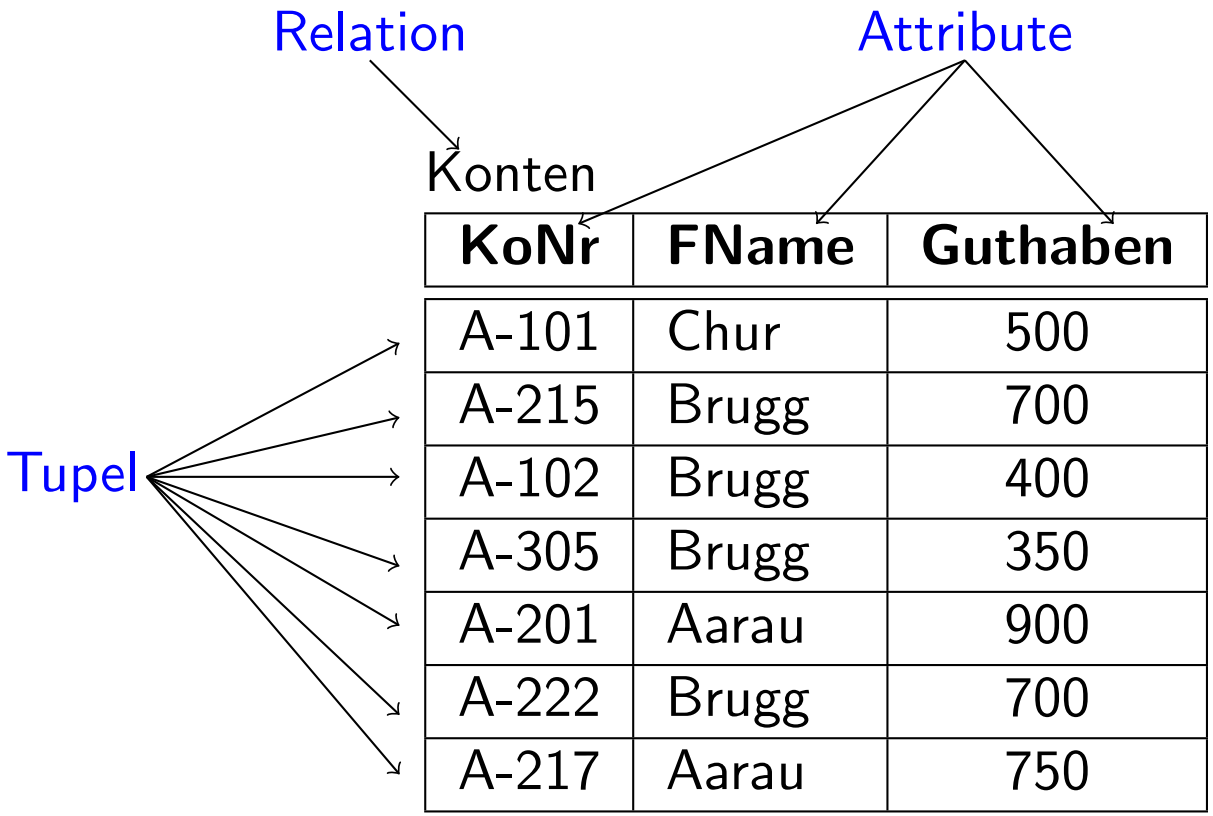
- Der Name einer Relation $R$ wird auch als Bezeichner für die Instanz einer Relation verwendet
- Instanz einer Relation $R$ mit Schema $sch(R) = [A_1, A_2, \ldots, A_n]$ ist eine Untermenge des Kreuzprodukts der Domänen der Attribute:

$$R \subseteq D_1 \times D_2 \times \ldots \times D_n$$

  $R$ ist also eine Menge von Tupeln $[v_1, v_2, \ldots, v_n]$, sodass jedes $v_i \in D_i$
- Geschweifte Klammern $\{...\}$ werden für Mengen verwendet
- Beispiel:

$$\begin{aligned}
D_1 &= dom(KuName) = \{Ludwig, Koster, Marti, Wolf, \ldots\} \\
D_2 &= dom(KuStrasse) = \{Bahnhofstr, Baugasse, Seeweg, \ldots\} \\
D_3 &= dom(KuOrt) = \{Brugg, Luzern, Chur, \ldots\} \\
R &= \{\ [Ludwig, Bahnhofstr, Brugg], [Koster, Baugasse, Brugg], \\
&\qquad [Marti, Seeweg, Brugg], [Wolf, Weststr, Brugg]\ \} \\
&\subseteq D_1 \times D_2 \times D_3
\end{aligned}$$

# Beispiel einer Relation



# Eigenschaften von Relationen

- Relationen sind ungeordnet, d.h., die Ordnung der Tupel ist nicht relevant.
- Die Attribute eines Schemas $sch(R) = [A_1, ..., A_n]$ und die Werte in einem Tuple $t = [v_1, ..., v_n]$ sind geordnet.

Konten

| KoNr | FName | Guthaben |
|---|---|---|
| A-101 | Chur | 500 |
| A-215 | Brugg | 700 |
| A-102 | Brugg | 400 |
| A-305 | Brugg | 350 |
| A-201 | Aarau | 900 |
| A-222 | Brugg | 700 |
| A-217 | Aarau | 750 |

=

Konten

| KoNr | FName | Guthaben |
|---|---|---|
| A-305 | Brugg | 350 |
| A-201 | Aarau | 900 |
| A-222 | Brugg | 700 |
| A-102 | Brugg | 400 |
| A-217 | Aarau | 750 |
| A-101 | Chur | 500 |
| A-215 | Brugg | 700 |

# Integrierte Übung 3.1

1. Ist $R = \{[Tom, 27, ZH], [Bob, 33, Rome, IT]\}$ eine Relation?

2. Was ist der Unterschied zwischen einer Menge und einer Relation? Geben Sie ein Beispiel, das den Unterschied illustriert.

# Integrierte Übung 3.2

1. Illustrieren Sie die folgenden Relationen graphisch:
   $sch(R) = [X, Y]; R = \{[1, a], [2, b], [3, c]\}$
   $sch(S) = [A, B, C]; S = \{[1, 2, 3]\}$

2. Bestimmen Sie die folgenden Objekte:
   - Das 2. Attribut der Relation $R$?
   - Das 3. Tupel der Relation $R$?
   - Das Tuple in der Relation $R$ mit dem kleinsten Wert von Attribut $X$?

# Datenbank

- Eine Datenbank ist eine Menge von Relationen.
- Beispiel: Die Informationen eines Unternehmens werden in mehrere Teile aufgespaltet:
  - *Konten*: speichert Informationen über Konten
  - *Kunde*: speichert Informationen über Kunden
  - *Kontoinhaber*: speichert welche Kunden welche Konten besitzen
- Warum nicht alle Informationen in eine Relation speichern?
  - Beispiel: $sch(Bank) = [KoNr, Guthaben, KuName, \ldots]$
  - Redundanz: Wiederholung von Informationen, z.B. zwei Kunden mit demselben Konto
  - Nullwerte: z.B. für einen Kunden ohne Konto

# Datenbank mit Relationen Konten und Kontoinhaber

Konten

| **KoNr** | **FName** | **Guthaben** |
|---|---|---|
| A-101 | Chur | 500 |
| A-215 | Brugg | 700 |
| A-102 | Brugg | 400 |
| A-305 | Brugg | 350 |
| A-201 | Aarau | 900 |
| A-222 | Brugg | 700 |
| A-217 | Aarau | 750 |

Kontoinhaber

| **KName** | **KoNr** |
|---|---|
| Staub | A-102 |
| Gamper | A-101 |
| Gamper | A-201 |
| Ludwig | A-217 |
| Wolf | A-222 |
| Koster | A-215 |
| Kunz | A-305 |
| Mair | A-101 |

# Integrierte Übung 3.3

1. Welche Art von Objekt ist $X = \{\{[3]\}\}$ im relationalen Modell?

2. Sind DB1 und DB2 identische Datenbanken?
   $DB1 = \{\{[1,5],[2,3]\},\{[4,4]\}\}$
   $DB2 = \{\{[4,4]\},\{[2,3],[1,5]\}\}$

# Zusammenfassung des relationalen Modells

- Eine **Domäne** $D$ ist eine Menge von atomaren Werten.
  - Telefonnummern, Namen, Noten, Geburtstage, Institute
  - jede Domäne beinhaltet den reservierten Wert `null`
- Zu jeder Domäne wird ein **Datentyp** oder Format spezifiziert.
  - 5-stellige Zahlen, yyyy-mm-dd, Zeichenketten
- Ein **Attribut** $A_i$ beschreibt die Rolle einer Domäne innerhalb eines Schemas.
  - TelephonNr, Alter, Institutsname
- Ein **Schema** $sch(R) = [A_1, ..., A_n]$ besteht aus einer Liste von Attributen.
  - $sch(Angestellte) = [Name, Institut, Lohn]$,
    $sch(Institute) = [InstName, Leiter, Addresse]$
- Ein **Tupel** $t$ ist eine Liste von Werten $t = [v_1, ..., v_n]$ mit $v_i \in dom(A_i)$.
  - $t = [Tom, SE, 23K]$
- Eine **Relation** $R \subseteq D_1 \times ... \times D_n$ mit dem Schema $sch(R) = [A_1, ..., A_n]$ ist eine Menge von n-stelligen Tupeln.
  - $R = \{[Tom, SE, 23K], [Lene, DB, 33K]\} \subseteq NAMEN \times INSTITUTE \times INTEGER$
- Eine **Datenbank** $DB$ ist eine Menge von Relationen.
  - $DB = \{R, S\}$
  - $R = \{[Tom, SE, 23K], [Lene, DB, 33K]\}$
  - $S = \{[SE, Tom, Boston], [DB, Lena, Tucson]\}$

# Integritätsbedingungen

- Integritätsbedingungen (constraints) sind Einschränkungen auf den Daten, die alle Instanzen der Datenbank erfüllen müssen.
- Klassen von Integritätsbedingungen im relationalen Modell :
  - Schlüssel
  - Domänenintegrität
  - Referentielle Integrität
- Integritätsbedingungen garantieren eine gute Datenqualität.

# Schlüssel/1

- $K \subseteq R$ ist eine Teilmenge der Attribute von $R$
- $K$ ist ein Superschlüssel von $R$ falls die Werte von $K$ ausreichen um ein Tupel jeder möglichen Relation $R$ eindeutig zu identifizieren.
  - Mit "jeder möglichen" meinen wir eine Relation, die in der Miniwelt, die wir modellieren, existieren könnte.
  - Beispiel: $\{KuName, KuStrasse\}$ und $\{KuName\}$ sind Superschlüssel von *Kunde*, falls keine zwei Kunden den gleichen Namen haben können.

| KuName | KuStrasse |
|---|---|
| N. Jeff | Binzmühlestr |
| N. Jeff | Hochstr |

KuName ist *kein* Schlüssel

| KuName | KuStrasse |
|---|---|
| N. Jeff | Binzmühlestr |
| T. Hurd | Hochstr |

KuName ist ein Schlüssel

# Schlüssel/2

- $K$ ist ein Kandidatschlüssel falls $K$ minimal ist
  Beispiel:
  - $\{KuName\}$ ist ein Kandidatschlüssel für *Kunde* weil diese Menge ein Superschlüssel ist und keine Untermenge ein Superschlüssel ist.
  - $\{KuName, KuStrasse\}$ ist kein Kandidatschlüssel weil eine Untermenge, nämlich $\{KuName\}$, ein Superschlüssel ist.

- Primärschlüssel: ein Kandidatschlüssel der verwendet wird um Tupel in einer Relation zu identifizieren.
  - Als Primärschlüssel sollte ein Attribut ausgewählt werden, dessen Wert sich nie ändert (oder zumindest sehr selten).
  - Beispiel: *email* ist eindeutig und ändert sich selten

# Domänenintegrität

- Die Domänenintegrität garantiert, dass alle Attributwerte aus der entsprechenden Domäne stammen.
- Nullwerte: sind standardmäßig erlaubt da Teil der Domäne
- Primärschlüssel dürfen nicht `null` sein
  - falls der Primärschlüssel aus mehreren Attributen besteht darf keines dieser Attribute `null` sein
  - andere Attribute der Relation, selbst wenn sie nicht zum Primärschlüssel gehören, können ebenfalls Nullwerte verbieten

| ID | Name | KuStrasse |
|---|---|---|
| 1 | N. Jeff | Binzmühlestr |
| `null` | T. Hurd | Hochstr |

ID kann nicht Primärschlüssel sein

| ID | Name | KuStrasse |
|---|---|---|
| 1 | N. Jeff | Binzmühlestr |
| 2 | T. Hurd | Hochstr |

ID kann Primärschlüssel sein

# Referentielle Integrität

- Fremdschlüssel: Attribute im Schema einer Relation, die Primärschlüssel einer anderen Relation sind.
  - Beispiel: *KuName* und *KoNr* der Relation *Kontoinhaber* sind Fremdschlüssel von *Kunde* bzw. *Konten*.
- Rekursion: Nicht-Primärschlüssel Attribute können auch Fremdschlüssel zum Primärschlüssel in derselben Relation sein.
- Erlaubte Werte für Fremdschlüssel:
  - Werte, die als Primärschlüssel in der referenzierten Relation vorkommen
  - `null` Werte (alle oder kein Attribut des Fremdschlüssels)
- Graphischen Darstellung eines Schemas: gerichteter Pfeil vom Fremdschlüsselattribut zum Primärschlüsselattribut.

| ID | KuName | KuStrasse |
|---|---|---|
| 1 | N. Jeff | 2 |
| 2 | T. Hurd | 4 |

| StrassenNr | Strasse |
|---|---|
| 2 | Binzmühlestr |
| 3 | Hochstr |

KuStrNr kann kein Fremdschlüssel sein weil StrassenNr 4 nicht existiert.

# Integrierte Übung 3.4

- Bestimmen Sie die Schlüssel der Relation $R$:

R

| X | Y | Z |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | 4 | 5 |
| 2 | 2 | 2 |

# Integrierte Übung 3.5

- Bestimmen Sie mögliche Superschlüssel, Kandidatschlüssel, Primärschlüssel und Fremdschlüssel für die Relationen $R$ und $S$:

R

| A | B | C |
|---|---|---|
| a | d | e |
| b | d | c |
| c | e | e |

S

| D | E |
|---|---|
| d | a |
| e | a |
| a | a |

mögliche Superschlüssel:

mögliche Kandidatschlüssel:

mögliche Primärschlüssel:

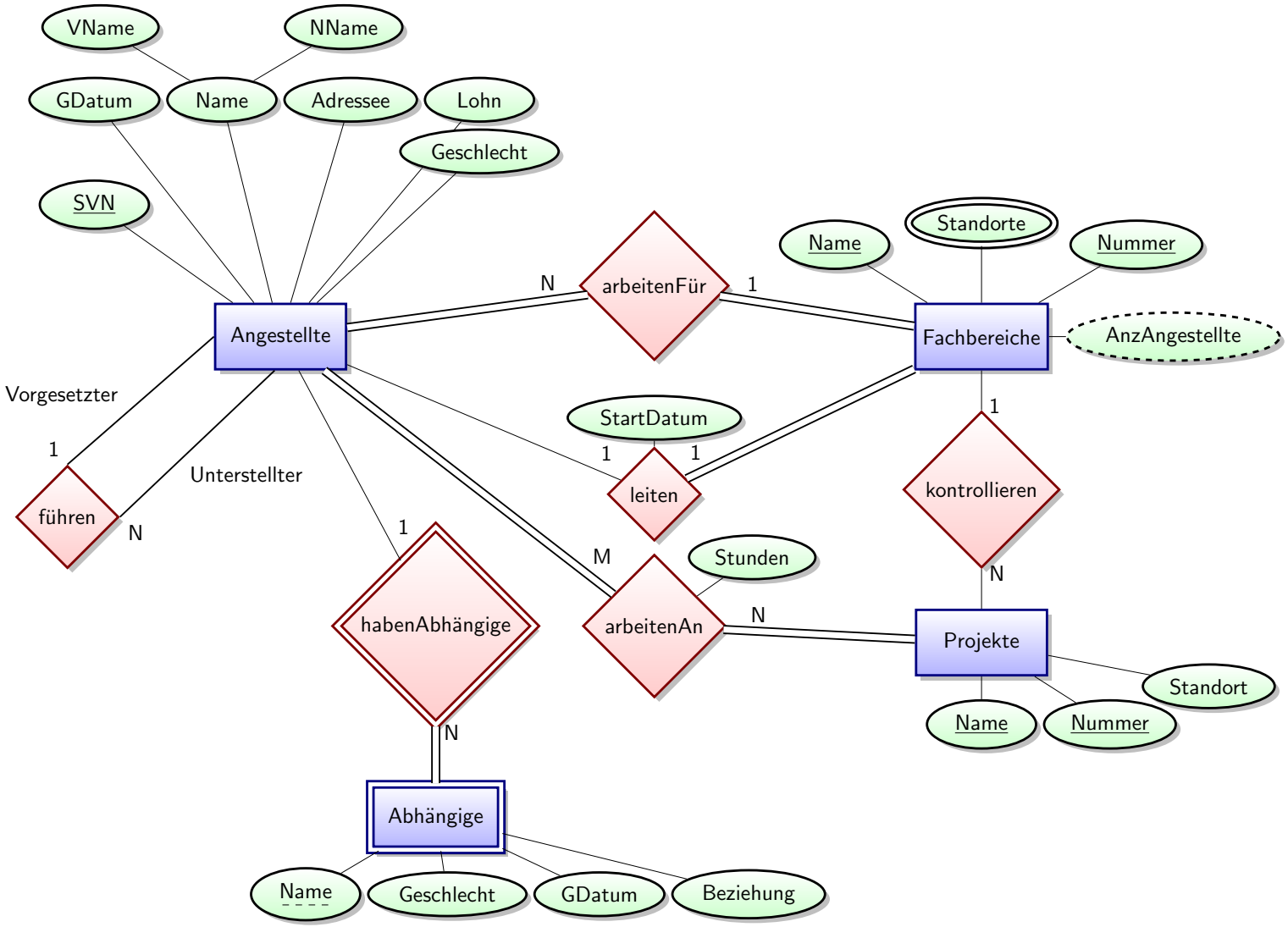
mögliche Fremdschlüssel:

# Inhalt

# Algorithmus ER-Schema $\rightarrow$ Relationales Modell

- Algorithmus um ein konzeptionelles ER-Schema (fast) automatisch in ein relationales Schema abzubilden.
  - Schritt 1: unabhängige Entitätstypen
  - Schritt 2: existenzanhängige Entitätstypen
  - Schritt 3: Beziehungstypen
  - Schritt 4: mehrwertige Attribute
  - Schritt 5: n-wertigen Beziehungstypen
  - Schritt 6: Spezialisierung/Generalisierung

# Beispiel: ER Schema der NAWI Datenbank



# Schritt 1: Abbildung unabhängiger Entitätstypen

(a) Entitätstyp: Für jeden unabhängigen Entitätstypen $E$ erstellen wir eine Relation $R$.

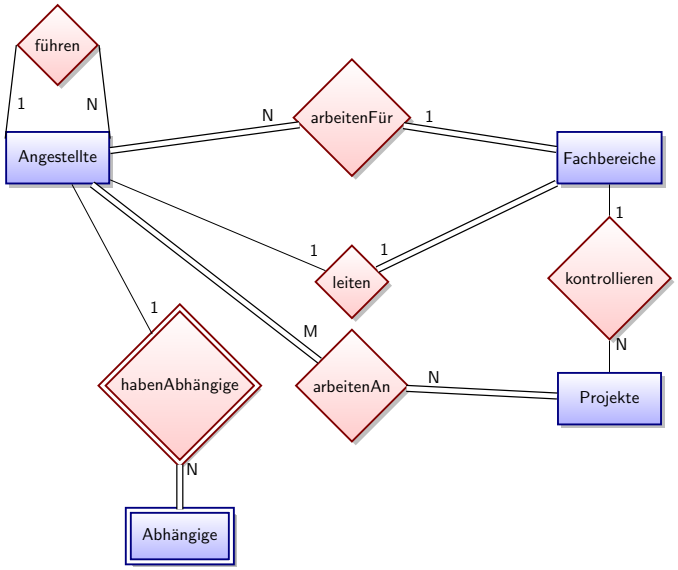
(b) Attribute: Die Attribute von $R$ sind
- alle einfachen Attributen von $E$
- alle einfache Komponenten von zusammengesetzten Attributen

(c) Primärschlüssel: Ein Schlüsselattribut von $E$ wird als Primärschlüssel für $R$ ausgewählt.

$\rightarrow$ Falls der ausgewählte Schlüssel von E zusammengesetzt ist, besteht der Primärschlüssel aus allen einfachen Komponenten.

# Beispiel: Abbildung unabhängiger Entitätstypen

- **Beispiel:** Wir erstellen Relationen Angestellte, Fachbereiche, Projekte.
  - SVN, FNummer, und PNummer sind die Primärschlüssel




Angestellte[VName, NName, SVN, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn]
Fachbereiche[FName, FNummer]
Projekte[PName, PNummer, PStandort]

# Schritt 2: Abbildung existenzabhängiger Entitätstypen

(a) Existenzabhängiger Entitätstyp: Für jeden existenzabhängigen Entitätstypen $W$ mit übergeordnetem Entitätstypen $E$ erstellen wir eine Relation $R$.

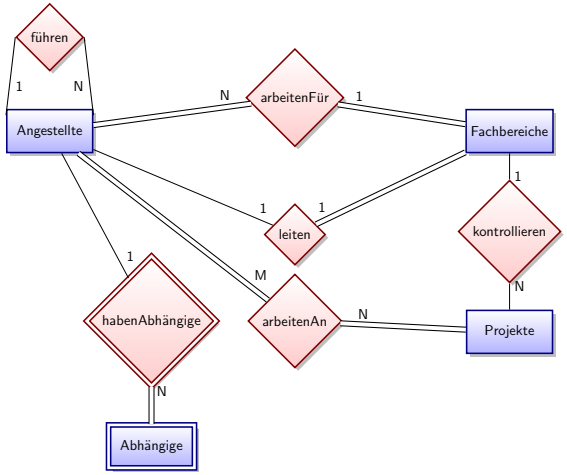
(b) Attribute von R sind alle einfachen Attribute bzw. einfachen Komponenten zusammengesetzter Attribute von $W$.

(c) Fremdschlüssel: Der Primärschlüssel der Relation des übergeordneten Entitätstypen $E$ wird als Fremdschlüssel zu $R$ hinzugefügt.

(d) Primärschlüssel von R besteht aus der *Kombination* der

- Primärschlüssel der übergeordneten Entitätstypen
- des partiellen Schlüssels des existenzabhängigen Entitätstypen

# Beispiel: Abbildung existenzabhängiger Entitätstypen




- **Beispiel:** Der existenzabhängigen Entitätstypen Abhängige wird auf Relation Abhängige abbildet.
- Primärschlüssel SVN von Angestellte wird als Fremdschlüssel zu Relation Abhängige hinzugefügt (umbenannt auf AngSVN).
- Der Primärschlüssel von Abhängige ist die Kombination { AngSVN, AbhName }, weil AbhName ein partieller Schlüssel von Abhängige ist.

Angestellte[VName, NName, SVN, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn]
Fachbereiche[FName, FNummer]
Projekte[PName, PNummer, PStandort]
Abhängige[AngSVN, AbhName, Geschlecht, GDatum, Beziehung]

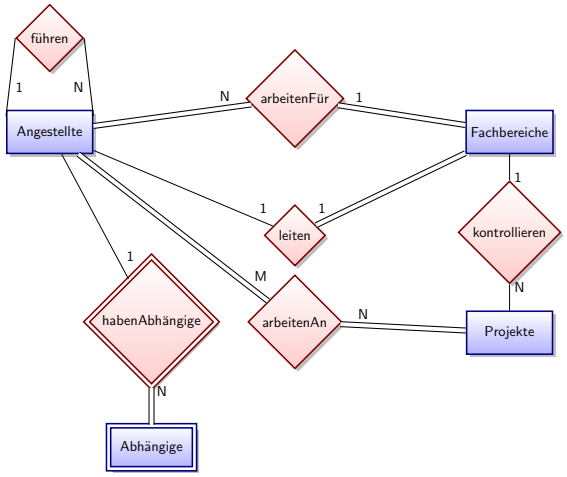
# Schritt 3: Abbildung von Beziehungen

**Drei mögliche Ansätze** für Beziehung zwischen Entitätstypen $S$ und $T$:

1. Zusammengefasste Relationen: nur für **1:1**
   - beteiligte Entitätstypen werden in einzige Relation zusammengelegt
   - keine Nullwerte falls $S$ und $T$ totale Beziehung eingehen
2. Fremdschlüssel: 1:1, **1:N**
   - eine der beteiligten Entitäten wird ausgewählt, z.B. $S$ ($N$-Seite im Falle von 1:N)
   - Primärschlüssel von $T$ wird als Fremdschlüssel zu $S$ hinzugefügt
   - keine Nullwerte falls $S$ totale Beziehung eingeht
3. Neue Beziehungsrelation: 1:1, 1:N, **M:N**
   - neue Relation $R$ mit den Primärschlüsseln von $S$ und $T$ als Fremdschlüssel
   - Primärschlüssel:
     - $1:1$-Beziehung: einer der beiden Fremdschlüssel
     - $1:N$-Beziehung: Fremdschlüssel der $N$-Seite
     - $M:N$-Beziehung: beide Fremdschlüssel
   - keine Nullwerte

# Beispiel: Abbildung von 1:1 Beziehungstyp

- **Beispiel**: Der 1:1 Beziehungstyp leiten wird mithilfe eines Fremdschlüssels abgebildet. Fachbereiche übernimmt die Rolle von S, weil die Teilnahme in der Beziehung total ist.




Angestellte[VName, NName, <u>SVN</u>, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn]
Fachbereiche[FName, <u>FNummer</u>, LeiterSVN, StartDatum]
Projekte[PName, <u>PNummer</u>, PStandort]
Abhängige[<u>AngSVN</u>, <u>AbhName</u>, Geschlecht, GDatum, Beziehung]

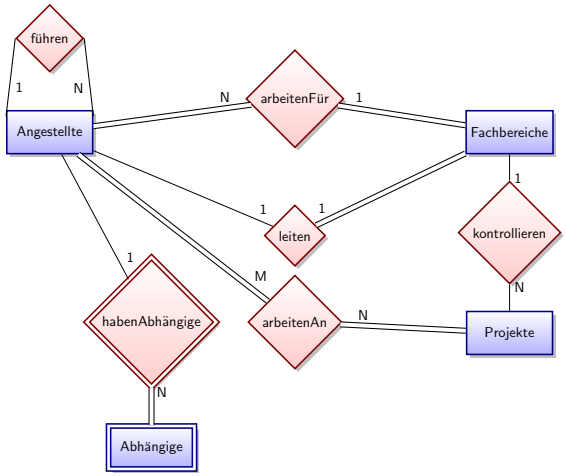
# Integrierte Übung 3.6

Illustrieren Sie die Probleme die auftreten, wenn der Beziehungstyp leiten

(a) durch einen Fremdschlüssel in der Relation Angestellte abgebildet wird

(b) durch Zusammenfassen der Relationen Angestellte und Fachbereiche abgebildet

# Beispiel: Abbildung von 1:N Beziehungstyp




- **Beispiel:** Abbildung des N:1 Beziehungstyps Angestellte arbeitenFür Fachbereiche:
  - Angestellte entspricht der Relation $S$.
  - Primärschlüssel FNummer von Fachbereiche wird Fremdschlüssel der Relation Angestellte
- Weitere 1:N Beziehungstypen:
  - Angestellte/Vorgesetzte führen Angestellte/Unterstellte: Primärschlüssel von Angestellte als Fremdschlüssel VorgSVN zu Angestellte hinzufügen.
  - Fachbereiche kontrollieren Projekte: Primärschlüssel von Fachbereiche als Fremdschlüssel zu Projekte hinzufügen.

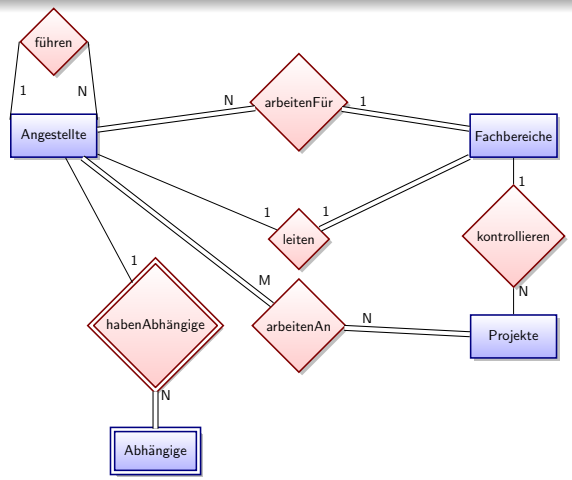
Angestellte[VName, NName, SVN, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn, VorgSVN, FNummer]
Fachbereiche[FName, FNummer, LeiterSVN, StartDatum]
Projekte[PName, PNummer, PStandort, FNummer]
Abhängige[AngSVN, AbhName, Geschlecht, GDatum, Beziehung]

# Wie werden Attribute von Beziehungstypen abgebildet?

- Beziehung zwischen Relationen $S$ und $T$ soll abgebildet werden.
- Zusammengefasste Relationen: nur 1:1
  - $S$ und $T$ verschmelzen zu $R$
  - Attribute[1] des Beziehungstypen werden als Attribute zu $R$ hinzugefügt
- Fremdschlüssel: 1:1, 1:N
  - $S$ erhält Fremdschlüssel ($N$-Seite im Falle von 1:N)
  - Attribute[1] des Beziehungstypen werden als Attribute zu $S$ hinzugefügt
- Neue Beziehungsrelation: 1:1, 1:N, M:N
  - neue Relation $R$ wird erstellt
  - Attribute[1] des Beziehungstypen werden als Attribute zu $R$ hinzugefügt

[1] alle einfachen Attribute bzw. einfachen Komponenten zusammengesetzter Attribute

# Beispiel: Abbildung von M:N Beziehungstyp mit Attributen



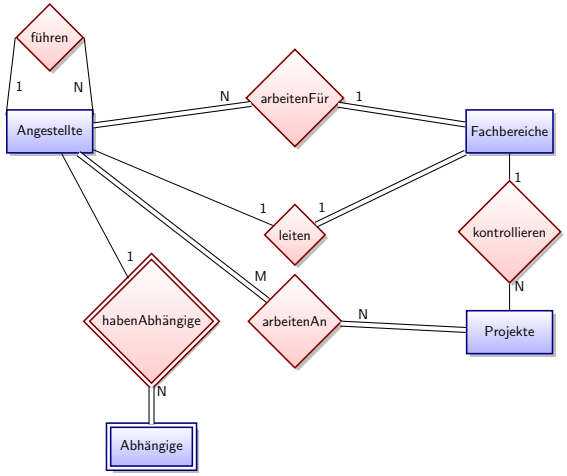

- **Beispiel:** Für den M:N Beziehungstyp arbeitenAn erstellen wir eine Relation ArbeitenAn.
- Die Primärschlüssel der Relationen Projekte und Angestellte werden als Fremdschlüssel zur Relation ArbeitenAn hinzugefügt.
- Attribut *Stunden* der Relation ArbeitenAn bildet das gleichnamige Attribut des Beziehungstypen ab.
- Der Primärschlüssel von ArbeitenAn ist die Kombination der Fremdschlüssel: { AngSVN, PNummer }.

Angestellte[VName, NName, SVN, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn, VorgSVN, FNummer]
Fachbereiche[FName, FNummer, LeiterSVN, StartDatum]
Projekte[PName, PNummer, PStandort, FNummer]
Abhängige[AngSVN, AbhName, Geschlecht, GDatum, Beziehung]
ArbeitenAn[AngSVN, PNummer, Stunden]

# Schritt 4: Abbildung mehrwertiger Attribute

- Neue Relation: Für jedes mehrwertige Attribut $A$ erstellen wir eine neue Relation $R$.
- Attribute: Das mehrwertige Attribut $A$ wird zur Relation $R$ als (einfaches) Attribut hinzugefügt. Falls das mehrwertige Attribut $A$ zusammengesetzt ist, werden alle einfachen Komponenten von $A$ als (einfache) Attribute hinzugefügt.
- Fremdschlüssel: Primärschlüssel $K$ der Relation, die den Entitäts- oder Beziehungstyp von $A$ abbildet.
- Primärschlüssel: Kombination von $A$ und $K$. Falls das mehrwertige Attribut zusammengesetzt ist, sind alle einfachen Komponenten Teil des Primärschlüssels.

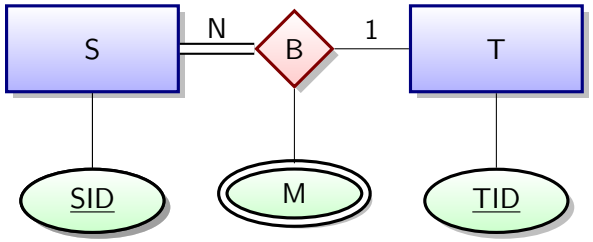
# Beispiel 1: Abbildung mehrwertiger Attribute




- **Beispiel:** das mehrwertige Attribut Standorte des Entitätstyps Fachbereiche.
- Eine neue Relation FBStandorte mit Attribut Standort wird erstellt.
- FNummer der Relation Fachbereiche ist Fremdschlüssel in FBStandorte.
- Der Primärschlüssel von FBStandorte sind die Attribute { FNummer, Standort }.

Angestellte[VName, NName, SVN, GDatum, Adresse, Geschlecht, Lohn, VorgSVN, FNummer]
Fachbereiche[FName, FNummer, LeiterSVN, StartDatum]
Projekte[PName, PNummer, PStandort, FNummer]
Abhängige[AngSVN, AbhName, Geschlecht, GDatum, Beziehung]
ArbeitenAn[AngSVN, PNummer, Stunden]
FBStandorte[FNummer, Standort]

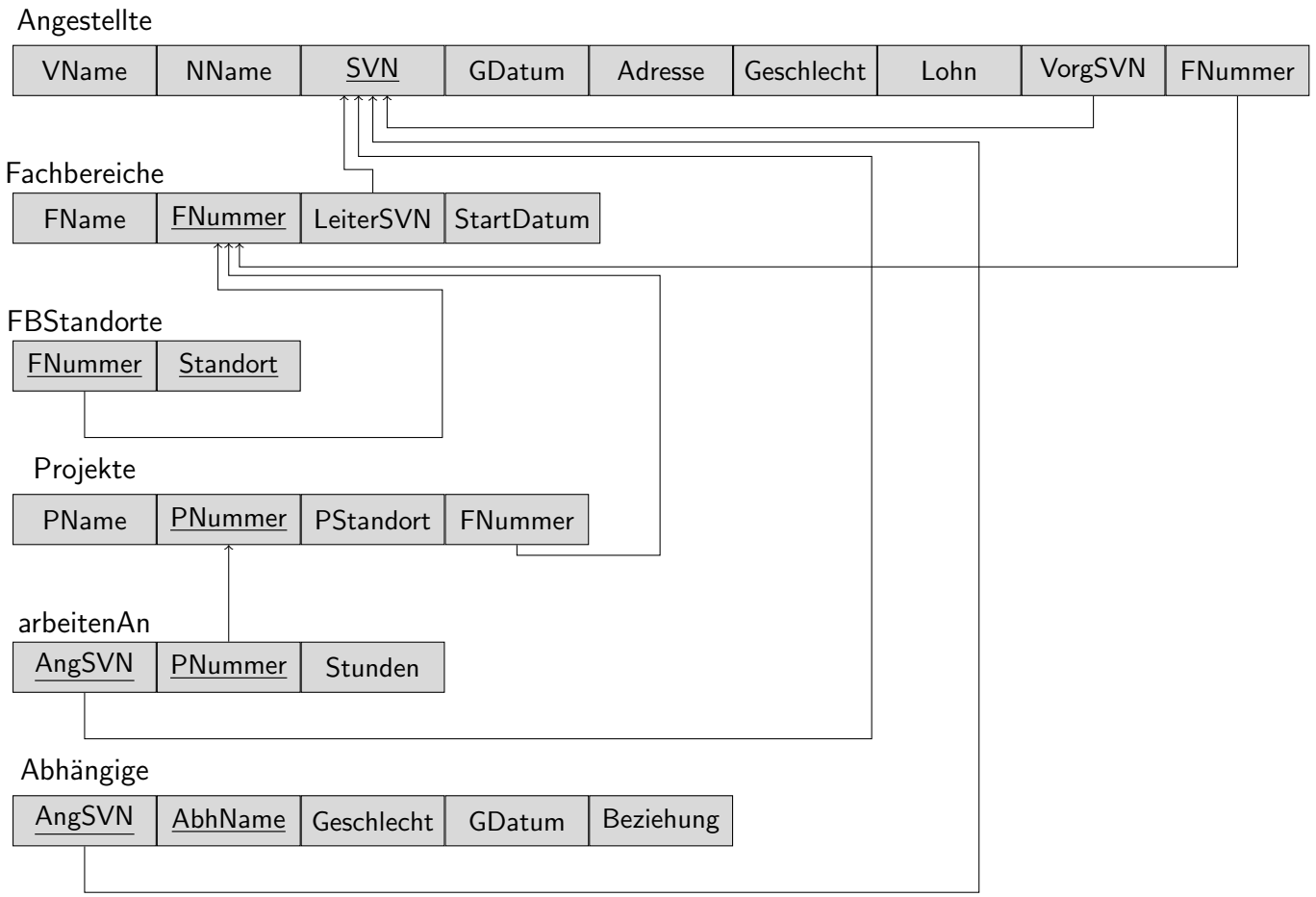
# Beispiel 2: Abbildung mehrwertiger Attribute




- **Beispiel:** mehrwertiges Attribut M der 1:N Beziehung B
- 1:N Beziehung wird als Fremdschlüssel in *S* modelliert
- mehrwertiges Attribut wird durch neue Relation *MB* modelliert

S[SID, TID]
T[TID]
MB[SID,M]

# Beispiel: Vollständige NAWI Datenbank

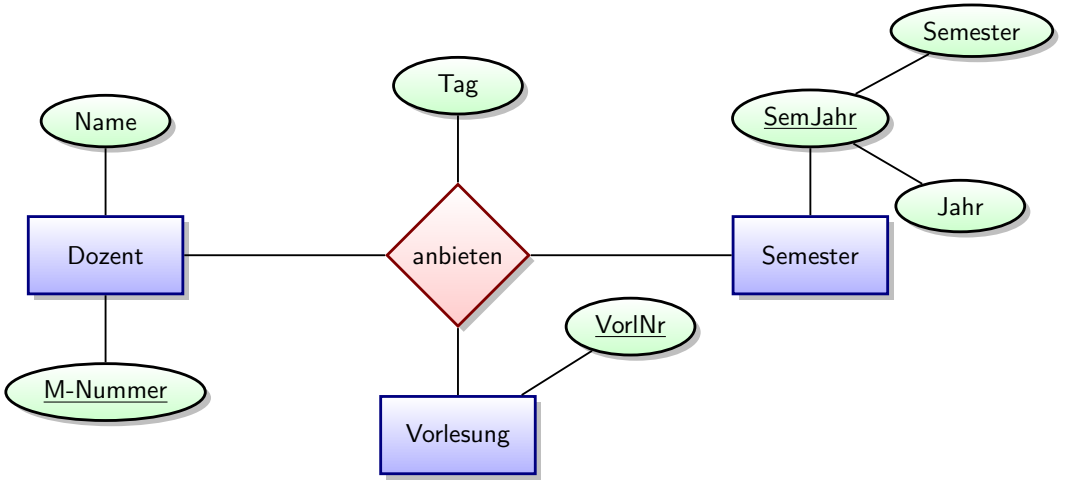


# Schritt 5: Abbildung von n-wertigen Beziehungstypen.

- Neue Relation: Für jeden $n$-wertigen Beziehungstypen ($n > 2$) erstellen wir eine neue Relation $R$.
- Fremdschlüssel: Die Primärschlüssel der Relationen der involvierten Entitätstypen sind Fremdschlüssel in $R$.
- Primärschlüssel: Kombination aller Fremdschlüssel.
- Attribute: Alle einfachen Attribute bzw. einfachen Komponenten zusammengesetzter Attribute des M:N Beziehungstypen werden als Attribute zu $R$ hinzugefügt.

# Beispiel: Abbildung von n-wertigen Beziehungstypen.

- **Beispiel:** Der 3-wertige Beziehungstyp anbieten




- Der Beziehungstyp wird durch eine neue Relation Anbieten abgebildet.
- Der Primärschlüssel ist die Kombination der drei Fremdschlüssel:
  { M-Nummer, Jahr, Semester, VorlNr }

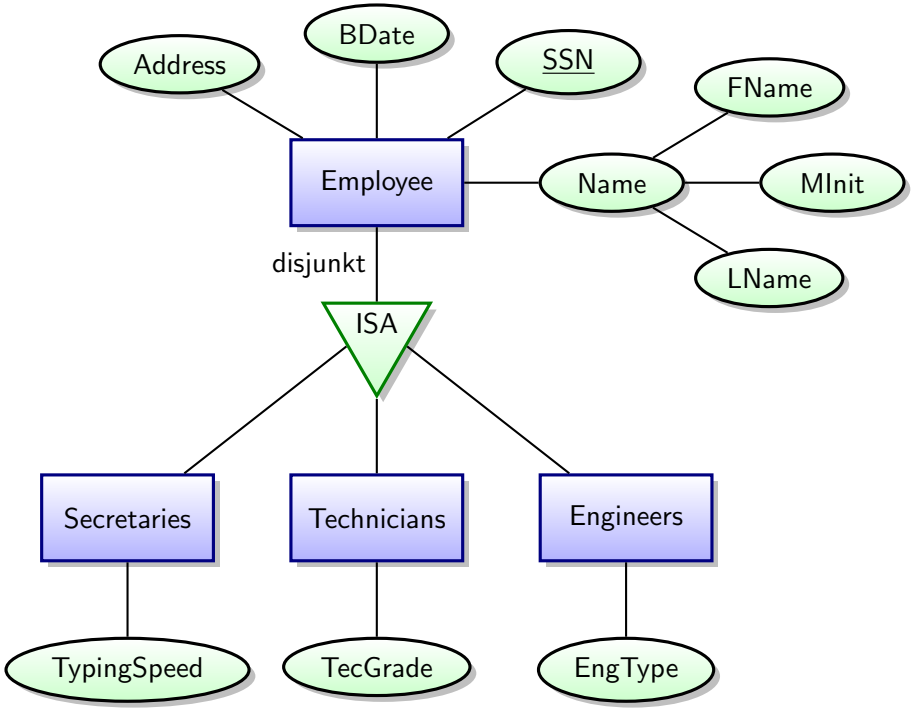
Dozent[M-Nummer, ...]
Semester[Jahr, Semester, ...]
Vorlesung[VorlNr, ...]
Anbieten[M-Nummer, Jahr, Semester, VorlNr, Tag, ...]

# Schritt 6: Abbildung von Spezialisierung/Generalisierung

- Notation:
  - Untertyp: $U_1, U_2, \ldots, U_m$
  - Obertyp: $O$ mit Attributen $k, a_1, a_2, \ldots, a_n$
  - $k$ ist Primärschlüssel des Obertypen $O$
- Umsetztung:
  - Relation $R$ für Obertyp O mit Attributen $attr(R) = \{\underline{k}, a_1, \ldots, a_n\}$.
  - Relation $R_i$ für Untertypen $U_i$, $1 < i < m$, mit den Attributen $attr(R_i) = \{\underline{k}\} \cup \{\text{Attribute von } U_i\}$.
  - Attribute $k$ der Relationen $R_i$ sind Fremdschlüssel auf Attribut $k$ in $R$.
- Kann für alle Arten der Spezialisierung verwendet werden:
  - vollständig und partiell
  - disjunkt und überlappend
- Einschränkung: vollständig und/oder disjunkt wird nicht erzwungen

# Beispiel: Abbildung von Spezialisierung

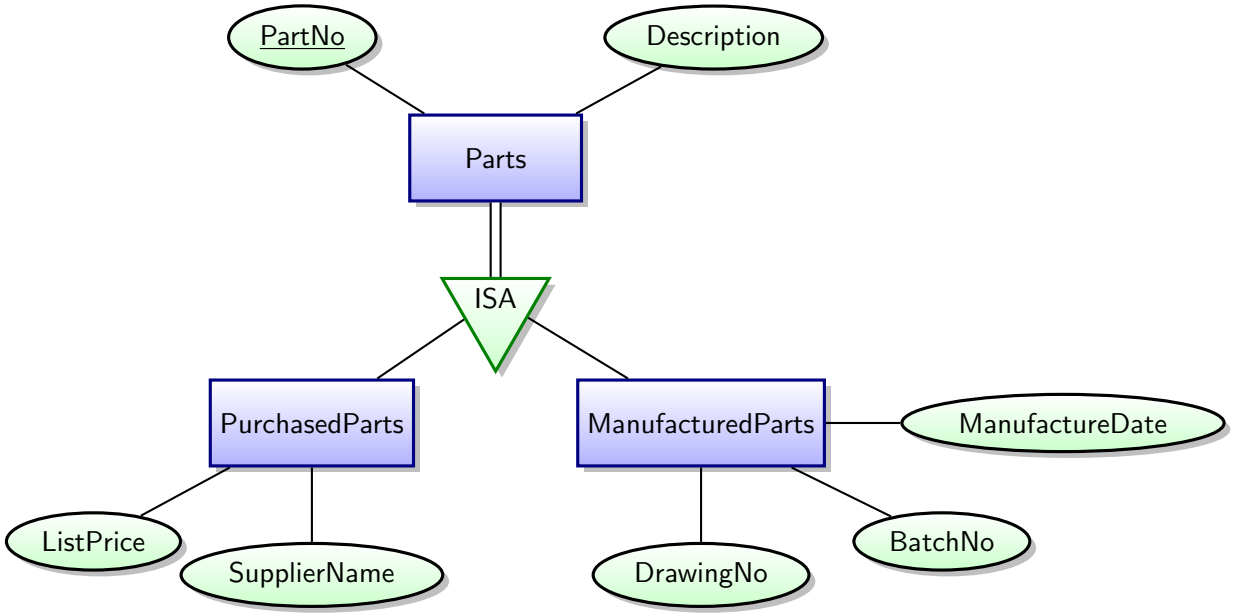
- **Beispiel:** Spezialisierung von Employee




Employee[SSN, FName, MInit, LName, BirthDate, Address, JobType]
Secretary[SSN, TypingSpeed]
Technician[SSN, TGrade]
Engineer[SSN, EngType]

# Integrierte Übung 3.7

- Bilden Sie folgendes ER-Diagramm in Relationen ab.



# Zusammenfassung der Abbildungen

Abbildung zwischen dem ER und dem relationalem Modell

| **ER Modell** | **Relationales Modell** |
|---|---|
| Entitätstyp | Entitätsrelation |
| 1:1 oder 1:N Beziehungstyp | Fremdschlüssel (oder Beziehungsrelation) |
| M:N Beziehungstyp | Beziehungsrelation mit 2 Fremdschlüsseln |
| *n*-wertige Beziehungstyp | Beziehungsrelation mit *n* Fremdschlüsseln |
| (Einfaches) Attribut | Attribut |
| zusammengesetztes Attribut | Menge von einfachen Attributen |
| Mehrwertiges Attribut | Relation mit Fremdschlüssel |
| Schlüsselattribut | Primärschlüssel |
| Spezialisierung | Relation für Ober- und Untertypen |