ETH Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Ecole polytechnique fédérale de Zurich
Politecnico federale di Zurigo
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Prof. H.-J. Schek — *A. Feßler, U. Röhm, H. Schuldt, R. Weber*

Informationssysteme IS-G SS 1997

Übung 12 — Beispiellösung

Aufgabe 1: Funktionalabhängigkeiten

Zeigen Sie, dass jede binäre Relation in BCNF und damit auch in 3NF ist (eine binäre Relation ist eine Relation mit 2 Argumenten).

Grundsätzlich gibt es vier verschiedene binäre Beziehungstypen. Wir beweisen den Satz, indem wir zeigen, dass er für jeden Beziehungstyp gilt. Wir betrachten dazu die binäre Relation R(C,D).

i) **1:1–Beziehung zwischen C und D:** *Damit ergeben sich die Funktionalabhängigkeiten* $C \rightarrow D$ *und* $D \rightarrow C$. *Schlüsselkandidaten sind C und D. Folglich ist die Relation R in BCNF und somit auch in 3NF.*

ii) **1:N–Beziehung zwischen C und D:** *Die Funktionalabhängigkeit lautet in diesem Fall* $D \rightarrow C$; *einziger Schlüsselkandidat ist D. Die Relaion R ist in BCNF und somit auch in 3NF.*

iii) **N:1–Beziehung zwischen C und D:** *Analog zu ii).*

iv) **M:N–Beziehung zwischen C und D:** *Es gibt keine Funktionalabhängigkeiten. Einziger Schlüssel ist CD. Die Relation ist in BCNF und 3NF.*

Da i) bis iv) alle binären Relationen abdecken, folgt, dass alle binären Relationen in BCNF und in 3NF sind. □

Aufgabe 2: Normalformen

Betrachten Sie die folgenden Relationen (Schlüssel unterstrichen)

```
R (A, B, C, D)
S (E, F, G, C, D)
```

und die zusätzlich auf Ihnen definierte Menge der Funktionalabhängigkeiten

```
{ CD ⟶ A, C ⟶ B, GC ⟶ D, G ⟶ E }
```

Überprüfen Sie die nachfolgenden Aussagen auf ihre Richtigkeit und geben Sie eine kurze Begründung für Ihre Antwort.

a) `R` ist in 3NF

Nein,
`R` *ist nicht in 3NF. Aufgrund der Funktionalabhängigkeiten* $\{CD \rightarrow A, C \rightarrow B\}$ *ist es leicht zu sehen, dass die Attributmenge* $\{C,D\}$ *ein Schlüsselkandidat ist. Schlüsselkandidaten der Relation* `R` *sind daher* $\{A\}$ *und* $\{C,D\}$. *Attribut B ist Nichtschlüsselattribut und damit verletzt die Funktionalabhängigkeit* $\{C \rightarrow B\}$ *die 3NF-Bedingung.*

b) `S` ist in BCNF

Ja, `S` *ist in BCNF. Da E Schlüsselkandidat (sogar Primärschlüssel) ist und die Funktionalabhängigkeit* $G \rightarrow E$ *gilt, ist G ein weiterer Schlüsselkandidat für die Relation* `S`. *Die gegebenen Funktionalabhänigkeiten* $F^+ = \{GC \rightarrow D, G \rightarrow E\}$ *erfüllen die BCNF-Bedingung.*

Aufgabe 3: Schlüsselkandidaten, Normalformen

Gegeben sei die Relation

```
R (Institut, Gebäude, Vorsteher, Telefon)
```

mit den Funktionalabhängigkeiten

```
{ Institut ⟶ Vorsteher, Vorsteher ⟶ Telefon }
```

a) Bestimmen Sie alle Schlüsselkandidaten.

Mit dem Algorithmus zur Bestimmung aller Schlüsselkandidaten einer Relation lässt sich leicht herausfinden, dass der einzige Schlüsselkandidat {`Institut`, `Gebäude`} *ist.*

b) In welcher Normalform befindet sich die Relation `R`?

Die Relation ist nicht in 3NF, da die Funktionalabhängigkeit `Vorsteher` ⟶ `Telefon` *die 3NF-Bedingung verletzt. Somit ist die Relation auch nicht in BCNF.*

c) Führen Sie eine BCNF-Zerlegung durch. Bestimmen Sie in jedem Zerlegungsschritt alle Schlüsselkandidaten und die Menge der Funktionalabhängigkeiten für jede der entstandenen Relationen. Prüfen Sie, ob die Zerlegung abhängigkeitsbewahrend ist.

Kurzschreibweise der Relation: $R(\underline{I, G}, V, T)$
Funktionalabhängigkeiten: $F = \{I \rightarrow V, V \rightarrow T\}$
Transitive Hülle von F: $F^+ = \{I \rightarrow V, V \rightarrow T, I \rightarrow T\}$
Schlüsselkandidat: $\underline{I,G}$

- *Eine mögliche Zerlegung:*
  Zerlegungsschritte:
  1. *Zerlegung von R entlang der Funktionalabhängigkeit* $V \rightarrow T$:
     - $R_1(\underline{V}, T)$ *mit* $F_1^+ = \{V \rightarrow T\}$
     - $R_2(\underline{I, G}, V)$ *mit* $F_2^+ = \{I \rightarrow V\}$

2. *Zerlegung von R_2 entlang der Funktionalabhängigkeit $I \longrightarrow V$:*
   - R_{21}*(*$\underline{I}$*, V) mit* $F_{21}^+ = \{I \longrightarrow V\}$
   - R_{22}*(*$\underline{I, G}$*) mit* $F_{22}^+ = \{\}$

   Es gilt: $(F_1^+ \cup F_{21}^+ \cup F_{22}^+)^+ = \{I \longrightarrow V,\ V \longrightarrow T,\ I \longrightarrow T\}$.
   Die Zerlegung ist also abhängigkeitsbewahrend, da $F^+ = (\bigcup_i F_i^+)^+$

- *Eine andere mögliche Zerlegung wäre:*
  Zerlegungsschritte:
  1. *Zerlegung von R entlang der Funktionalabhängigkeit $I \longrightarrow V$:*
     - R_1*(*$\underline{I}$*, V) mit* $F_1^+ = \{I \longrightarrow V\}$
     - R_2*(*$\underline{I, G}$*, T) mit* $F_2^+ = \{I \longrightarrow T\}$
  2. *Zerlegung von R_2 entlang der Funktionalabhängigkeit $I \longrightarrow T$:*
     - R_{21}*(*$\underline{I}$*, T) mit* $F_{21}^+ = \{I \longrightarrow T\}$
     - R_{22}*(*$\underline{I, G}$*) mit* $F_{22}^+ = \{\}$

     Es gilt: $(F_1^+ \cup F_{21}^+ \cup F_{22}^+)^+ = \{I \longrightarrow V,\ I \longrightarrow T\}$
     Diese Zerlegung ist nicht abhängigkeitsbewahrend, da $F^+ \neq (\bigcup_i F_i^+)^+$.
     Die Funktionalabhängigkeit $V \longrightarrow T$ geht beim ersten Zerlegungsschritt verloren.

Aufgabe 4: Relationendekomposition (Probekl. WS94/95, Aufg 5)

Betrachten Sie das folgende Schema einer relationalen Datenbank über alle Bankkonten der Schweiz (welche z.B. für steuerliche Zwecke o.ä. aufgebaut werden könnte):

```
R (Bank, Konto, Direktor, Stand, Typ, Prozent, Zins,
Inhaber, Adresse)
```

Die Attribute von `R` haben die folgende Bedeutung:

`Bank`	Name der Bank
`Konto`	Nummer des Bankkontos
`Direktor`	Name des Direktors der Bank
`Stand`	aktueller Kontostand
`Typ`	Typ des Kontos (z.B. Privatkonto, Sparkonto, Anlagekonto, ...)
`Prozent`	Zinssatz in Prozent
`Zins`	Zinsen für den heutigen Tag (Absolutbetrag in Franken)
`Inhaber`	Name des Kontoinhabers
`Adresse`	Adresse des Kontoinhabers

Folgende Funktionalabhängigkeiten seien spezifiziert:

```
{  Bank          ⟶ Direktor
   Bank Konto    ⟶ Stand Typ Inhaber
   Bank Typ      ⟶ Prozent
   Prozent Stand ⟶ Zins
   Inhaber       ⟶ Adresse }
```

a) Bestimmen Sie alle Schlüsselkandidaten von R.
   Mit dem Algorithmus zur Bestimmung aller Schlüsselkandidaten lässt sich leicht herausfinden, dass der einzige Schlüsselkandidat von `R` $\{B, K\}$ *ist.*

b) Ist `R` in 3NF? Ist `R` in BCNF? Begründen Sie ihre Antwort!
   `R` *ist nicht in 3NF, da z.B. für die Funktionalabhängigkeit $I \longrightarrow A$ weder I den Schlüsselkandidaten enthält noch A ein Schlüsselattribut ist. Da* `R` *nicht in 3NF ist, kann* `R` *auch nicht in BCNF sein.*

c) Falls `R` nicht in BCNF ist, so führen Sie eine verlustfreie Zerlegung durch. Prüfen Sie, in welcher Normalform sich die durch die Zerlegung entstandenen Relationen befinden und zerlegen Sie gegebenenfalls weiter, bis die Ergebnisrelationen in 3NF oder BCNF sind. Sind bei ihrer Zerlegung Abhängigkeiten verloren gegangen?
   Eine mögliche Zerlegung ist:

   1. *Zerlegung entlang der Funktionalabhängigkeit $B \longrightarrow D$:*
      - R_1*(*$\underline{B}$*,D) mit* $F_1 = \{B \longrightarrow D\}$
      - R_2*(*$\underline{B,K}$*,S,T,P,Z,I,A) mit* $F_2 = \{BK \longrightarrow STI,\ BT \longrightarrow P,\ PS \longrightarrow Z,\ I \longrightarrow A\}$
   2. *Zerlegung entlang der Funktionalabhängigkeit $I \longrightarrow A$:*
      - R_{21}*(*$\underline{I}$*,A) mit* $F_{21} = \{I \longrightarrow A\}$
      - R_{22}*(*$\underline{B,K}$*,S,T,P,Z,I) mit* $F_{22} = \{BK \longrightarrow STI,\ BT \longrightarrow P,\ PS \longrightarrow Z\}$
   3. *Zerlegung entlang der Funktionalabhängigkeit $PS \longrightarrow Z$:*
      - R_{221}*(*$\underline{P,S}$*,Z) mit* $F_{221} = \{PS \longrightarrow Z\}$
      - R_{222}*(*$\underline{B,K}$*,S,T,P,I) mit* $F_{222} = \{BK \longrightarrow STI,\ BT \longrightarrow P\}$

   Umbenennung der Relationen, z.B.

R_1	*Bank(*$\underline{Bank}$*, Direktor)*	F_1	$= \{B \longrightarrow D\}$
R_{21}	*KontoInhaber(*$\underline{Inhaber}$*, Adresse)*	F_{21}	$= \{I \longrightarrow A\}$
R_{221}	*Zins(*$\underline{Prozent,\ Stand}$*, Zins)*	F_{221}	$= \{PS \longrightarrow Z\}$
R_{2221}	*Zinssatz(*$\underline{Bank,\ Typ}$*, Prozent)*	F_{2221}	$= \{BT \longrightarrow P\}$
R_{2222}	*Konto(*$\underline{Bank,\ Konto}$*, Stand, Typ, Inhaber)*	F_{2222}	$= \{BK \longrightarrow STI\}$

   Diese Relationen sind alle in BCNF. Die Zerlegungen sind verlustfrei, da nur entlang von Funktionalabhängigkeiten zerlegt wurde. Die Zerlegungen sind abhängigkeitsbewahrend, da $F^+ = (F_1 \cup F_{21} \cup F_{221} \cup F_{2221} \cup F_{2222})^+$ *. Eine Zerlegung z.B. entlang $BK \longrightarrow STI$ wäre nicht abhängigkeitsbewahrend.*

Aufgabe 5: ERM (Klausur WS96/97, Aufg. 3)

Die Firma Vertrieb&Produktion möchte die Verwaltung der Daten aus dem Teilbereich Vertrieb und dem Teilbereich Produktion zusammenlegen und ein gemeinsames Datenmodell verwenden. Folgender Sachverhalt ist gegeben:

In der Abteilung Vertrieb werden Bestellungen von Kunden entgegengenommen. Jeder Kunde hat eine Adresse und besitzt eine Kontonummer. Zu einer Bestellung wird das Datum, der Gesamtpreis und die Liste der Produkte gespeichert. Jedes Produkt wird durch Preis, Gewicht, Länge, Breite und Höhe charakterisiert. Säumige Kunden werden bis zu zweimal gemahnt. Jede Mahnung enthält das Datum, den geschuldeten Betrag und einen Statuseintrag, der zwischen Betreibung, erster und zweiter Mahnung unterscheidet. Ein Kunde kann mehrere Mahnungen erhalten.

Die Abteilung Produktion setzt Einzelteile zu Produkten zusammen. Zu jedem Produkt muss eine Liste mit den Einzelteilen verwaltet werden, wobei jedes Einzelteil mehrfach in einem Produkt vorkommen kann. Für jedes Einzelteil wird der Einkaufspreis und der Lagerbestand erfasst. Die Einkaufskosten eines Produkts setzen sich aus der Summe der Einkaufskosten der darin enthaltenen Einzelteile zusammen. Einkaufskosten und Fertigungsdauer werden ebenfalls in der Datenbank gespeichert.

Ihre Aufgabe ist es, Schritt für Schritt einen Datenbankentwurf für obigen Sachverhalt zu entwickeln.

a) Bestimmen Sie die Entitäten und Beziehungstypen, welche sich aus der Beschreibung ergeben.

Folgende Entitäten können aus dem Text herausgelesen werden:

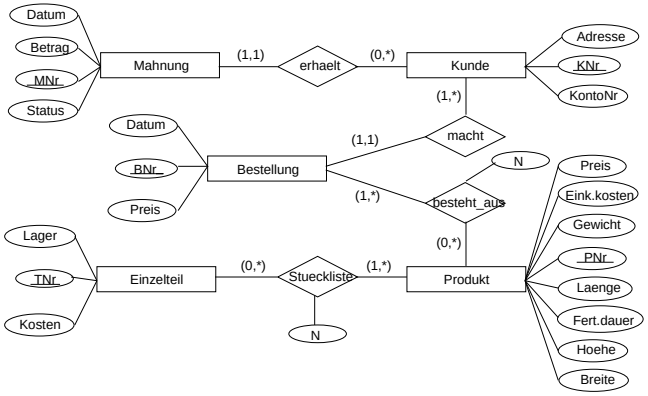
- `Mahnung(Datum,Betrag,Status)`
- `Kunde(Adresse,KontoNr)`
- `Bestellung(Datum,Preis)`
- `Produkt(Preis,EinkKosten,Gewicht,Länge,FertDauer,Höhe,Breite)`
- `Einzelteil(Lager,Kosten)`

Die Beschreibung führt zu folgenden Beziehungen:

- `Kunde-erhält-Mahnung`
- `Kunde-macht-Bestellung`
- `Bestellung-besteht_aus-Produkt`
- `Produkt-besteht_aus-Einzelteil`

Für die beiden Relationen `Produkt-besteht_aus-Einzelteil` *und* `Bestellung-besteht_aus-Produkt` *ist jeweils ein Relationenattribut* `N` *nötig, da ein Einzelteil resp. Produkt mehrfach in einem Produkt resp. Bestellung vorkommen kann.*

b) Modellieren Sie den Sachverhalt mit einem ER–Modell. Führen Sie zusätzliche Schlüsselattribute ein, wo dies notwendig oder hilfreich ist.



c) Welche im Text gegebenen Integritätsbedingungen konnten Sie nicht modellieren?

Die Einkaufskosten des Produktes und der Gesamtpreis der Bestellung müssen mit den Kosten aller Einzelteile resp. aller Bestellposten übereinstimmen. Man könnte zwar auf diese Attribute verzichten und sie durch entsprechende SQL-Anfragen ersetzen, es empfiehlt sich aber die Preise gesondert zu speichern, da sie häufig benötigt werden. Das Mahnungswesen muss mit speziellen Triggern überwacht werden (nur Übergang von z.B. 1. Mahnung zu 2. Mahnung möglich).