



Übung zur Vorlesung *Grundlagen: Datenbanken* im WS21/22

Michael Jungmair, Josef Schmeißer, Moritz Sichert, Lukas Vogel (gdb@in.tum.de)
<https://db.in.tum.de/teaching/ws2122/grundlagen/>

Blatt Nr. 08

Tool zum Üben von funktionalen Abhängigkeiten: <https://normalizer.db.in.tum.de/>.

Hausaufgabe 1

Geben Sie für jede der Normalformen 1NF, 2NF, 3NF, BCNF, 4NF jeweils eine Relation mit FDs an, sodass die Relation in der gewünschten Normalform ist (und in keiner höheren).

Lösung:

Für alle Normalformen betrachten wir die Relation $\mathcal{R} = \{A, B, C, D\}$.

- 1.NF:

FDs:

- $AB \rightarrow C$
- $B \rightarrow D$

Die Relation ist nicht mengenwertig, daher 1. NF. D ist lediglich von B abhängig, der Kandidatenschlüssel ist aber AB , weswegen D nicht voll funktional vom Kandidatenschlüssel abhängig ist, daher keine 2. NF.

- 2. NF:

FDs:

- $AB \rightarrow C$
- $C \rightarrow D$

Jedes Attribut der Relation ist voll funktional abhängig vom Kandidatenschlüssel AB , daher 2.NF. Das Attribut D ist transitiv und nicht direkt vom Kandidatenschlüssel abhängig, darum nicht 3. NF.

- 3. NF:

FDs:

- $BC \rightarrow AD$
- $D \rightarrow C$

Für jede FD gilt entweder, dass sie trivial ist, dass die linke Seite Superschlüssel ist oder dass die rechte Seite in einem Kandidatenschlüssel enthalten ist, daher 3. NF. Bei der BCNF fällt die dritte erlaubte Art von FD weg, daher müssen FDs trivial sein oder ihre linke Seite Superschlüssel. Da die zweite FD des Beispiels dies verletzt, ist die Relation nicht in BCNF und daher genau in 3. NF.

- BCNF:

FDs:

- $AB \rightarrow CD$
- $BC \rightarrow AD$
- $D \twoheadrightarrow C$

BCNF, da die BCNF verletzende FD aus dem Beispiel für 3. NF entfernt wurde. Nicht 4. NF weil eine nicht triviale MVD gilt, deren linke Seite nicht Superschlüssel ist.

- 4. NF

FDs:

- $AB \rightarrow CD$
- $BC \rightarrow AD$

Nach Entfernung der nicht trivialen MVD dann auch 4. NF.

Hausaufgabe 2

Bestimmen Sie alle Kandidatenschlüssel der Relation R . Wenden Sie den Dekompositionsalgorithmus an, um die Relation R in die BCNF zu zerlegen und unterstreichen Sie die Schlüssel der Teilrelationen des Endergebnisses.

$$R : \{[A, B, C, D, E, F]\}$$

FDs:

1. $B \rightarrow DA$
2. $DEF \rightarrow B$
3. $C \rightarrow EA$

Prüfen Sie als erstes, ob FD 1) für die Zerlegung geeignet ist und - falls dies der Fall ist - verwenden Sie diese im ersten Zerlegungsschritt. Für diese Aufgabe ist zu bedenken, dass die oben angegebenen FDs eine Charakterisierung der insgesamt geltenden FDs sind. Die Menge der geltenden FDs ist größer. Wieso? Wie muss dies beim Dekompositionsalgorithmus genutzt werden?

Lösung:

- Dekompositionsalgorithmus:

- Starte mit $Z := \{R\}$.

- R in BCNF? - Nein, $B \rightarrow DA$ verletzt die BCNF.

- * Zerlegung anhand FD $B \rightarrow DA$, da $\{B\}$ kein Superschlüssel:

- $R_1 : \{[A, B, D]\}$ mit den FDs $F_1 = \{B \rightarrow DA\}$,

- $R_2 : \{[B, C, E, F]\}$ mit den FDs $F_2 = \{C \rightarrow E\}$, FD (2) geht verloren und FD (3) geht "teilweise" verloren: wenn $C \rightarrow AE$ gilt, dann gilt auch $C \rightarrow A$ und $C \rightarrow E$ (Dekompositionsregel), aber lediglich $C \rightarrow E$ bleibt erhalten.

- $Z := \{R_1, R_2\}$

- R_1 in BCNF? - Ja.

- R_2 in BCNF? - Nein, $C \rightarrow E$ verletzt die BCNF.

- * Zerlegung anhand FD $C \rightarrow E$, da $\{C\}$ kein Superschlüssel:
 $R_{2.1} : \{[C, E]\}$ mit den FDs $F_{2.1} = \{C \rightarrow E\}$,
 $R_{2.2} : \{[B, C, F]\}$ mit ausschließlich trivialen FDs.
 $Z := \{R_1, R_{2.1}, R_{2.2}\}$

- $R_{2.1}$ in BCNF? - Ja.
- $R_{2.2}$ in BCNF? - Ja.

- Ergebnis:

$$\begin{aligned} R_1 & : \{[A, \underline{B}, D]\} \\ R_{2.1} & : \{[\underline{C}, E]\} \\ R_{2.2} & : \{[\underline{B}, \underline{C}, \underline{F}]\} \end{aligned}$$

Im Allgemeinen ist eine gegebene FD-Menge weder minimal noch vollständig. Die angegebenen FDs enthalten also möglicherweise Redundanzen einerseits und andererseits werden triviale Abhängigkeiten i.d.R. nicht explizit mit angegeben. Bei der Ausführung des Dekompositionsalgorithmus müssen jedoch alle *geltenden* FDs betrachtet werden, die sich mit Hilfe der Axiome von Armstrong herleiten lassen (F^+). So gilt im obigen Beispiel in R_2 die FD $C \rightarrow E$, obwohl diese nicht explizit angegeben war.

Hausaufgabe 3

Gegeben sei die Relation $R : \{[A, B, C]\}$ mit $A \in \{1, 2, 3\}$, $B \in \{x, y, z\}$, $C \in \{7, 8, 9\}$. Außerdem ist die folgende Ausprägung gegeben:

A	B	C
1	x	8
1	y	9

Fügen Sie dieser Ausprägung möglichst wenige Tupel hinzu, sodass **alle** MVDs der Form $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ gelten mit $\alpha \subseteq \{A, B, C\}$, $|\alpha| \geq 1$, $\beta \subseteq \{A, B, C\}$.

Lösung:

Relevant für diese Aufgabe sind die folgenden MVDs:

1. $A \twoheadrightarrow B$
2. $A \twoheadrightarrow C$ (Komplement zu 1.)
3. $B \twoheadrightarrow A$
4. $B \twoheadrightarrow C$ (Komplement zu 3.)
5. $C \twoheadrightarrow A$
6. $C \twoheadrightarrow B$ (Komplement zu 5.)

Alle anderen MVDs der Form $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ (z.B. $AB \twoheadrightarrow C$ oder $A \twoheadrightarrow \emptyset$) sind trivial, d.h. sie gelten immer.

In der Ausprägung wird $A \twoheadrightarrow B$ (und damit auch $A \twoheadrightarrow C$) verletzt. Es müssen die Tupel $(1, x, 9)$ und $(1, y, 8)$ hinzugefügt werden. Dadurch erhält man die folgende Ausprägung:

A	B	C
1	x	8
1	y	9
1	x	9
1	y	8

Da diese Ausprägung für A ausschließlich den Wert 1 enthält, gelten die MVDs $B \twoheadrightarrow A$ und $C \twoheadrightarrow A$ hier bereits. Damit gelten auch die Komplemente $B \twoheadrightarrow C$ und $C \twoheadrightarrow B$.

Hausaufgabe 4

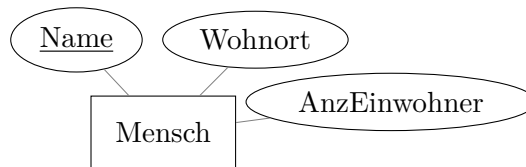
Bewerten Sie die folgende Aussage: Die Modellierung in einem ER-Diagramm führt immer zu Relationen, die mindestens in 4. Normalform sind.

- Unter welchen Voraussetzungen können aus einem ER-Diagramm FDs (oder MVDs) entstehen, die die 4. Normalform (oder eine der niedrigeren) verletzen? Geben Sie ein beispielhaftes ER-Diagramm an, in dem ein Zusammenhang nicht korrekt modelliert wurde.
- Wie hängt die Modellierung von Entitytypen und Relationships zusammen mit der Bestimmung von FDs und MVDs?
- Welche Auswirkung hat die Verfeinerung von Relationen aus dem ER-Modell auf die Normalformen?

Lösung:

- Falls es Zusammenhänge gibt, die im ER-Diagramm nicht modelliert wurden (z.B. Attribute, die eigentlich als eigener Entitytyp modelliert werden sollten), kann das zu Relationen führen, die nicht in 4. Normalform sind.

Beispiel:



Daraus resultiert die folgende Relation:

$$\text{Mensch} : \{[\underline{\text{Name}}, \text{Wohnort}, \text{AnzEinwohner}]\}$$

Für diese gilt offensichtlich die FD $\text{Name} \rightarrow \text{Wohnort}, \text{AnzEinwohner}$. Allerdings gilt hier auch die FD $\text{Wohnort} \rightarrow \text{AnzEinwohner}$. Damit verletzt diese Relation bereits die 3. Normalform.

Wären in dem ER-Diagramm Stadt und Land als eigene Entitytypen modelliert worden, gäbe es insgesamt die folgenden zwei (verfeinerten) Relationen, die jeweils in 4. Normalform sind:

$$\begin{aligned} \text{Mensch} &: \{[\underline{\text{Name}}, \text{Wohnort}]\} \\ \text{Ort} &: \{[\underline{\text{Ortsname}}, \text{AnzEinwohner}]\} \end{aligned}$$

- b) Ein gegebener Zusammenhang, der im ER-Diagramm als Entitytyp oder Relationship modelliert wird, taucht im relationalen Modell immer wieder als FD oder MVD auf. Umgekehrt findet sich jede FD oder MVD im ER-Diagramm als Entitytyp oder Relationship wieder.

Die Modellierung eines ER-Diagramms (im Speziellen die Überlegungen welche Attribute als eigene Entitytypen oder Relationships modelliert werden) ähnelt also dem formalen Vorgehen im Dekompositionsalgorithmus sehr.

Wenn der Dekompositionsalgorithmus auf das Beispiel aus Teilaufgabe a) angewendet wird, erhält man dadurch exakt das selbe Ergebnis als hätte man „Wohnort“ als eigenen Entitytyp modelliert.

- c) Zwei Relationen werden in der Verfeinerung nur genau dann zusammengefasst, wenn sie den selben Schlüssel haben. Gibt es nach der Verfeinerung also eine FD oder MVD, die die 4. Normalform verletzt, muss es diese auch bereits vor der Zusammenfassung gegeben haben und dort bereits ebenfalls die 4. Normalform verletzt haben. Die Verfeinerung hat also keine Auswirkung auf die geltenden Normalformen.