

Datenbanksysteme

Kapitel 7: Relationaler Datenbank-Entwurf – was ist guter Entwurf?

Lehrstuhl für Systeme der Informationsverwaltung, Fakultät für Informatik



Photo by Emily Barney

Relationaler Datenbankentwurf

- Thema dieses Kapitels: Was ist guter Entwurf?
Darstellung anhand des Relationenmodells.

- Gliederung:
 - Funktionale Abhängigkeiten,
 - (Datenbank-)Anomalien,
 - Transformationseigenschaften,
 - Schema-Eigenschaften,
 - Entwurfsverfahren,
 - mehrwertige Abhängigkeiten.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Beispiel

Künstler

KID	KNAME	LAND	JAHR
1012	Neil Young	Kanada	1945
1014	Rammstein	Deutschland	1994
1015	The Ramones	USA	1974
1016	Eric Fish	Deutschland	1969

Titel

TITLE ID	NAME	ART	GRÖSSE	KID
102	Neil Young – Heart of Gold	mp3	2.920kb	1012
103	Rammstein – Ich liebe Neil Young	wma	4.234kb	1014
104	Neil Young – Old Man	mp3	3.161kb	1012
105	Neil Young – Four Strong Winds	wma	5.125kb	1012

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Verbund: Beispiel

- Künstler ⋈ Titel
ergibt

TITLE ID	NAME	ART	GRÖSSE	KID	KNAME	LAND	JAHR
102	Neil Young – Heart of Gold	mp3	2.920kb	1012	Neil Young	Kanada	1945
103	Rammstein – Ich liebe Neil Young	wma	4.234kb	1014	Rammstein	Deutschland	1994
104	Neil Young – Old Man	mp3	3.161kb	1012	Neil Young	Kanada	1945
105	Neil Young – Four Strong Winds	wma	5.125kb	1012	Neil Young	Kanada	1945

- Verbund – deutsches Wort für ‚Join‘.
- Künstler ohne Titel verschwinden: Tupel, die keinen Partner finden (dangling tuples), werden eliminiert.

Universalrelation

- Begrifflichkeit, die weiter hinten gebraucht wird.
- Gegeben Menge von Relationen $R_1, \dots, R_n$,
ist $R = R_1 \bowtie R_2 \dots \bowtie R_n$
die *Universalrelation* von $R_1, \dots, R_n$.
- Beispiel:

PANr	PLZ		PLZ	Ort		Ort	Bundesland

Schema der Universalrelation:

PANr	PLZ	Ort	Bundesland

- Universalschlüssel –
Schlüssel der Universalrelation.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Projektion

- Beispiel: Projektion auf ein Attribut

$\pi[\text{Land}] (\text{Künstler})$

ergibt als Ergebnisrelation

LAND
Kanada
Deutschland
USA

- Doppelte Ergebnistupel eliminiert.
- Ist mengenorientiert
 - insbesondere keine Bezugnahme auf einzelne Tupel in einer Schleife.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Verbund: Beispiel

■ Künstler ⋈ Titel
ergibt

TITLE ID	NAME	ART	GRÖSSE	KID	KNAME	LAND	JAHR
102	Neil Young – Heart of Gold	mp3	2.920kb	1012	Neil Young	Kanada	1945
103	Rammstein – Ich liebe Neil Young	wma	4.234kb	1014	Rammstein	Deutschland	1994
104	Neil Young – Old Man	mp3	3.161kb	1012	Neil Young	Kanada	1945
105	Neil Young – Four Strong Winds	wma	5.125kb	1012	Neil Young	Kanada	1945

- Verbund – deutsches Wort für ‚Join‘.
- Künstler ohne Titel verschwinden: Tupel, die keinen Partner finden (dangling tuples), werden eliminiert.

Redundanzen – Beispiel

■ Relation:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

■ Was wäre bessere Modellierung?

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>
0007	Dr. No	3-125
1201	Objektbanken	3-111

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
3-125	James Bond
3-111	Heuer
3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Funktionale Abhängigkeiten (1)

- Definition: *Funktionale Abhängigkeit einer Relation zwischen Attributmengen X und Y ($X \rightarrow Y$), wenn in jedem Tupel der Relation der Attributwert unter den X -Komponenten den Attributwert unter den Y -Komponenten festlegt.*
- Anschaulicher:
In Relation $R(X,Y)$ ist Y von X funktional abhängig, falls zu jedem Wert von X genau ein Wert von Y gehört.
- Funktionale Abhängigkeit
(kurz: FD, von functional dependency),
Schreibweise: $X \rightarrow Y$
- Sprechweise (von mir hiermit festgelegt):
„ X bestimmt Y .“

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Funktionale Abhängigkeiten (2)

- Im Beispiel auf vorangegangener Folie:
ISBN → Titel, Invnr
- Nicht: ISBN → Autor
- Auch mehrere Attribute auf der linken Seite möglich.
ISBN, Invnr → Titel

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Funktionale Abhängigkeiten (3)

- Funktionale Abhängigkeiten ergeben sich nicht aus dem Datenbestand.
- Festlegung vielmehr apriori (wie beispielsweise auch bei Schlüssel-Eigenschaft), um höheres Maß an Konsistenz zu erreichen.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

FDs enthalten semantische Information (1)

- Festlegung der FDs
Bestandteil des Schemaentwurfs.
- FDs beschreiben Anwendungsszenario genauer
(beinhalten semantische Information).

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

FDs enthalten semantische Information (2)

■ Beispiel:

Vorlesung	Professor	Titel	Jahr	Raum

- Titel → Professor
- Titel, Jahr → Professor
- Professor → Titel
- "Raum einer Vorlesung ändert sich nicht über die Zeit."
- "Raum einer Vorlesung kann sich von Jahr zu Jahr ändern, nicht aber im Laufe des Jahres."

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Funktionale Abhängigkeiten (4)

- Im Folgenden unterschiedliche Notationen mit gleicher Bedeutung (A, B, C Attributmengen):
 - $A \rightarrow B \cup C$
 - $A \rightarrow B C$
- ‚ $A \rightarrow B C$ ‘ also dasselbe wie ‚ $A \rightarrow C B$ ‘.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Funktionale Abhängigkeiten (5)

- Definition: *Funktionale Abhängigkeit einer Relation zwischen Attributmengen X und Y ($X \rightarrow Y$), wenn in jedem Tupel der Relation der Attributwert unter den X -Komponenten den Attributwert unter den Y -Komponenten festlegt.*
- Trivialerweise deshalb: $\text{ISBN} \rightarrow \text{ISBN}$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Schlüssel als Spezialfall

- Schlüssel Spezialfall der funktionalen Abhängigkeit.
- Schlüssel X liegt vor,
wenn für Relationenschema R $FD\ X \rightarrow R$ gilt,
und X minimal.
- Für Beispiel auf folgender Folie
PANr $\rightarrow$ **Vorname, Nachname, PLZ,**
Ort, GebDatum
- Immer: **PANr** $\rightarrow$ **PANr**,
dann gesamtes Schema auf rechter Seite.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Schlüssel im Beispiel

Personen	<u>PANr</u>	Vorname	Nachname	PLZ	Ort	GebDatum
	4711	Andreas	Heuer	18209	DBR	31.10.1958
	5588	Gunter	Saake	39106	MD	05.10.1960
	6834	Michael	Korn	39104	MD	24.09.1974
	8832	Tamara	Jagellovsk	38106	BS	11.11.1973
	9999	Christa	Loeser	69121	HD	10.05.1969

Pers_Telefon	<u>PANr</u>	<u>Telefon</u>
	4711	038203-12230
	4711	0381-498-3401
	5588	0391-345677
	5588	0391-5592-3800
	9999	06221-400177

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Schlüssel vs. FDs

- Kommerzielle DBMSe unterstützen Überprüfung von FDs i. Allg. nicht.
- Schlüssel dagegen schon.
- Überprüfung der Schlüsseleigenschaft mit Indexunterstützung effizient möglich.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

FDs vs. Schlüsselabhängigkeiten

- Ziel des Datenbankentwurfs:
Alle gegebenen funktionalen Abhängigkeiten
in Schlüsselabhängigkeiten umformen,
ohne dabei semantische Informationen zu verlieren
(d. h. zulässige Datenbankinhalte sind die gleichen).

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Lokale Integritätsbedingung – Beispiel

■ r

Name	Alter	Haarfarbe
Andreas	43	blond
Gunter	42	blond
Michael	25	schwarz

■ r'

Name	Alter	Haarfarbe
Andreas	43	blond
Andreas	42	blond
Michael	25	schwarz

■ $r, r' \in \mathbf{REL}(\{\text{Name, Alter, Haarfarbe}\})$

■ bn sei Festlegung, daß Name Schlüssel von R .

■ $bn(r) = \text{true}, bn(r') = \text{false}$

■ $r \in \mathbf{SAT}_{\{\text{Name, Alter, Haarfarbe}\}}(\{bn\}),$
 $r' \notin \mathbf{SAT}_{\{\text{Name, Alter, Haarfarbe}\}}(\{bn\}).$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitbarkeit von FDs (1)

r

A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₂	b ₁	c ₁
a ₃	b ₂	c ₁
a ₄	b ₁	c ₁

PLZ	Stadt	Bundesland

- Es gilt $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow C$.
- Dann gilt auch $A \rightarrow C$.
- Nicht ableitbar $C \rightarrow A$ oder $C \rightarrow B$.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitung von FDs (2)

- Notation im Folgenden:
F Menge von FDs, f einzelne FD.
- Gilt für f über R
 $\text{SAT}_R(F) \subseteq \text{SAT}_R(f)$,
dann *impliziert F die FD f*.
- Abkürzung: $F \models f$ (manchmal auch $F \Rightarrow f$)

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitung von FDs (3)

■ Beispiel:

■ $\text{SAT}_{(\{A,B,C\})}(\{A \rightarrow B, B \rightarrow C\}) \subseteq \text{SAT}_{(\{A,B,C\})}(\{A \rightarrow C\})$

r

A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₂	b ₁	c ₁
a ₃	b ₂	c ₁
a ₄	b ₁	c ₁

r'

A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₂	b ₁	c ₂
a ₃	b ₂	c ₂

■ $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C\} \models A \rightarrow C$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitung von FDs (4)

- Gilt $F \models X \rightarrow X$ (für irgendein F und beliebiges X)?
Ja, denn $\mathbf{SAT}_R(F) \subseteq \mathbf{REL}(R) = \mathbf{SAT}_R(\{X \rightarrow X\})$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitung von FDs (5)

■ Hüllenbildung:

$$F_R^+ := \{f \mid (f \text{ FD über } R) \wedge F \models f\}$$

■ Beispiel:

$$■ F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C\}$$

$$■ A \rightarrow C \in F_{\{A,B,C\}}^+$$

■ Weiteres Beispiel:

$$F = \{PNr \rightarrow PLZ, PLZ \rightarrow Stadt, Stadt \rightarrow Land\}$$

$$F_R^+ = ?$$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitungsregeln (1)

- Ziel im folgenden: Berechnung der Hülle.
- Formulierung von Ableitungsregeln, die Implikation simulieren.
- Konkrete Regeln:

Name	Regel
R <i>Reflexivität</i>	$\{ \} \Rightarrow X \rightarrow X$
A <i>Akkumulation</i>	$\{X \rightarrow YZ, Z \rightarrow VW\} \Rightarrow X \rightarrow YZV$
P <i>Projektivität</i>	$\{X \rightarrow YZ\} \Rightarrow X \rightarrow Y$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitungsregeln (2)

■ Illustration Projektivität

$$\{X \rightarrow YZ\} \Rightarrow X \rightarrow Y$$

ISBN $\rightarrow$ Autor Verlag

$\Rightarrow$ ISBN $\rightarrow$ Autor.

■ Illustrationen Akkumulation

$$\{X \rightarrow YZ, Z \rightarrow VW\} \Rightarrow X \rightarrow YZV$$

■ {ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor, Autor $\rightarrow$ Straße Ort} V W

$\Rightarrow$ ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor Straße

■ {ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor, Autor $\rightarrow$ Straße Ort} V

$\Rightarrow$ ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor Straße Ort

■ {ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor, Autor $\rightarrow$ Straße Ort} W

$\Rightarrow$ ISBN $\rightarrow$ Verlag Autor

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitungsregeln (3)

- Akkumulation $\{X \rightarrow YZ, Z \rightarrow VW\} \Rightarrow X \rightarrow YZV$
- Akkumulation Verallgemeinerung z. B. von $\{X \rightarrow Z, Z \rightarrow V\} \Rightarrow X \rightarrow ZV$
- Warum ist Akkumulation ‚besser‘ als $\{X \rightarrow YZ, Z \rightarrow VW\} \Rightarrow X \rightarrow YZVW$?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Ableitungsregeln (4)

- Wünschenswerte Eigenschaften.
RAP-Regeln haben diese Eigenschaften:
 - *gültig* (sound),
 - *vollständig* (complete),
 - *unabhängig* (independent)
oder auch bezüglich $\subseteq$ minimal.
(Keine Ableitungsregel kann weggelassen werden,
ohne Vollständigkeit zu verletzen.)
- I. Allg. will man in Wirklichkeit nicht die gesamte Hülle berechnen, RAP-Regeln sind aber dennoch nützlich.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Membership-Problem (1)

- Kann eine bestimmte FD $X \rightarrow Y$ aus der vorgegebenen Menge F abgeleitet werden, d. h. wird sie von F impliziert?
- Membership-Problem: „ $X \rightarrow Y \in F^+ ?$ “
- Naives Vorgehen:
 F^+ erzeugen; dann prüfen, ob $X \rightarrow Y \in F^+$.
- Im folgenden effizienteres Vorgehen.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Membership-Problem (1)

- *Hülle einer Attributmenge* X bezüglich F
ist $X_F^* := \{A \mid X \rightarrow A \in F^+\}$.
- A ist einzelnes Attribut. (X kann Menge sein.)
- Illustration:
 $F = \{\text{PNr} \rightarrow \text{PLZ}, \text{PLZ} \rightarrow \text{Stadt}, \text{Stadt} \rightarrow \text{Land}\}$
 - $\{\text{Stadt}\}_F^* = \{\text{Stadt}, \text{Land}\}$
 - $\{\text{PLZ}\}_F^* = \{\text{PLZ}, \text{Stadt}, \text{Land}\}$
 - $\{\text{PLZ}, \text{Stadt}\}_F^* = \{\text{PLZ}, \text{Stadt}, \text{Land}\}$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Membership-Problem (2)

- Das Membership-Problem „ $X \rightarrow Y \in F^+ ?$ “
kann nun durch das modifizierte Problem
Membership-Problem (2): „ $Y \subseteq X_F^* ?$ “
(„Ist Y in der Hülle von X bezüglich F ?“)
in linearer Zeit (linear in der Anzahl Attribute)
gelöst werden.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

RAP-Algorithmus (1)

- Ziel: Lösung des Membership-Problems:
„ $X \rightarrow Y \in F^+ ?$ “

- Regeln:

Abk.	Name	Regel
R	Reflexivität	$\{\} \Rightarrow X \rightarrow X$
A	Akkumulation	$\{X \rightarrow YZ, Z \rightarrow VW\} \Rightarrow X \rightarrow YZV$
P	Projektivität	$\{X \rightarrow YZ\} \Rightarrow X \rightarrow Y$

- Abarbeitung der Regeln in Reihenfolge R, A, P.
- $F = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C\}$. Gilt $A \rightarrow C \in F^+ ?$
- Zwischenergebnis: $A \rightarrow A, A \rightarrow AB, A \rightarrow ABC$

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

RAP-Algorithmus (2)

- Ziel: Lösung des Membership-Problems:
„ $X \rightarrow Y \in F^+ ?$ “
- Algorithmus:
 1. Bestimme X , setze $X^* := X$
(R-Regel für X).
 2. Gibt es FD $f_1 := X_1 \rightarrow Y_1 \in F$ mit $X_1 \subseteq X^*$?
 3. Wenn ja, dann wird X^*
gemäß $X^* := X^* \cup Y_1$ vergrößert (A-Regel).
 4. Führe Schritt 2 und 3 so lange aus,
bis X^* stabil (Hülle).
 5. Ist $Y \subseteq X^*$, dann ist $X \rightarrow Y \in F^+$. (P-Regel)

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Überdeckungen

- F heißt *äquivalent* zu G
oder ‚F *Überdeckung* von G‘ (kurz: $F \equiv G$)
falls $F^+ = G^+$.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Diskussion

- Zusammenfassung des bisher Gesagten:
 - Hülle einer Menge F von FDs
 - welche FDs impliziert F ?
 - Wie überprüft man, ob bestimmte FD in der Hülle enthalten?
- Warum diese Überlegungen?
 - Wichtig für Schema-Umformungen zur Vermeidung der Redundanzen.
 - Wurde hier noch nicht angesprochen, kommt aber.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss



Photo by Bruno Parmentier

Bücher-Relation mit Redundanzen (1)

■ Relation:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

■ Was wäre bessere Modellierung?

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>
0007	Dr. No	3-125
1201	Objektbanken	3-111

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
3-125	James Bond
3-111	Heuer
3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Bücher-Relation mit Redundanzen (2)

- Redundanzen in Basisrelationen unerwünscht:
 - Belegen unnötigen Speicherplatz (eher unwichtig),
 - Information redundant.
 - Widersprüchliche Eingaben für identische Informationen möglich.
 - Änderung muss diese Information parallel in allen ihren Vorkommen verändern;
in relationalen Systemen nur schwer realisierbar.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Updateanomalie

Vorlesung	VNr	Bez	PANr	Name	Büro
	123	Datenbanksysteme	321	Böhm	367
	456	Datenhaltung in der Cloud	321	Böhm	367
	789	Workflow-Management	432	Mülle	370

- Beispiel: Büro von Böhm ändert sich.
- Ändern mehrerer Einträge erforderlich.
 - Aufwendig,
 - fehleranfällig.
- Wie lässt es sich vermeiden?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Einfügeanomalie

Vorlesung	VNr	Bez	PANr	Name	Büro
	123	Datenbanksysteme	321	Böhm	367
	456	Datenhaltung in der Cloud	321	Böhm	367
	789	Workflow-Management	432	Mülle	370

- Beispiel: Neuer Dozent, ohne Vorlesung.
- Null-Werte.
- Was ist, wenn VNr Schlüssel unserer Relation?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Löschanomalie

Vorlesung	VNr	Bez	PANr	Name	Büro
	123	Datenbanksysteme	321	Böhm	367
	456	Datenhaltung in der Cloud	321	Böhm	367
	789	Workflow-Management	432	Mülle	370

- Beispiel: Mülle hält Vorlesung
Workflow-Management nicht mehr.
- Löschen des Tupels
→ ‚Mülle-Information‘ geht verloren.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Z

Bücher-Daten – unterschiedliche Darstellungen

■ Relation:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
0007	Dr. No	3-125	James Bond
1201	Objektbanken	3-111	Heuer
1201	Objektbanken	3-111	Scholl

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

■ Alternative Modellierung:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>
0007	Dr. No	3-125
1201	Objektbanken	3-111

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>
3-125	James Bond
3-111	Heuer
3-111	Scholl

■ Basisrelation vs. Anwendungsdaten (Beispiel: „InvNr 007 zusammen mit James Bond.“)

Abhängigkeitstreue – einleitendes Beispiel

■ Relation:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>

■ Alternative Modellierung:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>

■ Keine echte Alternative, da nicht äquivalent:

Invnr	Titel	<u>ISBN</u>

<u>ISBN</u>	<u>Autor</u>

Kein
Schlüssel
mehr!

■ Warum nicht äquivalent? Was ist das Problem?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Abhängigkeitstreue

- Hier speziell: Menge der FDs äquivalent zur Menge der Schlüsselabhängigkeiten.
D. h. ohne semantische Information zu verlieren.
- Was sind die FDs im vorangegangenen Beispiel?
- Allgemeiner:
Menge der erfassten Abhängigkeiten äquivalent zur Menge der im System darstellbaren Abhängigkeiten (etwa Schlüssel und Fremdschlüssel);
Schlüsseleigenschaft vom DBMS leicht abprüfbar.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Abhängigkeitstreue formal

- Sei $S = \{(R_1, K_1), \dots, (R_p, K_p)\}$
lokal erweitertes Datenbankschema.
- Sei F Menge von Abhängigkeiten.
- S charakterisiert vollständig F
(oder: ist *abhängigkeitstreu* bezüglich F)
genau dann, wenn
 $F \equiv \{K \rightarrow R_i \mid (R_i, K_i) \in S, K \in K_i\}$.
- Welches Schema des vorangegangenen Beispiels ist
abhängigkeitstreu, bezogen auf das Ausgangsschema?

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Verbundtreue (1)

- Originalrelation soll aus zerlegten Relationen mit natürlichem Verbund zurückgewonnen werden können.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Beispielrelationen zur Verbundtreue (1)

Originalrelation:

FDs: $A \rightarrow B$, $C \rightarrow B$

A	B	C
1	2	3
4	2	5

Dekomposition:

abhängigkeitstreu!

Warum?

<u>A</u>	B	B	<u>C</u>
1	2	2	3
4	2	2	5

Verbund (nicht verbundtreu):

A	B	C
1	2	3
4	2	5
1	2	5
4	2	3

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Beispielrelationen zur Verbundtreue (2)

- Originalrelation:
FDs: $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$

A	B	C
1	2	3
4	2	3

- Dekomposition:

<u>A</u>	B
1	2
4	2

<u>B</u>	C
2	3

- Verbund (verbundtreu):

A	B	C
1	2	3
4	2	3

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Verbundtreue (2)

- Verbundtreue ist Eigenschaft des Schemas, der FDs und der Zerlegung.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Verbundtreue formal

■ *Definition:*

Dekomposition einer Attributmenge X in $X_1, \dots, X_p$

$$\text{mit } X = \bigcup_{i=1}^p X_i$$

heißt *verbundtreu* ($\bowtie$ -*treu*, *lossless*)

bezüglich einer Menge von Abhängigkeiten G über X

genau dann, wenn $\forall r \in \mathbf{SAT}_X(G): \pi_{X_1}(r) \bowtie \dots \bowtie \pi_{X_p}(r) = r$ gilt.

■ Verbundtreue ist Eigenschaft des Schemas,
der FDs und der Zerlegung.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Kriterien für Verbundtreue (1)

■ Einfaches Kriterium für zwei Relationenschemata:

Dekomposition von X in X_1 und X_2
ist verbundtreu bezüglich F ,
wenn $X_1 \cap X_2 \rightarrow X_1 \in F^+$ oder $X_1 \cap X_2 \rightarrow X_2 \in F^+$.

■ Illustration (Beweis auf folgender Folie):

Originalrelation:

FDs: $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$

A	B	C
1	2	3
4	2	3

Dekomposition:

<u>A</u>	B
1	2
4	2

<u>B</u>	C
2	3

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Kriterien für Verbundtreue (2)

■ *Einfaches Kriterium für zwei Relationenschemata:*

Dekomposition von X in X_1 und X_2
ist verbundtreu bezüglich F ,
wenn $X_1 \cap X_2 \rightarrow X_1 \in F^+$ oder $X_1 \cap X_2 \rightarrow X_2 \in F^+$.

■ Beweis:

- Beweis durch Widerspruch – zu zeigen:
Wenn nicht verbundtreu, dann gilt keine jener FDs.
- O.B.d.A. ABC aufspalten in AB, BC. Nach Join Tupel abc,
der nicht in Ausgangsrelation war.
In Ausgangsrelation waren also abc' sowie a'bc.
D. h. keine jener FDs gilt.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Kriterien für Verbundtreue (3)

■ Allgemeineres Kriterium:

- G Menge funktionaler Abhängigkeiten.
- Dekomposition von X in $X_1, \dots, X_p$ ist abhängigkeittreu.

$$\exists i \in \{1, \dots, p\}: X_i \rightarrow X \in G^+$$

$\Rightarrow$ Die Dekomposition von X in $X_1, \dots, X_p$ ist verbundtreu bezüglich G.

- Minimale Teilmenge von X: *Universalschlüssel*, da es gesamte Menge X funktional bestimmt.
- Kriterium anschaulich:
Eine Relation muss Universalschlüssel enthalten.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Kriterien für Verbundtreue (4)

- Beispiel erster Fall ($F = \{A \rightarrow B, C \rightarrow B\}$):
AC der einzige Universalschlüssel,
in keinem Relationenschema enthalten.
- Beispiel zweiter Fall ($F' = \{A \rightarrow B, B \rightarrow C\}$):
Universalschlüssel A.

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss

Transformationseigenschaften

Transformationseigenschaft	Kurzcharakteristik
Abhängigkeitstreue	alle gegebenen Abhängigkeiten sind durch Schlüssel repräsentiert
Verbundtreue	die Originalrelationen können durch Verbund der Basisrelationen wiedergewonnen werden

Einleitung

FDs

FDs –
Ableitung

Anomalien

Transform.-
Eigenschaft.

Schema-
eigenschaft.

Entwurfs-
verfahren

Weitere
Abh.keiten

Schluss