Grundlagen: Datenbanken

3. Zentralübung / Fragestunde

Linnea Passing Harald Lang

gdb@in.tum.de

Diese Folien finden Sie online.

Die Mitschrift stellen wir im Anschluss online.

Agenda

- Hinweise zur Klausur
- Stoffübersicht/-Diskussion
- Wiederholung: MVDs / 4. Normalform
- Übung
  - Höchste Normalform bestimmen
  - Dekompositionsalgorithmus
  - Logische Optimierung
  - Erweiterbares Hashing

Hinweise zur Klausur

Termine

- 1. Klausurtermin
  - Mi. 24.02.2016, 10:30 Uhr
- 2. Klausurtermin
  - noch nicht bekannt. Prüfungsperiode vom 28.03. - 16.04.2016.
    (Anmeldung von 07.03 - 21.03.2016)
- **Raumbekanntgabe**, jeweils (spätestens) eine Woche vorher!
  (via TUMonline sowie auf der Homepage)

Verschiedenes

- 90 Minuten / 90 Punkte
- Sitzplatzvergabe (Aushang: $MatrNr \mapsto Sitzplatz$, KEINE Namensnennung)
- Betrugsfälle
- Notenbekanntgabe (via TUMonline)
- Einsichtnahme (Instruktionen auf der Homepage, nach Notenbekanntgabe)
- Bonus: Gilt für beide Klausuren.

Stoffübersicht (1)

Datenbankentwurf / **ER-Modellierung**

- ER-Diagramme, Funktionalitäten, Min-Max, Übersetzung ER $\leftrightarrow$ Relational, Schemavereinfachung/-verfeinerung

Das Relational Modell

- Stichworte: Schema, Instanz/Ausprägung, Tupel, Attribute,...
- **Anfragesprachen**
  - **Relationale Algebra**
    - RA-Operatoren: Projektion, Selektion, Join (Theta, Natural, Outer, Semi, Anti), Kreuzprodukt, Mengendifferenz/-vereinigung/-schnitt, Division
  - **Tupelkalkül**, Domänenkalkül

Stoffübersicht (2)

SQL 1/3 Keine Rekursion

- ...

Relationale Entwurfstheorie

- Definitionen:
  - Funktionale Abhängigkeiten (FDs), Armstrong-Axiome (+Regeln), FD-Hülle, Kanonische Überdeckung, Attribut-Hülle, Kandidaten-/Superschlüssel, Mehrwertige Abhängigkeiten (MVDs), Komplementregel, Triviale FDs/MVDs,...
- **Normalformen***: 1., 2., 3.NF, BCNF und 4. NF
- Zerlegung von Relationen
  - in 3.NF mit dem **Synthesealgorithmus**
  - in BCNF*/4.NF (zwei Varianten des **Dekompositionsalgorithmus**)
  - Stichworte: Verlustlos, Abhängigkeitsbewahrend

*** Es folgt noch eine Übungsaufgabe dazu.**

Stoffübersicht (3)

- Physische Datenorganisation
  - Speicherhierarchie
  - HDD/**RAID**
  - TID-Konzept
  - **Indexstrukturen (Bäume, Hashing*)**

- Anfragebearbeitung
  - **Kanonische Übersetzung*** (SQL $\rightarrow$ Relationale Algebra)
  - Logische **Optimierung*** (in relationaler Algebra)
    - Frühzeitige Selektion, Kreuzprodukte durch Joins ersetzen, Joinreihenfolge
  - Implementierung relationaler Operatoren
    - ...
    - **Nested-Loop-Join**
    - **Sort-Merge-Join**
    - Hash-Join
    - Index-Join

*** Es folgt noch eine Übungsaufgabe dazu.**

Stoffübersicht (4)

- Transaktionsverwaltung
  - BOT, read, write, commit, abort
  - Rollback (R1-Recovery)
  - ACID-Eigenschaften
- Fehlerbehandlung (Recovery)
  - Fehlerklassifikation (R1 - R4)
  - Protokollierung: Redo/Undo, physisch/logisch, Before/After-Image, WAL, LSN
  - Pufferverwaltung: Seite, FIX, Ersetzungsstrategie steal/¬steal, Einbringstrategie force/¬force
  - Wiederanlauf nach Fehler, Fehlertoleranz des Wiederanlaufs, Sicherungspunkte
- Mehrbenutzersynchronisation
  - Formale Definition einer Transaktion (TA)
  - Historien (Schedules)
    - Konfliktoperationen, (Konflikt-)Äquivalenz, Eigenschaften von Historien
  - Datenbank-Scheduler
    - pessimistisch (sperrbasiert, zeitstempelbasiert), optimistisch

Relationale Entwurfstheorie

Normalformen: 1NF ⊃ 2NF ⊃ 3NF ⊃ BCNF ⊃ 4NF

$R = \{ x, \{y, z\} \}$

- **1. NF**: Attribute haben nur atomare Werte, sind also nicht mengenwertig.
- **2. NF**: Jedes Nichtschlüsselattribut (NSA) ist voll funktional abhängig von jedem Kandidatenschlüssel.
  - β hängt **voll funktional** von α ab ($\alpha \overset{\bullet}{\rightarrow} \beta$), gdw. $\alpha \rightarrow \beta$ und es existiert kein $\alpha' \subset \alpha$, so dass $\alpha' \rightarrow \beta$ gilt.
- **3. NF**: Frei von transitiven Abhängigkeiten (*in denen NSAe über andere NSAe vom Schlüssel abhängen*).
  - für alle geltenden nicht-trivialen FDs $\alpha \rightarrow \beta$ gilt entweder
    - α ist ein Superschlüssel, oder
    - jedes Attribut in β ist in einem Kandidatenschlüssel enthalten
- **BCNF**: Die linken Seiten (α) aller geltenden nicht-trivialen FDs sind Superschlüssel.
- **4. NF**: Die linken Seiten (α) aller geltenden nicht-trivialen MVDs sind Superschlüssel.

Mehrwertige Abhängigkeiten

multivalued dependencies (MVDs)

"Halb-formal":

- Seien α und β disjunkte Teilmengen von $\mathcal{R}$
- und $\gamma = (\mathcal{R} \backslash \alpha) \backslash \beta$
- dann ist β mehrwertig abhängig von α ($\alpha \twoheadrightarrow \beta$), wenn in jeder gültigen Ausprägung von $\mathcal{R}$ gilt:
- Bei zwei Tupeln mit gleichem α-Wert kann man die β-Werte vertauschen, und die resultierenden Tupel müssen auch in der Relation enthalten sein.

Wichtige Eigenschaften:

- Jede FD ist auch eine MVD (gilt i.A. nicht umgekehrt)
- wenn $\alpha \twoheadrightarrow \beta$, dann gilt auch $\alpha \twoheadrightarrow \gamma$ (Komplementregel)
- $\alpha \twoheadrightarrow \beta$ ist trivial, wenn $\beta \subseteq \alpha$ ODER $\alpha \cup \beta = \mathcal{R}$ (also $\gamma = \emptyset$)

Beispiel: Mehrwertige Abhängigkeiten

Beispiel: $R = \{\text{Professor}, \text{Vorlesung}, \text{Assistent}\}$

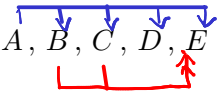
ProfessorIn	Vorlesung	AssistentIn
K	GDB	Linnea
K	WebDB	Linnea
K	GDB	Harald
K	WebDB	Harald
K	E.R DB	L
K	"	H

1 x Assi → 2 Tupel

1 x VL → 2 Tupel

Übung: Höchste NF bestimmen

$\mathcal{R} = \{ A, B, C, D, E \}$



$K = \{A\}$

$A \twoheadrightarrow BCDE$

$BC \twoheadrightarrow E$

$E \notin BC$

$BC \cup E \neq R$

- ○ 1. NF ✓
- ○ 2. NF ✓
- ○ 3. NF ✓
- ○ BCNF ✓
- ○ 4. NF ✗
- ○ keine der angegebenen

Schema in BCNF überführen

BCNF-Dekompositionsalgorithmus (nicht abhängigkeitsbewahrend)

- Starte mit $Z = \{\mathcal{R}\}$
- Solange es noch ein $\mathcal{R}_i \in Z$ gibt, das nicht in BCNF ist:
  - Finde eine FD $(\alpha \to \beta) \in F^+$ mit
    - $\alpha \cup \beta \subseteq \mathcal{R}_i$ (FD muss in $\mathcal{R}_i$ gelten)
    - $\alpha \cap \beta = \emptyset$ (linke und rechte Seite sind disjunkt)
    - $\alpha \to \mathcal{R}_i \notin F^+$ (linke Seite ist kein Superschlüssel)

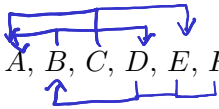
    not BCNF
  - Zerlege $\mathcal{R}_i$ in $\mathcal{R}_{i.1} := \alpha \cup \beta$ und $\mathcal{R}_{i.2} := \mathcal{R}_i - \beta$
  - Entferne $\mathcal{R}_i$ aus Z und füge $\mathcal{R}_{i.1}$ und $\mathcal{R}_{i.2}$ ein, also $Z := (Z - \{\mathcal{R}_i\}) \cup \{\mathcal{R}_{i.1}\} \cup \{\mathcal{R}_{i.2}\}$

Schema in 4.NF überführen

4NF-Dekompositionsalgorithmus (nicht abhängigkeitsbewahrend)

- Starte mit $Z = \{\mathcal{R}\}$
- Solange es noch ein $\mathcal{R}_i \in Z$ gibt, das nicht in 4NF ist:
  - Finde eine MVD $\alpha \twoheadrightarrow \beta \in \mathcal{F}^+$ mit
    - $\alpha \cup \beta \subset \mathcal{R}_i$ (FD muss in $\mathcal{R}_i$ gelten)
    - $\alpha \cap \beta = \emptyset$ (linke und rechte Seite sind disjunkt)
    - $\alpha \rightarrow \mathcal{R}_i \notin \mathcal{F}^+$ (linke Seite ist kein Superschlüssel)
  - Zerlege $\mathcal{R}_i$ in $\mathcal{R}_{i.1} := \alpha \cup \beta$ und $\mathcal{R}_{i.2} := \mathcal{R}_i - \beta$
  - Entferne $\mathcal{R}_i$ aus Z und füge $\mathcal{R}_{i.1}$ und $\mathcal{R}_{i.2}$ ein, also $Z := (Z - \{\mathcal{R}_i\}) \cup \{\mathcal{R}_{i.1}\} \cup \{\mathcal{R}_{i.2}\}$

Übung: BCNF-Dekompositionsalgorithmus



$\mathcal{R} = \{A, B, C, D, E, F\}, F_{\mathcal{R}} = \{B \to AD, DEF \to B, C \to AE\}$

1.

C → A
C → E 3b

K = { {C F D}, {C F B} }

Zerlegung anhand (1.)

R_1 = {A B D} in BCNF

R_2 = {B C E F}

Zerlegung von R_2 anhand (3b)

R_{2a} = {C E} in BCNF

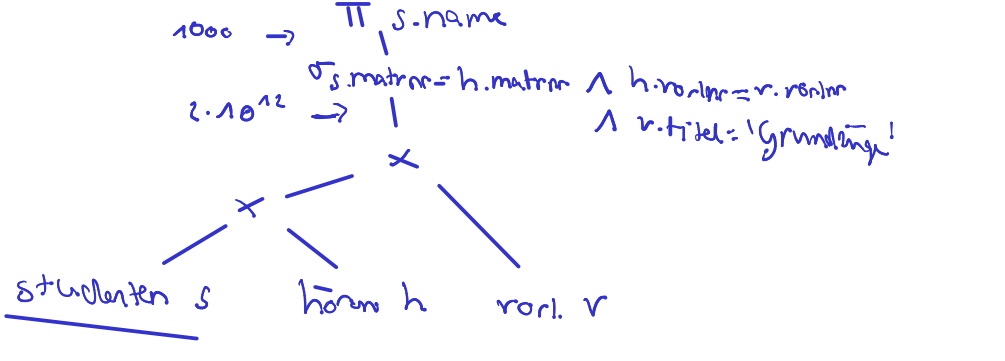
R_{2b} = {C B F} in BCNF

Anfragebearbeitung/-optimierung

Übung: Anfrageoptimierung

Geben Sie die kanonische Übersetzung der folgenden SQL-Anfrage an und optimieren Sie diese logisch:

```
SELECT DISTINCT s.name
  FROM studenten s, hören h, vorlesungen v
 WHERE s.matrnr = h.matrnr
   AND h.vorlnr = v.vorlnr
   AND v.titel = 'Grundzüge'
```



Übung: Anfrageoptimierung (2)

Angenommen

- $|s| = 10000$
- $|h| = 20 * |s| = 200000$
- $|v| = 1000$
- 10% der Studenten haben 'Grundzüge' gehört

Dann ergeben sich

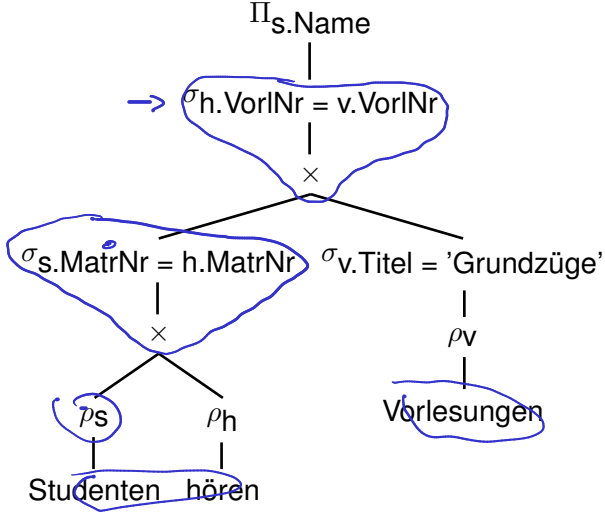
- $|s \times h \times v| = 10000 \cdot 20 \cdot 10000 \cdot 1000 = 2 \cdot 10^{12}$

Nach der Selektion verbleiben noch

- $|\sigma_p(s \times h \times v)| = 0,1 \cdot |s| = 1000$

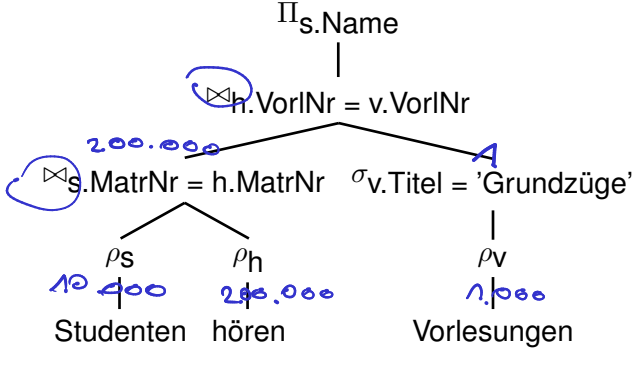
Übung: Anfrageoptimierung (3)

Optimierung 1: Selektionen frühzeitig ausführen (*push selections*):



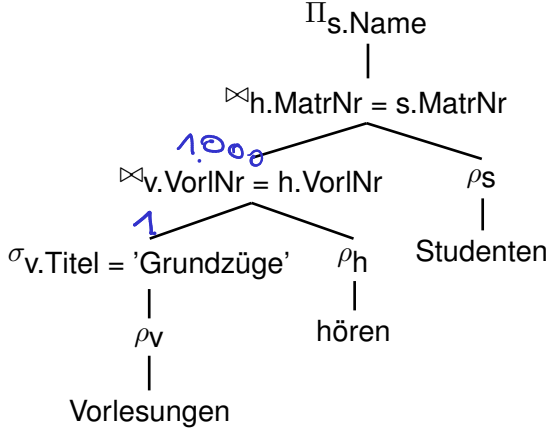
Übung: Anfrageoptimierung (4)

Optimierung 2: Kreuzprodukte durch Joins ersetzen (*introduce joins*):



Übung: Anfrageoptimierung (5)

Optimierung 3: Joinreihenfolge optimieren (*join order optimization*), so dass die Zwischenergebnismengen möglichst klein sind:



Erweiterbares Hashing

Erweiterbares Hashing

Hashfunktion ***h*: *S*** → ***B***

Schlüssel — Bucket

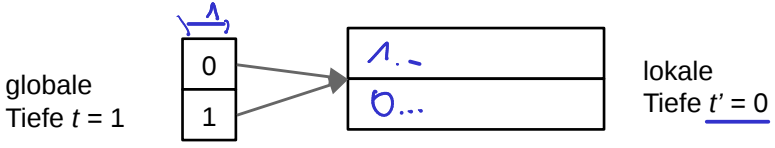
wir betrachten die **Binärdarstellung** des Hashwerts

h(x) = *dp*

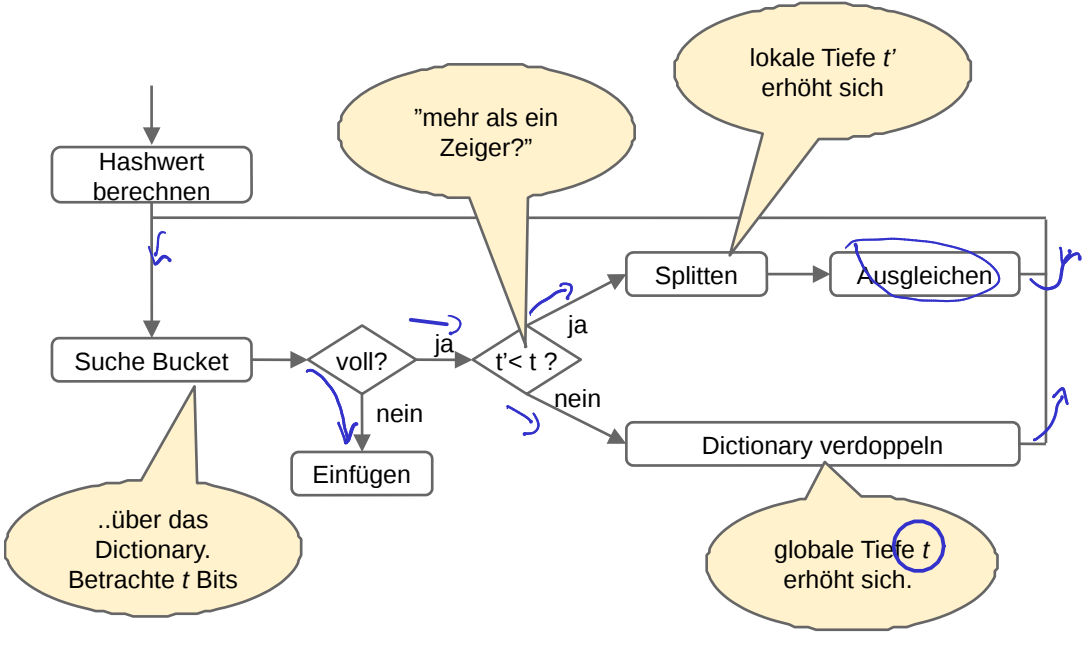
unbenutzte Bits

Anzahl betrachteter Bits
= globale Tiefe des Dictionaries

t

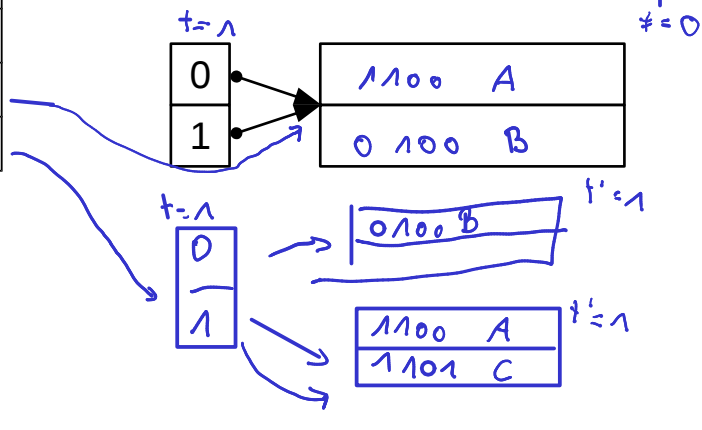


Erweiterbares Hashing / Einfügen



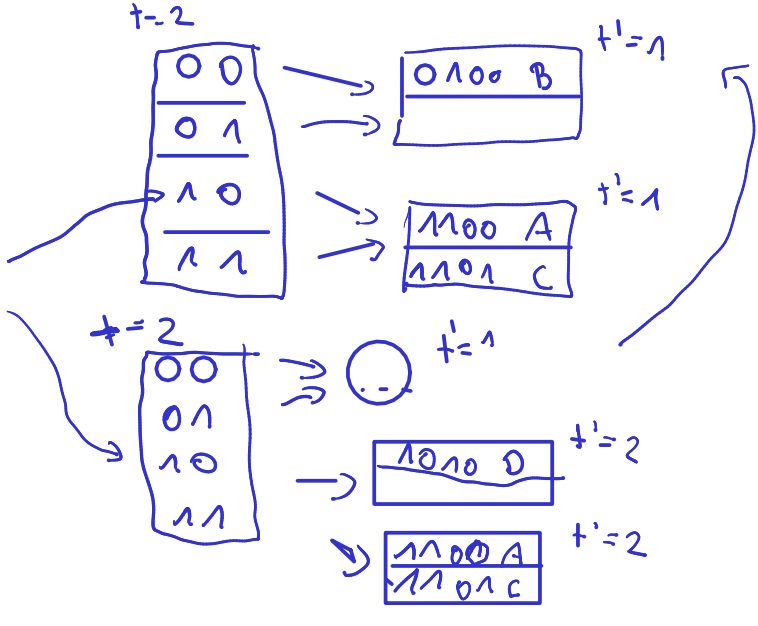
Übung: Erweiterbares Hashing / Einfügen

x	*h(x)*
A	1100
B	0100
C	1101
D	1010



Übung: Erweiterbares Hashing / Einfügen

x	*h(x)*
A	1100
B	0100
C	1101
D	1010



Erweiterbares Hashing / Lösung

x	*h(x)*
A	1100
B	0100
C	1101
D	1010

d *p*