Grundlagen

1. Hans
2. Peter

Aufbau Applikation -> DBMS(Datenbank-Management-System) -> Datenbanken

Persistenz: nicht-flüchtig gespeichert nach Transaktionsende

Konsistenz: Widerspruchsfrei, durch Integritätsregeln

Redundanz: Mehrfaches vorkommen von Daten => Lösen durch Normalisierung

Isolation: Keine Beieinflussung von Nutzern untereinander

Semantische Integrität: korrekt aus Fachsicht

Operationale Integrität: konsistenz / Integrität während Systembetrieb erhalten

ACID: Atomicity, Consistency,Isolation,Durability; Gegenpart bei Verteilten: BASE

Datenmodell: definiert Operatoren und Objekte (relational, netzwerk,xml,...)

Logisches Schema: Struktur der Daten

Physisches Schema: Indizes etc,

Entity Integrity: eindeutigkeit der PKs

Referentielle Integrität: Datensätze erst löschen, wenn nicht mehr referenziert

Domänen Integrität: Werte atomar, liegen in Definierten Wertebereichen (CHECK)

Surrogat-Schlüssel: künstlicher Primärschlüssel (id)

CAP-Theorem: Konsistenz, Verfügbarkeit, Toleranz gegen Netzausfall: nur 2 von 3 möglich

3Schichten-Modell:

Externe Ebene(Views)
Logische Ebene(Schema)
Interne Ebene (Indizes)

Physische Datenunabhänigkeit: Anwendung unabhängig von Interner Ebene

Logische Datenunabhängigkeit: Anwendung fast unabhängig von Logischer Ebene

Umsetzung von Vererbung

Single Table alles in einer Tabelle, die Kind-Attribute sind ggf. NULL

Vorteile: Redundanzfrei, keine JOINs

Nachteile: Viel NULL, Große Tabelle, nicht über mehrere Ebenen

Table-per-Class (Joined Subclass) : jede Klasse eigene Tabelle

Vorteile: Redundanzfrei, Einfacher Zugriff auf typunabhängige Attribute der Oberklasse, keine NULL-Werte

Nachteile: JOINs nötig => schlechtere Performance, Referentielle Integrität muss geprüft werden

Table-per-Concrete-Class (Leaf Model) : nur Tabellen für Klassen mit Instanzen

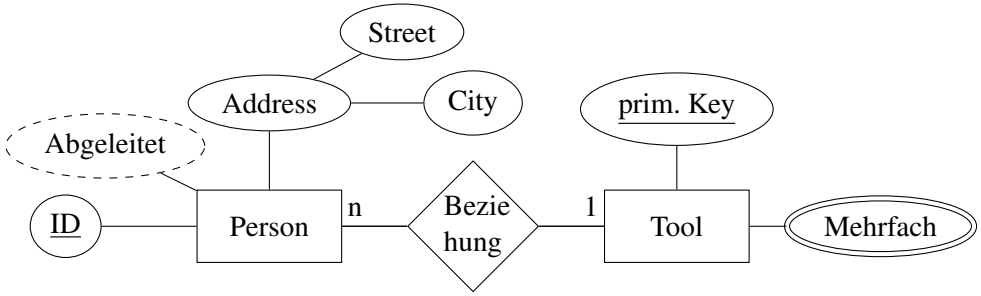
Vorteile: Typen leicht unterscheidbar, Objektinformation in einer Tabelle

Nachteile: ggf. Redundante Informationen, Anfragen über alle Objeke: UNION

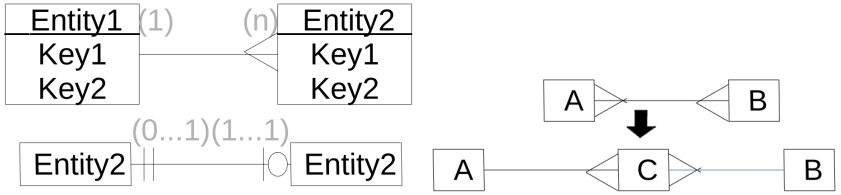
Kardinalitäten: 1:1, 1:n, n:m, + optionalität

Identifizierende Beziehungen: schwache Entität setzt andere Entität voraus (z.B. Bestellpositionen Bestellung)

Chen-Notation



Krähenfuß



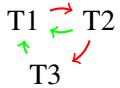
Transaktionen

Transaktionsabbrüche durch Integritätsverletzungen, Konsistenzbedinungen, Speicher voll, Verbindungsabbruch, Systemausfall ...

Anomalien vs isolation level

1. Lost-Update: Überschriebene Änderungen bei parallelen Transaktionen
   isolation level: read uncommitted
2. Dirty-Read: Lesen eines nicht committeten Wertes
   isolation level: read committed
3. Unrepeatable Read: identische abfragen mit verschiedene Ergebnisse durch commit zweiter Transaktion
   isolation level: repeatable read
4. Phantom Read: Einfügen von Datensätzen durch andere Transaktion
   isolation level: serializable
5. —
   isolation level: Snapshots (Multi-Version-Concurrency-Control) keine Lesesperren, änderungen erzeugen kopie

Serialisierbar: Gleiches Ergebnis wie bei hintereinanderausführung der Transaktion
z.B. $R_1(a), W_2(a), R_3(a), W_1(a)$



=> Zyklus => nicht serialisierbar

Zwei-Phasen-Protokoll:

Sperren werden erst am Transaktionsende (vor commit) wieder freigegeben
Sperren: Shared-Locks (s) beim Lesen, Exklusiv-Locks (X) beim Schreiben
$R_1(a), R_2(a), W_1(a), W_2(a)$

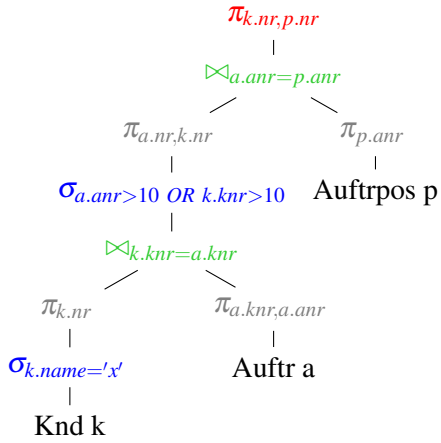
T1	T2
Slock(a), read(a); Wait(Xlock(a)) write(a) unlock(a); commit;	 Slock(a), read(a); Wait(Xlock(a)) DEADLOCK => Rollback;

Anfrageverarbeitung

SQL -> Query Execution Plan:
Parsen der Anfrage -> Operatorengraph; // hierbei Standardisieren und vereinfachen
KNF : (a and b) or (c and d);
deMorgan: $\overline{aANDb} = \bar{a}OR\bar{b}$
$\overline{aORb} = \bar{a}AND\bar{b}$

HINWEIS:von unten nach oben konstruieren.

SELECT $\underbrace{k.name, p.nr}_{\pi_{k.nr,p.nr}}$
FROM Knd k JOIN Auftr a $\underbrace{ONk.knr = a.knr}_{\bowtie_{k.knr=a.knr}}$
JOIN Auftrpos p $\underbrace{ONa.anr = p.anr}_{\bowtie_{a.anr=p.anr}}$
WHERE $\underbrace{k.name =' x'}_{\sigma_{k.name='x'}}$ AND
$\underbrace{(a.anr > 10 ORk.knr > 10)}_{\sigma_{a.anr>10\ OR\ k.knr>10}}$



Kostenschätzung

Anhand von Statistiken, Histogrammen, etc.; evtl. Hints für Optimizer
Kardinalität: |a|: Anzahl der gelieferten Datensätze
Selektivität: Sel(a) = $\frac{zurückgegebeneDS}{gesamtDS}$
NumBlocks: $\frac{|R| \cdot Grösse_{Datensatz}}{Blocksize}$
Levels(I(R,A)): Höhe des Index auf A
Attribut = 'sth' => Sel(A) = $\frac{1}{|A|}$
Attribut IN $\{c_1, c_2, \ldots, c_n\}$ => Sel(A) = $\frac{n}{|A|}$
A >c => Sel(A) = $\frac{A_{max} - c}{A_{max} - A_{min}}$
A <c => Sel(A) = $\frac{c - A_{min}}{A_{max} - A_{min}}$
$P_1\ AND\ P_2$ => $Sel(P_1) \cdot Sel(P_2)$
$P_1\ OR\ P_2$ => $Sel(P_1) + Sel(P_2) - Sel(P_1\ AND\ P_2)$

Fehlerbehandlung

Lokaler Fehler (in Transaktion): Rollback der Transaktion
Verlust des internen Speichers: Abarbeiten des Logs.
1. Redo-lauf (durchführen der geloggten änderungen);
2. Undo-lauf: rollback nicht committeter änderungen;
Verlust des externen Speichers: Backup einspielen, inkrementell log-einspielen
Write-Ahead-Logging: logging vor commit, bei rollback wiederherstellen aus log;
Log beinhaltet Undo- und Redo-Informationen; (vor und nach zustand)
logisches Logging: protokollierung der ausgeführten Befehle
physisches Logging: Kopien der Datensätze (vor/nach)
Steal-noforce: Steal: gepufferte, uncommittete seiten können von anderer Transaktion eingelagert werden, zusammen mit zugehörigem Undo-logeintrag
NoForce: committete Seiten werden sofort im Redo-log vermerkt, irgendwann auf Platte geschrieben
Recovery time objective: max. ausfallzeit; **recovery point objective:** max. Datenverlust

Dateiorganisation

Heap Speichern von Datensätzen in Einfügereihenfolge => unsortiert
Einfügen am ende, löschen suchen und setzen eines Löschbits;
Sequentielle: sortierte speicherung;
einfügen: suchen, einfügen und Seite sortieren; löschen: suchen und löschbit setzen;
Index: B-Baum-Struktur;
clustered Index: Segmente selbst sind sortiert (vgl. Sequentiell)

Plan-Operatoren

- **Full-Table-Scan:** durchsuche gesamte Tabelle: Cost = NumBlocks(R)
- **Index-Scan:** Suche anhand index: Cost = Levels(Index) + Sel(P) ·|R|
- **Nested-Loop-Join:** für jeden Block: durchlaufe die andere Tabelle
  Ohne Index: Cost= NumBlocks(R) * NumBlocks(S) ;
  mit Index Cost= NumBlocks(R) * Cost(IndexScan)
- **Merge-Join:** Sortiere die Relationen nach Join-Attribut;
  paralleles Durchlaufen der Paare in den sortierten Relationen;
  Cost: Cost(Sort(R)) +Cost(Sort(S)) + NumBlocks(S) + NumBlocks(R)
- **Hash-Join:** Teile kleinere Relation K in h Abschnitte, (Abschnitt < RAM);
  durchlaufe die Abschnitte: Erstelle Hashtabelle, prüfe für jeden Datensatz der 2. Relation JOIN-Bedingung mit den Zugehörigen Werten;
  Cost: NumBlocks(R) + x * NumBlocks(S)

BigData: 3+1Vs :

- Volume: große Datenmengen
- Velocity: hohe Erzeugungsgeschwindigkeit
- Variety: strukturierte, semistrukturierte, unstrukturierte Daten
- Veracity: geringe Qualität/Glaubwürdigkeit

NoSQL

Vorteile: kompakt, änderungen betreffen nur eine Tabelle
Nachteile: Konsistenzsicherung, eingeschränkte Abfragemöglichkeiten

key-value stores

reine zuordung von key-value-paaren => einfaches Datenmodell, keine Integritätsbedingungen/Joins, schnell, gut aufteilbar, Abfragen ohne Key schwierig

Document stores

abspeichern von JSON/XML zu keys; => flexibles Datenmodell, ähnlich Key-Value

Column Family

Feste Column Familys (z.B. meta, posts,. . .)
Row Key -> Column Familys -> liste von Key-Values
gute Kompression, flexibles Schema, schnelles Schreiben

Graph DB

Knoten und Kanten, beide mit Eingenschaften
Vorteil: Graphalgorithmen (Tiefen/Weitensuche) anwendbar

Verteilte Architekturen

- shared Memory: Multicore-System
- shared Disk: mehrere Server nutzen zentrale Platten => Synchronisation aufwendig
- shared nothing: kein gemeinsamer speicher

Sharding: aufteilung der Datensätze;
Typisch: Kombination aus Replikation/Sharding
z.B. Tabelle(A,B,C,D) -> Server1(A,B), Server2(B,C), Server3(C,D), Server4(D,A)
Replikation: synchron (warten auf bestätigung) vs asynchron(zwischenzeitlich inkonsistent)

SQL

Typen
Ganzzahlen: INT , SMALLINT, BIGINT
Gleitkomma: FlOAT, DOUBLE //nicht exakt
Festkomma: DECIMAL, NUMERIC // exakt
Zeichenketten: VARCHAR(n), TEXT
Zeit: DATE, TIME, DATETIME

Data Dictionary
Metadaten über den Aufbau der Datenbank;
z.B. SELECT * FROM information_ schema.tables;

Tabellen
CREATE TABLE <tabelle>
(<spalte> <typ> PRIMARY KEY|NOT NULL| UNIQUE],
  ...
  <tabellenconstraints> // z.B. PRIMARY KEY (Name, Ort)
)

Bsp: CREATE TABLE student
(id INT PRIMARY KEY,
  name VARCHAR(10) NOT NULL,
  lehrer INT,
  CONSTRAINT fk_klassleiter FOREIGN KEY (lehrer) REFERENCES angestellte(pid) on delete cascade
)

ALTER TABLE <tabelle> <änderung>

- ALTER COLUMN <spalte> <typ>
- ADD COLUMN <spalte> <typ>
- ADD CONSTRAINT <constraint> // z.B UNIQUE, FOREIGN KEY ...

DROP TABLE <tabelle>;

Fremdschlüssel
CONSTRAINT <name> FOREIGN KEY (<spalte>) REFERENCES <tabelle>(<spalte>)
ON UPDATE/DELETE CASCADE/SET NULL

Anfrage
SELECT [DISTINCT] <spalte/Aggregation>
FROM <tabelle> JOIN <tabelle> ON <bedingung> Varianten NATURAL, LEFT, RIGHT
WHERE <bedingung>
GROUP BY <spalten> Alle spalten im SELECT auch im GROUP BY
HAVING <bedingung>
ORDER BY <spalten> ASC/DESC

Bsp: SELECT sg.Name, sg.Fak, SUM(s.Bafoeg), COUNT(DISTINCT s.Ort)
FROM Studenten s JOIN Studiengang sg ON s.SgNr = sg.SgNr
GROUP BY sg.Name, sg.Fak
HAVING COUNT(*) >= 2

Funktionen
COALESCE(<spalte>,<ersetzung>): Null-behandlung z.B. COALESCE(preis,0)
Aggregationen: SUM, AVG, COUNT, MIN, MAX ...

Bedingungen
WHERE <spalte> BETWEEN <a> AND <b> //Intervall [a,b]
WHERE <spalte> IN $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$
WHERE <spalte> LIKE <pattern> // _ beliebiges zeichen % beliebige kette
WHERE <spalte> IS NULL;

Subquery
FROM <subquery> ...
WHERE <spalte> [NOT] IN (<subquery>)
WHERE EXISTS (<subquery>)

z.B. SELECT * FROM Studiengang sg
WHERE EXISTS (
  SELECT * FROM Studenten s
  WHERE s.SgNr = sg.SgNr
)

Einfügen
INSERT INTO <tabelle> (<spalte1>, <spalte2> ...) VALUES (<wert1>, <wert2>,...)
Es können auch mehrere Datensätze eingefügt werden

Verändern
UPDATE <tabelle> SET Ort = 'Berlin', Bafoeg = 0
WHERE <bedingung>

Löschen
DELETE FROM <tabelle>
WHERE <bedingung>

Mengenoperationen
Spalten müssen gleiche Typen haben
Vereinigung: <abfrage1> UNION <abfrage2>
Schnitt: <abfrage1> INTERSECT <abfrage2>
Differenz: <abfrage1> EXCEPT <abfrage2>

Transaktionen
BEGIN, COMMIT, ROLLBACK;
SQL-Isolationssteuerung:
SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL { READ UNCOMMITTED | READ COMMITTED | REPEATABLE READ | SERIALIZABLE }

Index anlegen
CREATE INDEX <name> ON <tabelle>(<spalte(n)>); DROP INDEX <name>

Normalisierung: Vorgehensweise

Ausgangsrelation

Verkäufe(Datum, KundenID, Name, Vorname, Wohnort, ProdID, Produkt, Marke, PgID, Produktgruppe)

Datum	KundenID	Name	Vorname	Wohnort	ProdID	Produkt	Marke	Menge	PgID	Produktgruppe
17.06.12	K1	Nuhr	Dieter	Düsseldorf	100	S 4	Samsung	2	1	Smartphone
17.06.12	K2	Pelzig	Erwin	Würzburg	101	iPhone 5	Apple	1	1	Smartphone
31.08.12	K3	Gruber	Monika	Erding	702	iPad	Apple	2	2	Tablet
12.10.12	K2	Pelzig	Erwin	Würzburg	702	iPad	Apple	3	2	Tablet
18.12.12	K3	Gruber	Monika	Erding	115	Galaxy 10	Samsung	2	2	Tablet
23.12.12	K3	Gruber	Monika	Erding	366	MacBook	Apple	1	3	Notebook
23.12.12	K2	Pelzig	Erwin	Würzburg	587	Vaio	Sony	1	3	Notebook
27.12.12	K1	Nuhr	Dieter	Düsseldorf	100	S 4	Samsung	1	1	Smartphone

Überführung in 1 NF
Sofern notwendig: Auflösung mehrwertiger Attribute in Extra-Relationen

Überführung in 2NF: Eliminiere partielle Abhängigkeiten von Primärschlüssel-Teilen
Schritt 1: Volle funktionale Abhängigkeiten identifizieren (sofern nicht vorgegeben)
Voraussetzung: Identifikation des Primärschlüssels der Relation (hier: KundenID, ProdID, Datum).
Gibt es Attribute, die von unterschiedlichen Teilen des Primärschlüssels abhängen?
- KundenID, ProdID, Datum → Menge
- KundenID → Name, Vorname, Wohnort
- ProdID → Produkt, Marke, PgID, Produktgruppe

Schritt 2: Zerlegung
- Verkäufe_Neu(Datum, KundenID, ProdID, Menge)
- Kunden(KundenID, Name, Vorname, Wohnort)
- Produkte(ProdID, Produkt, Marke, PgID, Produktgruppe)

Schritt 3: Integritätsbedingungen angeben
- Verkäufe.KundenID referenziert Kunde.KundenID
- Verkäufe.ProdID referenziert Produkte.ProdID

Überführung in 3NF: Eliminierte funktionale Abhängigkeiten zwischen Nicht-Schlüssel-Attr.
Schritt 1: Transitive funktionale Abhängigkeiten identifizieren
- ProdID → PgID und PgID → Produktgruppe
- Betrifft nur Relation Produkte

Schritt 2: Zerlegung von Produkte
- Produkte_Neu(ProdID, Produkt, Marke, PgID)
- Produktgruppen(PgID, Produktgruppe)

Schritt 3: Integritätsbedingungen angeben
- Produkte_Neu.PgID referenziert Produktgruppen(PgID)