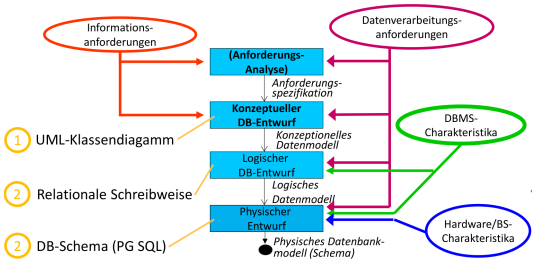


DataBase System
Besteht aus DBMS und Datenbasen

DataBase Management System
Redundanzfreiheit, Datenintegrität, Kapselung

ANSI Modell
Logische Ebene: Logische Struktur der Daten
Interne Ebene: Speicherstrukturen, Definition durch internes Schema (Beziehungen, Tabellen etc.)
Externe Ebene: Sicht einer Benutzerklasse auf Teilmenge der DB, Definition durch externes Schema
Mapping: Zwischen den Ebenen ist eine mehr oder weniger komplexe Abbildung notwendig

Relationale Schreibweise
TODO

Unified Modeling Language
Assoziation — Komposition
Aggregation — Vererbung

Complete: Alle Subklassen sind definiert
Incomplete: Zusätzliche Subklassen sind erlaubt
Disjoint: Ist Instanz von genau einer Unterklasse
Overlapping: Kann Instanz von mehreren überlappenden Unterklassen sein

Normalisierung
1NF: Atomare Attributwerte
2NF: Nichtschlüsselattr. voll vom Schlüssel abhängig
3NF: Keine transitiven Abhängigkeiten
BCNF: Nur abhängigkeiten vom Schlüssel
(Voll-)funktionale Abhängigkeit:
TODO
Transitive Abhängigkeit:
TODO
Denormalisierung:
TODO
Einfügeanomalie, Löschanomalie, Änderungsanomalie

Vererbung
Tabelle pro Sub- und Superklasse:

```
-- TODO: check if correct
CREATE TABLE sup (id SERIAL PRIMARY KEY, -- 3.a
  name TEXT UNIQUE);
CREATE TABLE sub1 (id SERIAL PRIMARY KEY, age INT);
CREATE TABLE sub2 (id SERIAL PRIMARY KEY);
ALTER TABLE sub1 ADD CONSTRAINT id FOREIGN KEY
REFERENCES sup (id); -- Auch für sub2
```

Tabelle pro Subklasse: Enthält jeweil. Subklassattribute

```
CREATE TABLE sub1 (id SERIAL PRIMARY KEY, -- 3.b
  name TEXT UNIQUE, age INT);
CREATE TABLE sub2 (id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE);
```

Einzige Tabelle für Superklasse: Enthält alle Attribute

```
CREATE TABLE sup (id SERIAL PRIMARY KEY, -- 3.c
  name TEXT UNIQUE, age INT);
```

Data Definition Language

```
CREATE SCHEMA s;
CREATE TABLE t ( id SERIAL PRIMARY KEY,
  name TEXT UNIQUE,
  grade DECIMAL(2,1) NOT NULL,
fk INT FOREIGN KEY REFERENCES t2.id ON DELETE CASCADE,
  added TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  u VARCHAR(9) DEFAULT CURRENT_USER,
  CHECK (grade between 1 and 6));
ALTER TABLE t2 ADD CONSTRAINT c PRIMARY KEY (a, b);
TRUNCATE/DROP TABLE t;
```

Data Manipulation Language

```
INSERT INTO t (added, grade) VALUES ('2002-10-10', 1)
RETURNING id;
```

Views

```
CREATE VIEW v (id, grade, u) AS SELECT id, grade, u
FROM t;
```

Updatable View
TODO

Materialized View
TODO

Row-Level Security (RLS)
TODO

Temporäre Tabellen
TODO

Data Control Language

```
CREATE ROLE r WITH LOGIN PASSWORD ''
GRANT INSERT ON TABLE t TO r;
REVOKE CREATE ON SCHEMA s FROM r;
ALTER ROLE r CREATEROLE, CREATEDB, INHERIT;
GRANT r TO user_name;
-- read all future created tables
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA s GRANT SELECT ON
TABLES TO readonlyuser;
CREATE POLICY p ON t FOR ALL TO PUBLIC USING (u =
current_user);
ALTER TABLE t ENABLE ROW LEVEL SECURITY;
```

Common Table Expressions

```
WITH RECURSIVE q AS (SELECT * FROM t WHERE grade>1
UNION ALL SELECT * FROM t INNER JOIN q ON q.u =
t.name) SELECT id as 'ID' FROM q;
```

Window Functions

```
SELECT id, RANK() OVER
  (ORDER BY grade DESC) as r FROM t;
SELECT id, u, LAG(name, 1) OVER
  (PARTITION BY fk ORDER BY id DESC) FROM t;
-- PERCENT/DENSE_RANK(), FIRST_VALUE(v), LAST_VALUE(n)
-- NTH_VALUE(v,n), NTILE(n), LEAD(v,o), ROW_NUMBER()
```

Subqueries

```
SELECT * FROM t WHERE grade > ANY (SELECT g FROM t2);
SELECT * FROM t WHERE EXISTS (SELECT g FROM t2);
-- ALL, ANY, IN, EXISTS, =
```

JOIN

```
SELECT a.*, b.* FROM a INNER JOIN b ON a.id = b.id;
SELECT y.*, x.* FROM t AS y JOIN LATERAL
  (SELECT * FROM t2 WHERE t2.id = y.id) AS x;
```

Inner Join
TODO

Equi Join
TODO

Natural Join
TODO

Semi Join
TODO

Anti Join
TODO

Left outer Join
TODO

Right outer Join
TODO

Full outer Join
TODO

Lateral Join
TODO

GROUP BY

```
SELECT id, COUNT(*) FROM t
  GROUP BY grade, id HAVING COUNT(*) > 2;
```

WHERE

```
BETWEEN 1 AND 5; LIKE '___%'; AND; IS (NOT) NULL
IN (1, 5)      ; LIKE '%asd'; OR ;
```

INDEX

```
CREATE INDEX i ON t /*USING BTREE*/ (grade, UPPER(u))
INCLUDE (added);
CREATE INDEX i ON t (grade) WHERE grade > 4;
DROP INDEX i;
```

Transaktionen
Atomicity: Vollständig oder gar nicht
Consistency: Konsistenter Zustand bleibt erhalten
Isolation: Transaktion ist von anderen T isoliert
Durability: Änderungen sind persistent

```
BEGIN;  SAVEPOINT s;
COMMIT; ROLLBACK /*TO SAVEPOINT s*/;
```

Isolation

```
SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL ...;-- for transaction
SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION ISOLATION
LEVEL ...; -- for session
```

READ UNCOMMITTED: Lesezugriffe nicht synchronisiert (keine Read-lock), Read ignoriert jegliche Sperren
READ COMMITTED: Lesezugriffe nur kurz/temporär synchronisiert (default), setzt für gesamte T Write-Lock, Read-lock nur kurzfristig
REPEATABLE READ: Einzelne Zugriffe ROWS sind synchronisiert, Read und Write Lock für die gesamte T
SERIALIZABLE: Vollständige Isolation nach ACID

	Read Uncommitted	*Read Committed*	*Repeatable Read*	*Serializable*
Dirty Write	·	·	·	✗
Dirty Read	✓	✗	✗	✗
Lost Update	✓	✓	✗	✗
Fuzzy Read	✓	✓	✗	✗
Phantom Read	✓	✓	✓	✗
Read Skew	✓	✓	✗	✗
Write Skew	✓	✓	✓	·

* Nur in SQL92 möglich, PSQL >= 9.1 verhindert dies
Dirty Read: Lese Daten von nicht committed T's
Fuzzy Read: Versch. Werte beim mehrmaligen Lesen gleicher Daten (da durch andere T geändert)
Phantom Read: Neue/Gelöschte Rows einer anderen T
Read Skew: Daten lesen, die sich während der T ändern
Write Skew: Mehrere T lesen Daten und Ändern sie
Deadlock: Mehrere T blockieren sich, da sie auf die gleiche Ressource warten
Cascading Rollback: T schlägt fehl und alle davon abhängigen T müssen ebenfalls zurückgerollt werden

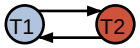
	Garantiert Serialisierbar	*Keine Deadlocks*	*Keine Cascading Rollbacks*	*Keine Konflikt-Rollbacks*	*Hohe Parallelität*	*Realistisch (ohne Voranalyse)*
Two-Phase Locking	✓	✗	✗	✓	✗	✗
Strict 2PL	✓	✗	✓	✓	✗	✓
Preclaiming 2PL	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Validation-based	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Timestamp-based	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Snapshot Isolation	✗	·	✓	✗	✓	✓
SSI	✓	·	✓	✗	✓	✓

* Deadlock in PSQL mit Snapshot Isolation

Relationale Algebra
$\pi_{R1,R4}(R)$ `SELECT R1,R4 FROM R;`
$\sigma_{R1>30}(R)$ `SELECT * FROM R WHERE R1 > 30;`
$\rho_{a \leftarrow R}$ `SELECT * FROM R AS a;`
$R \times S$ `SELECT * FROM R,S;`
$R \bowtie_{A=B} S$ `SELECT * FROM R JOIN S ON R.A=S.B;`

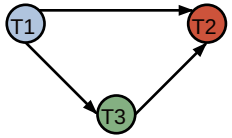
Serialisierbarkeit
Shared Lock: Schreib- & Lesezugriffe (eine Transaktion)
Exclusive Lock: Lesezugriffe (mehrere Transaktionen)
Serieller Schedule: Führt Transaktionen am Stück aus
Nicht serialisierbar:

S1=R1(x)R2(x)W1(x)R1(y)W2(x)W1(y)



Conflict serializable (serialisierbar):

T1	T2	T3
R(x)		
R(y)		
	R(x)	
	R(z)	
W(y)		
CT		
		R(y)
		R(z)
		W(y)
		CT
	W(x)	
	W(z)	
	CT	

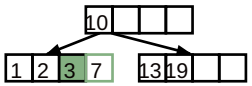


Backup
TODO
MVCC
TODO
2PL
TODO
Write-Ahead Log
TODO: LSN, TaID, PageID, Redo, Undo, PrevLSN
Dreiwertige Logik (cursed)

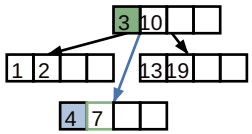
```
SELECT NULL IS NULL; -- true
SELECT NULL = NULL; -- [null]
```

B-Baum

+4



+11,+21



+12