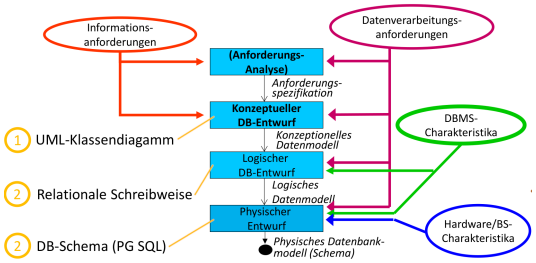


DataBase System (DBS)
Besteht aus DBMS und Datenbasen

DataBase Management System (DBMS)
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

Relationales Modell
PK sind unterstrichen, FK sind *kursiv*
tabellenname (
  id SERIAL PRIMARY KEY,
  grade DECIMAL(2,1) NOT NULL,
  fk INT FOREIGN KEY REFERENCES t2,
  u VARCHAR(9) DEFAULT CURRENT_USER,
);

Unified Modeling Language (UML)
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: B hängt von A ab, zu jedem Wert von A gibt es genau einen Wert von B ($A \rightarrow B$)
Transitive Abhängigkeit: B hängt vom Attribut A ab, C hängt von B ab ($A \rightarrow B \wedge B \rightarrow C \Rightarrow A \rightarrow C$)
Denormalisierung: In geringere NF zurückführen (Verbessert Performance und reduziert Joins-Komplexität)

Anomalien
Einfügeanomalie, Löschanomalie, Änderungsanomalie

Data Definition Language (DDL)
```
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;
```

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);
```

Datentypen
```
SMALLINT  INT     INTEGER   BIGINT  REAL    FLOAT
DOUBLE    NUMERIC(precision,scale)  DECIMAL(p,s)
VARCHAR(size)     TEXT      CHAR(size) -- fixed size
DATETIME  DATE    INTERVAL  TIME    BINARY
CLOB /*Char Large Object*/  BLOB    VARBINARY
```

Casting
Implicit **TODO**
```
CAST(5 AS float8) = 5::float8
```

Data Manipulation Language (DML)
```
FROM -> JOIN -> WHERE -> GROUP BY -> HAVING ->
  SELECT (WINDOW FUNCTIONS) -> ORDER BY -> LIMIT
INSERT INTO t (added, grade) VALUES ('2002-10-10', 1)
  RETURNING id;
```

Views
Resultate werden jedes mal dynamisch queried
```
CREATE VIEW v (id, u) AS SELECT id, u FROM t;
```

Updatable View
Views sind updatable wenn diese Kriterien erfüllt sind:
- Single base table
- Keine aggregate, DISTINCT, GROUP BY, oder HAVING klauseln
- Alle Spalten müssen zur originalen Tabelle direkt gemappt werden können

Materialized View
Speichert resultat auf Disk
```
CREATE MATERIALIZED VIEW mv AS SELECT * FROM t;
REFRESH MATERIALIZED VIEW mv; -- refresh results
```

Row-Level Security (RLS)
```
CREATE TABLE exams (id SERIAL, -- other fields...
  teacher VARCHAR(60) DEFAULT current_user);
CREATE POLICY teachers_see_own_exams ON exams
  FOR ALL TO PUBLIC USING (teacher = current_user);
ALTER TABLE exams ENABLE ROW LEVEL SECURITY;
```

Temporäre Tabellen
TODO

Data Control Language (DCL)
```
CREATE ROLE u WITH LOGIN PASSWORD ''; -- user
GRANT INSERT ON TABLE t TO u;
ALTER ROLE u CREATEROLE, CREATEDB, INHERIT;
CREATE ROLE r; -- group
GRANT r TO u; -- put user u in group r
REVOKE CREATE ON SCHEMA s FROM r;
```

Read-only user
```
-- creating
REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC;
CREATE ROLE u WITH LOGIN ENCRYPTED PASSWORD ''
  NOINHERIT; -- don't inherit privileges
GRANT SELECT ON ALL TABLES IN SCHEMA public TO u;
-- read all new tables (also created by others):
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA public GRANT
  SELECT ON TABLES TO u;
-- deleting
REVOKE SELECT ON ALL TABLES IN SCHEMA public FROM u;
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA public
  REVOKE SELECT ON TABLES FROM u;
DROP USER u;
```

Common Table Expressions (CTE)
```
-- normal
WITH cte AS (SELECT * FROM t) SELECT * FROM cte;
WITH tmp(id, name) AS (SELECT id, name FROM t)
  SELECT id, name FROM tmptable;
-- recursive
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, =
```

Inner Join
Zeilen, die in beiden Tabellen matchen
```
SELECT a.*, b.* FROM a INNER JOIN b ON a.id = b.id;
```

Equi Join
Wie Inner Join
```
SELECT a.*, b.* FROM a JOIN b ON a.id = b.id;
```

Natural Join
Wie Inner Join aber ohne Duplikate
```
SELECT a.*, b.* FROM a NATURAL JOIN b ON a.id = b.id;
```

Semi Join
Nur Zeilen aus a, wobei b matchen muss
```
SELECT a.* FROM a WHERE EXISTS
  (SELECT 1 FROM b WHERE a.id = b.id);
```

Anti Join
Nur Zeilen aus a, wobei b nicht matchen darf
```
SELECT a.* FROM a WHERE NOT EXISTS
  (SELECT 1 FROM b WHERE a.id = b.id);
```

Left outer Join
Alle Zeilen beider Tabellen, NULL für b falls kein match
```
SELECT a.*,b.* FROM a LEFT OUTER JOIN b ON a.id=b.id;
```

Right outer Join
Alle Zeilen beider Tabellen, NULL für a falls kein match
```
SELECT a.*,b.* FROM a RIGHT OUTER JOIN b ON a.id=b.id;
```

Full outer Join
Alle Zeilen beider Tabellen, NULL falls kein match
```
SELECT a.*,b.* FROM a FULL OUTER JOIN b ON a.id=b.id;
```

Lateral Join
Join, der Subqueries erlaubt
```
SELECT x.*, y.* FROM a AS x JOIN LATERAL
  (SELECT * FROM b WHERE b.id = y.id) AS y ON TRUE;
```

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));
CREATE INDEX j ON t (fk) INCLUDE (added) WHERE fk > 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

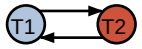
Relationale Algebra

$\pi_{R1,R4}(R)$ `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

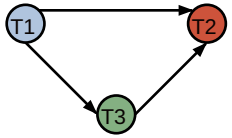
Shared Lock: Schreib- & Lesezugriffe (eine Transaktion)
Exclusive Lock: Lesezugriffe (mehrere Transaktionen)
Serieller Schedule: Führt Transaktionen am Stück aus
Nicht serialisierbar:

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

Vollständiges Backup

TODO

Inkrementelles Backup

TODO

Multi-Version Concurrency Control (MVCC)

Ermöglich es, mehreren T gleichzeitig zu laufen

TODO

Two-Phase Locking (2PL)

Stellt Isolation der T sicher

TODO

Write-Ahead Log (WAL)

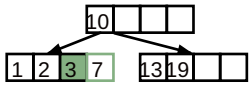
Schreibt Änderungen der T in Log, dann Commit loggen, dann Updates in DB. Kann bei Absturz replayed werden
LSN, TaID, PageID, Redo, Undo, PrevLSN

Dreiwertige Logik (cursed)

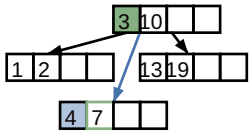
```
SELECT NULL IS NULL; -- true
SELECT NULL = NULL; -- [null]
```

B-Baum

+4



+11,+21



+12